

**BİKOMPONENT KÖPÜK İPLİKLERLE KUMAŞ
YAPILARININ TERMAL VE AKUSTİK
ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Rumeysa ÇELEN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİKOMPONENT KÖPÜK İPLİKLERLE KUMAŞ YAPILARININ TERMAL VE
AKUSTİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Rumeysa ÇELEN
0000-0002-2972-8295

Prof. Dr. Yusuf ULCAY
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

BİKOMPONENT KÖPÜK İPLİKLERLE KUMAŞ YAPILARININ TERMAL VE AKUSTİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Rumeysa ÇELEN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf ULÇAY

Bu tez çalışmasında düşük yoğunluklu polietilen köpük polimerden ilk defa sentetik iplik üretiminde yararlanılmıştır. İpliklerin üretiminde, yenilikçi lif üretim teknolojilerinden biri olan bikomponent lif üretim tekniği kullanılmıştır. Köpük polimerler düşük yoğunluğu, gözenekli yapısı, düşük termal iletkenlik katsayısı ve iyi ses yutuculuk özelliği gibi avantajlı özellikleri nedeniyle pek çok endüstride kullanılmaktadır. Bu özelliklerinden teknik tekstil alanında da yararlanmak amacıyla bikomponent iplik içerisinde katkı olarak kullanarak bikomponent ipliklere ve bu ipliklerden üretilen yüzeylere kazandırdığı özellikler incelenmiştir.

İç içe bikomponent iplik üretiminde iç kısımda üç farklı katkı oranında düşük yoğunluklu polietilen köpük, dış kısımda ise polipropilen polimeri kullanılmıştır. Bikomponent ipliklerin özellikleri, iplik numarası, mukavemet, uzama gibi fiziksel testlerin yanı sıra taramalı elektron mikroskobu, diferansiyel taramalı kalorimetre gibi karakterizasyon yöntemleri ile test edilmiştir. Bikomponent ipliklerin ısı yalıtımı ve akustik özelliklerini inceleyebilmek için bikomponent ipliklerden örme kumaşlar üretilmiştir. Örme kumaşların kalınlık, gramaj gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra iki farklı standarda göre termal iletkenlik katsayıları ve ses yutuculuk katsayıları tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak iplik ve kumaş numunelerinden elde edilen sonuçlar istatistiksel analize tabi tutuldu. Artan köpük polimer katkı oranı ile, kumaşların termal iletkenlik katsayıları azalmış, ses yutuculuk katsayıları ise artmıştır. En düşük termal iletkenlik katsayısı en yüksek katkı oranı ile üretilen kumaş ile 0,060 W/ mK olarak elde edilmiştir. Ses yutuculuk katsayısı ise benzer şekilde en yüksek katkı oranına sahip kumaşta %64 oranında artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bikomponent iplik, polietilen köpük, termal yalıtım, ses yutuculuk
2021, xviii + 151 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

IMPROVEMENT OF THERMAL AND ACOUSTIC PROPERTIES OF FABRICS PRODUCED BY BICOMPONENT FOAM YARNS

Rumeysa ÇELEN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf ULCA Y

In this thesis, low-density polyethylene polymer foam was used for the first time in the production of synthetic yarn. Bicomponent fiber production technique, which is one of the innovative fiber production technologies, was used in the production of the yarns. Polymer foams are used in many industries due to their advantageous properties such as low density, porous structure, low thermal conductivity coefficient, and good sound absorption properties. To benefit from these properties in the field of technical textiles, it was used as an additive in the bicomponent yarn, and the properties it gave to the bicomponent yarns, and the surfaces produced from these yarns were examined.

In the production of core/ sheath bicomponent yarns, low-density polyethylene foam was used at the core section with three different additive ratios, and polypropylene polymer was used at the sheath section. The properties of bicomponent yarns were tested with physical tests such as yarn count, tenacity, and elongation, as well as characterization methods such as scanning electron microscopy and differential scanning calorimetry. To examine the thermal insulation and acoustic properties of bicomponent yarns, knitted fabrics were produced from bicomponent yarns. In addition to the physical properties of knitted fabrics such as thickness and weight, thermal conductivity coefficients according to two different standards and sound absorption coefficients were determined. In addition, the results obtained from yarn and fabric samples were subjected to statistical analysis. With the increasing foam polymer additive ratio, the thermal conductivity coefficients of the fabrics decreased, and the sound absorption coefficients increased. The lowest thermal conductivity coefficient was obtained as 0,060 W/mK with the fabric produced with the highest additive ratio. Similarly, the sound absorption coefficient increased by 64% in the fabric with the highest additive ratio.

Key words: Bicomponent yarn, polyethylene foam, thermal insulation, sound absorption.
2021, xviii + 151 pages.

TEŞEKKÜR

Doktora çalıőmalarım sűresince, bu tezin yűrűtűlmesinde ve deęerlendirilmesinde emeięi geçen, desteęini her zaman yanımda hissettięim doktora danıőmanım Prof. Dr. Yusuf ULCA Y'a, deęerli gűrűőlerini ve vaktini her zaman benimle paylaőan Dr. Őęr. Ŭyesi Fatih SŬVAR I' ye ve tez çalıőmasıyla ilgili gűrűő ve űnerileriyle katkı saęlayan Prof. Dr. Őmer KAYNAKLI' ya teőekkűrlerimi sunarım.

Tezde kullandıęım dűőűk yoęunluklu polietilen kűpűk malzemenin teminini saęlayan Durfoam İzolasyon ve Ambalaj San. Tic. A.Ő firması yetkililerine teőekkűrlerimi sunarım.

Tez çalıőmam sűresince deęerli fikirlerini benden esirgemeyen ve doktora eęitimim sűresince de tez dıőı ortak çalıőmalarda bulunduęum deęerli dostum ve çalıőma arkadaőım Arő. Gűr. Gizem MANASOęLU' na, bűlűm laboratuvarımızdaki űlűmlerimde bilgi birikimi ve tecrűbesiyle destek veren Yűk. Műh. Mehmet T I R I T OęLU' na, Tekstil Műhendislięi Bűlűmű'ndeki tűm saygıdeęer hocalarıma ve çalıőma arkadaőlarıma teőekkűrlerimi sunarım.

Tűm bu sűre boyunca varlıęıyla bana gű veren ve her konuda destek olan sevgili eőim ve meslektaőım Yűk. Műh. Onur ÇELEN' e ve baőta canım annem olmak űzere tűm aileme teőekkűrlerimi sunarım.

Rumeysa ÇELEN
24/11/2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Bikomponent Lifler.....	4
2.1.1. Bikomponent lif tanımı.....	4
2.1.2. Bikomponent lif üretim yöntemleri.....	4
2.1.3. Bikomponent lif üretimiyle ilgili yapılan son çalışmalar.....	8
2.2. Köpük Polimerler.....	12
2.2.1. Köpük polimerlerin kısa tarihçesi.....	12
2.2.2. Köpük polimer nedir?.....	13
2.2.3. Köpük polimerlerin sınıflandırılması.....	15
2.2.4. Köpük polimerlerin özellikleri.....	17
2.2.5. Köpük polimerlerin üretimi.....	22
2.2.6. Poliolefin köpükler.....	25
2.2.7. Köpük polimerlerin tekstilde kullanımıyla ilgili son çalışmalar.....	30
2.3. Isı Yalıtımı.....	32
2.3.1. Isı transfer mekanizmaları.....	32
2.3.2. Isı yalıtımının faydaları.....	34
2.3.3. Yapılarda ısı kazanç-kayıplar ve ısı yalıtımı gerektiren yerler.....	35
2.3.4. Isı yalıtım malzemeleri.....	36
2.3.5. Tekstilde ısı yalıtım uygulamalarıyla ilgili son çalışmalar.....	38
2.4. Ses Yalıtımı.....	40
2.4.1. Ses ile ilgili temel kavramlar.....	40
2.4.2. Gürültü.....	41
2.4.3. Ses yalıtımının faydaları ve uygulama alanları.....	42
2.4.4. Ses yalıtım malzemeleri.....	43
2.4.5. Gözenekli malzemelerle ses yutumu.....	44
2.4.6. Tekstilde ses yalıtım uygulamalarıyla ilgili son çalışmalar.....	46
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	50
3.1. Materyal.....	50
3.2. İç içe monofilament bikomponent iplik üretim yöntemi.....	50
3.3. Monofilament bikomponent ipliklerden örme kumaş üretimi.....	54
3.4. Kullanılan polimer ve ipliklere uygulanan test ve karakterizasyon yöntemleri.....	54
3.4.1. İplik doğrusal yoğunluğu (iplik numarası) tayini.....	54
3.4.2. Enine ve boyuna kesit optik mikroskop analizi.....	55
3.4.3. Taramalı elektron mikroskop (SEM) analizi.....	55
3.4.4. Mukavemet ve uzama testleri.....	55
3.4.5. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi.....	55
3.5. Örme Kumaşlara Uygulanan Test ve Karakterizasyon Yöntemleri.....	56
3.5.1. Örme kumaşlara uygulanan fiziksel testler.....	56
3.5.2. Termal iletkenlik katsayısı ölçümleri.....	57

3.5.3. Ses yutum katsayısı ölçümleri.....	58
3.6. İstatiksel Analiz.....	60
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	64
4.1. Çalışmada Kullanılan Polimerlerin DSC Sonuçları.....	64
4.2. İplik Doğrusal Yoğunluğu (İplik Numara) Tayini Sonuçları	66
4.3. Enine ve Boyuna Kesit Optik Mikroskop Analiz Sonuçları.....	72
4.4. SEM Analizi Sonuçları.....	78
4.5. Mukavemet ve Uzama Test Sonuçları.....	81
4.6. Bikomponent İpliklerin DSC Analiz Sonuçları.....	97
4.7. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örne Kumaşların Kalınlık ve Birim Alan Ağırlığı (Gramaj) Sonuçları.....	116
4.8. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örne Kumaşların Optik Mikroskop Görüntüleri.....	117
4.9. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örne Kumaşların Hava Geçirgenliği Sonuçları.....	119
4.10. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örne Kumaşların Termal İletkenlik Katsayısı Sonuçları.....	122
4.11. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örne Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Sonuçları.....	128
5. SONUÇ.....	134
KAYNAKLAR	135
ÖZGEÇMİŞ	149

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
ϕ	Nispi yoğunluk (kg/ m^3)
d	Ortalama hücre çapı
t	Ortalama giriş uzunluğu
ρ	Yoğunluk
ρ_f	Köpüğün yoğunluğu
ρ_s	Polimerin yoğunluğu
φ	Hacimsel fraksiyon
M_f	Köpüğün modülü
M_p	Polimerin modülü
X	Kapalı hücre fraksiyonu
f	Köpük
p	Polimer
k, λ	Isı iletim katsayısı (W/mK)
A	Alan (m^2)
$q_{\text{taş}}$	Taşınım ile transfer edilen ısı akısı
E	Materyalin yaydığı ısı enerjisi
σ_s	Stefan-Boltzman sabiti ($\text{W/m}^2\text{K}^4$)
λ	Dalga boyu
ΔH_{erime}	Erime entalpisi
ΔH_m	Polipropilen için referans erime entalpisi
w_f	Ağırlık oranı
t	Süre
T	Sıcaklık (K)
q	Birim uzunluk için ısı değeri (W/m)
Q	Isı transferi
λ_t	Sıcaklık farkı
h	Kalınlık

Kısaltmalar	Açıklama
PA	Poliamid
PET	Polietilen tereftalat
PP	Polipropilen
PS	Polistiren
PVA	Polivinil alkol
PEG	Polietilen glikol
PVDF	Polivinilden florür
PE	Polietilen
CNT	Karbon nanotüp
XRD	X-ışını difraktometresi
TEM	Transmisyon elektron mikroskobu
DSC	Diferansiyel taramalı kalorimetre
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
PNN	Poli N-izopropilakrilamid-ko-N metilolakrilamid

PEDOT:PSS	Poli (3,4-etilendioksitiofen): poli (stiren sülfonat)
PBS	Polibütülen süksinat
HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen
EVA	Etilen vinil asetat
FT-IR	Fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektrometresi
TGA	Termogravimetrik analiz
PLA	Poli laktik asit
PLLA	Poli-L laktik asit
UV-vis	Ultraviyole görünür bölge
WAXD	Geniş açılı x-ışını difraktometresi
BaTiO ₃	Baryum titanat
PI	Poliimid
PBT	Polibütülen tereftalat
TPU	Termoplastik poliüretan
CA	Selüloz asetat
CO ₂	Karbon dioksit
CFC	Kloro floro karbon
TCFM	Tri kloro floro metan
N ₂	Nitrojen
ADC	Azo dikarbon amid
HCFC	Hidro kloro floro karbon
EMA	Etil metakrilat
SWCNT	Tek duvarlı karbon nanotüp
UV	Ultraviyole
CB	Karbon siyahı
ANOVA	Varyans analizi
SNK	Student-Newman-Keuls testi
dB	Desibel
kHz	Kilo hertz
Hz	Hertz
kN	Kilo Newton
N	Newton
kV	Kilo volt
kPa	Kilo paskal
MPa	Mega paskal
rpm	Dakikadaki devir sayısı
m	metre
mm	milimetre
nm	nanometre
H ₀	Orijinal hipotez
H _A	Alternatif hipotez

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Yaygın kullanılan bikomponent lif üretim yöntemlerinin şematik çizimleri...	5
Şekil 2.2. Yan yana bikomponent liflere ait kesit görüntüleri.....	5
Şekil 2.3. Yan yana bikomponent liflere ait kesit görüntüleri.....	6
Şekil 2.4. Deniz ada bikomponent liflerin kesit görünümü.....	7
Şekil 2.5. Dilimli pasta bikomponent liflerin kesit görünümü.....	8
Şekil 2.6. Bir köpük için şematik sıkıştırma gerilim-gerinim eğrisi.....	19
Şekil 2.7. Farklı malzemelerin ısı iletim katsayısı değerleri.....	33
Şekil 2.8. Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması.....	38
Şekil 3.1. Bikomponent lif üretim makinesi ve bölümleri.....	51
Şekil 3.2. LDPE köpük polimeri katkılı bikomponent lif üretim denemelerinden bazı görüntüler.....	53
Şekil 3.3. Mettler Toledo Stare System DSC 823e cihazı.....	56
Şekil 3.4. QTM-710 termal iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı.....	57
Şekil 3.5. Alambeta termal iletkenlik ölçüm cihazının ve bölümlerinin şematik gösterimi.....	58
Şekil 3.6. Ses yutum katsayısı cihazının şematik gösterimi.....	59
Şekil 4.1. Polipropilen cipsin DSC eğrisi.....	64
Şekil 4.2. Sarı polietilen cipsin DSC eğrisi.....	65
Şekil 4.3. Mavi polietilen cipsin DSC eğrisi.....	65
Şekil 4.4. Yeşil polietilen cipsin DSC eğrisi.....	65
Şekil 4.5. Pembe polietilen cipsin DSC eğrisi.....	66
Şekil 4.6. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları.....	67
Şekil 4.7. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları.....	67
Şekil 4.8. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları.....	68
Şekil 4.9. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları.....	69
Şekil 4.10. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları.....	70
Şekil 4.11. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları.....	70
Şekil 4.12. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları.....	71
Şekil 4.13. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları.....	71
Şekil 4.14. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri.....	73
Şekil 4.15. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri.....	73
Şekil 4.16. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri.....	73
Şekil 4.17. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri.....	74
Şekil 4.18. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna	

kesit optik mikroskop görüntüleri.....	74
Şekil 4.19. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri.....	74
Şekil 4.20. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri.....	75
Şekil 4.21. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri.....	75
Şekil 4.22. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri.....	76
Şekil 4.23. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri.....	76
Şekil 4.24. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri.....	76
Şekil 4.25. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri.....	77
Şekil 4.26. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri.....	77
Şekil 4.27. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri.....	77
Şekil 4.28. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri.....	78
Şekil 4.29. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri.....	78
Şekil 4.30. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri.....	79
Şekil 4.31. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri.....	80
Şekil 4.32. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri.....	81
Şekil 4.33. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi.....	82
Şekil 4.34. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi.....	83
Şekil 4.35. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi.....	84
Şekil 4.36. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi.....	85
Şekil 4.37. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi.....	85
Şekil 4.38. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi.....	86
Şekil 4.39. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi.....	88
Şekil 4.40. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi.....	89
Şekil 4.41. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi.....	90

Şekil 4.42. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi.....	90
Şekil 4.43. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi.....	91
Şekil 4.44 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi.....	92
Şekil 4.45. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi.....	93
Şekil 4.46. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi.....	93
Şekil 4.47. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi.....	94
Şekil 4.48. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi.....	95
Şekil 4.49. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	98
Şekil 4.50. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	98
Şekil 4.51. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	99
Şekil 4.52. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	99
Şekil 4.53. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	100
Şekil 4.54. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	100
Şekil 4.55. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	101
Şekil 4.56. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	101
Şekil 4.57. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	102
Şekil 4.58. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	102
Şekil 4.59. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	103
Şekil 4.60. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	103
Şekil 4.61. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	105
Şekil 4.62. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	105
Şekil 4.63. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	106
Şekil 4.64. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	106
Şekil 4.65. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	107

Şekil 4.66.	0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	107
Şekil 4.67.	0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	108
Şekil 4.68.	0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	108
Şekil 4.69.	0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	109
Şekil 4.70.	0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	109
Şekil 4.71.	0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	110
Şekil 4.72.	0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	110
Şekil 4.73.	0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	111
Şekil 4.74.	0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	111
Şekil 4.75.	0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	112
Şekil 4.76.	0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	112
Şekil 4.77.	0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	113
Şekil 4.78.	0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	113
Şekil 4.79.	0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	114
Şekil 4.80.	0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi.....	114
Şekil 4.81.	5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin optik mikroskop görüntüleri.....	118
Şekil 4.82.	5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin optik mikroskop görüntüleri.....	118
Şekil 4.83.	4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin optik mikroskop görüntüleri.....	119
Şekil 4.84.	5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği sonuçları.....	120
Şekil 4.85.	5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği sonuçları.....	120
Şekil 4.86.	4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği sonuçları.....	121
Şekil 4.87.	5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin JIS R 2618 standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları.....	123
Şekil 4.88.	5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin JIS R 2618 standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları.....	123

Şekil 4.89. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin JIS R 2618 standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları.....	124
Şekil 4.90. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin Alambeta test standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları.....	125
Şekil 4.91. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin Alambeta test standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları.....	125
Şekil 4.92. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin Alambeta test standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları.....	126
Şekil 4.93. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin ses yutuculuk katsayısı sonuçları.....	129
Şekil 4.94. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin ses yutuculuk katsayısı sonuçları.....	130
Şekil 4.95. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin ses yutuculuk katsayısı sonuçları.....	131
Şekil 4.96. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği ile ses yutuculuk katsayısı arasındaki ilişki.....	132
Şekil 4.97. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği ile ses yutuculuk katsayısı arasındaki ilişki.....	132
Şekil 4.98. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği ile ses yutuculuk katsayısı arasındaki ilişki.....	133

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Polimer tipinin köpük polimer özelliklerine etkisi.....	27
Çizelge 2.2. Polimer yoğunluğunun köpük polimer özelliklerine etkisi.....	27
Çizelge 3.1. Kullanılan polimerlerin bazı özellikleri.....	50
Çizelge 3.2. Üretim parametreleri.....	52
Çizelge 3.3. Bikomponent ipliklerin numune kodları.....	53
Çizelge 3.4. Örme kumaşların numune kodları.....	54
Çizelge 3.5. Bikomponent ipliklere uygulanan istatistiksel analizlere ait hipotezler.....	61
Çizelge 3.6. Örme kumaşlara uygulanan istatistiksel analizlere ait hipotezler.....	62
Çizelge 4.1. Metot A ile üretilen bikomponent iplik numara sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	68
Çizelge 4.2. Metot B ile üretilen bikomponent iplik numara sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	72
Çizelge 4.3. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçları.....	82
Çizelge 4.4. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	86
Çizelge 4.5. Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçları.....	87
Çizelge 4.6. Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	95
Çizelge 4.7. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrilerinden elde edilen sonuçlar.....	104
Çizelge 4.8. Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrilerinden elde edilen sonuçlar.....	115
Çizelge 4.9. Metot A ile üretilen örme kumaşların kumaş sıklığı, gramaj ve kalınlık sonuçları.....	116
Çizelge 4.10. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerden oluşturulan örme kumaşların kalınlık ve gramaj sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	117
Çizelge 4.11. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerden oluşturulan örme kumaşların hava geçirgenliği sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	121
Çizelge 4.12. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerden oluşturulan örme kumaşların iki farklı standarda göre yapılan termal iletkenlik katsayısı sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları.....	126

1. GİRİŞ

21. yüzyıldaki en büyük endişelerden biri, enerji kaynaklarında ve çevresel konularda sürdürülebilirliği sağlamaktır (Palmer, 2002). Enerji sektöründeki endişenin temel nedeni sınırlı enerji kaynakları ve tüketim arasındaki dengesizliktir. (Rüttinger ve Feil, 2010). Çevre sektöründeki endişenin temel nedeni ise dünya nüfusunun hızla artması ile tüketim oranlarının artması ve ürünlerin kullanım ömürleri bitmeden atık olarak çöplüklere atılma eğiliminin giderek artmasıdır. (Bergstrom ve Randall, 2016). İnşaat ve otomobil sektörleri, küresel enerjinin ana tüketen sektörleri olarak kabul edilmektedir. Küresel düzeyde, binaların dünya küresel enerjisinin yaklaşık %40'ını tükettiği tahmin edilmektedir (Asdrubali, D'Alessandro ve Schiavoni, 2015). Benzer şekilde Avrupa'daki binalar enerji tüketiminin %40'ından sorumludur (European Parliament, 2010). Bu nedenle, binalarda enerji tüketimini azaltmak önemli bir konu haline gelmektedir. (Iwaro ve Mwashu, 2010). Enerji kayıplarını azaltmada temel yöntemlerden biri malzemelerin ısı yalıtım özelliklerini geliştirmektir (Hasanzadeh, Azdast, Doniavi ve Eungkee Lee, 2019).

Bir enerji çeşidi olan ses, istenmeyen seviyelere ulaştığında gürültü olarak tanımlanmaktadır. Sanayinin gelişimi ve yapı elemanlarının hafiflemesiyle birlikte tehlikeli boyutlara ulaşabilen gürültü seviyesindeki artış hem yaşam alanlarımızı hem de çalışma koşullarımızı önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle günümüzdeki en önemli çevresel sorunlardan biri de gürültü kirliliğidir. Gürültü ile mücadelenin en etkili yollarından biri de ses yalıtımıdır. Ses yalıtım malzemeleri araştırılırken bilinen bazı ısı yalıtım malzemelerinin aynı zamanda ses yalıtımında da kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. Her ısı yalıtım malzemesi ses yalıtım malzemesi olarak kullanılamasa da hemen hemen tüm ses yalıtım malzemeleri aynı zamanda ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirler (Binyıldız, 2017).

Günümüzde, polimerik malzemelerin bilimde ve endüstride kullanımı giderek artmaktadır bu nedenle bu malzemelerin tüketimindeki tasarruf çevresel bir gerekliliktir (Hasanzadeh, Azdast, Doniavi ve Eungkee Lee, 2019). Polimer malzemelerin kullanımından tasarruf etmenin etkili yollarından biri köpükleme işlemidir. Malzeme

kullanımı azaltılırken polimerin, mekanik (Azdast ve Hasanzadeh, 2018; Eungkee Lee, Hasanzadeh ve Azdast, 2017), fiziksel (Molani ve diğeri, 2018) kimyasal (Ranaweera ve diğeri, 2017), ses (Verdejo ve diğeri, 2009) ve termal (Wicklein ve diğeri, 2015) yalıtım özellikleri de gelişir. Tozlar, lifli levhalar, çok katmanlı sistemler, vakum paneller vb. gibi tüm yalıtım malzemeleri arasında köpük polimerin temel avantajı, düşük maliyetli olması ve genel olarak üretiminin ve bakımının kolay olmasıdır. Köpük polimer türleri arasında da kapalı hücreli polimerik köpükler mühendislik uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan ısı yalıtkanlardır. Kapalı hücreli köpükler, herhangi bir geleneksel vakumsuz yalıtkan arasında en düşük termal iletkenliğe sahiptir. Katı fazın düşük hacimli fraksiyonu, konveksiyonu ortadan kaldıran ve radyasyonu azaltan küçük hücre boyutu ve kapalı gazın düşük iletkenliği, bu düşük termal iletkenliğin fiziksel temelidir (Alvarez-Lainez, Rodriguez-Perez ve De Saja, 2007). Köpük polimerler sürekli bir katı faz ile çevrili olan gaz gözeneklerinden oluşurlar böylece ses dalgalarını absorbe edebilirler. Özellikle poliolefin (Alvarez-Lainez, Rodriguez-Perez ve De Saja, 2014), PMMA (Notario, Ballesteros, Pinto ve Rodriguez-Perez, 2016) ve polivinil (Xue, Deng ve Zhang, 2016) gibi köpükler ses yalıtımında kullanılmaktadır.

Düşük üretim maliyetleri, düşük özgül ağırlıkları, gözenekli ve lifli yapıları sebebiyle tekstil kumaşları yalıtım uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Gözenekli yapıdaki lifli tekstil ürünleri sesi emer ve iyi ses absorplama malzemesi olarak kullanılabilir (Patnaik, 2016). Tekstiller ses yutucu malzeme olarak genelde dokusuz yüzey, dokuma veya örme kumaş olarak kullanılmaktadır. Benzer şekilde malzemelerin ısı yalıtım özelliği gözenekliliğe ve kıvrımlı yapıya bağlı olduğundan, tekstil kumaşlarında birbirine bağlı iplik ve/veya lifsi yapıların oluşturduğu gözenekler bu yapıların ısı yalıtım malzemeleri olarak seçilmelerindeki tercih sebeplerindedir (Hadded, Benltoufa, Fayala ve Jemni, 2016; Smith ve diğeri, 2013; Stanković, Popović ve Poparić, 2008).

Sentetik lif üretimi alanındaki en önemli gelişmelerden biri; tek bileşenli bir lifte elde edilemeyen bir özelliğin, iki farklı malzemenin avantajlı yanlarını birleştirerek tek bir lifte elde edilmesine olanak sağlayan bikomponent lif üretimidir. Bikomponent lif üretim yöntemleri arasında iç içe bikomponent lif üretimi hem akademik hem de ticari uygulamalarda en çok tercih edilen yöntemdir. İç malzeme ile genellikle fonksiyonel

özelliğ kazandırılmakta, dış malzeme ile ise estetik özellikler korunmaktadır. İçi boş lifler de iç malzemede hava gibi bir gazın olduğu iç içe bikomponent lifler olarak değeriendirilebilir (Sonnenschein, 1999). İçi boş liflerin en fazla kullanıldığı alan ısı yalıtım uygulamalarıdır (Jaffe ve East, 2007).

Literatürdeki bu bilgilerden yola çıkarak, bu tez çalışmasında termal yalıtım ve akustik izolasyon uygulamalarında kullanıma yönelik iç içe bikomponent lif üretimi tasarlanmıştır. Köpük polimer ilk defa bir sentetik lif üretiminde kullanılmıştır. İç içe yapının iç kısmında köpük polimer kullanılarak, tıpkı içi boş liflerdeki gibi bir hava boşluğu ve gözenekli yapı oluşturmak hedeflenmiştir. Bu amaçla yapılan ön çalışmalar sonrası, içteki köpük polimerin ısıyla genişmesine bağlı olarak dış polimere zarar vermesini önleyecek şekilde katkı oranları belirlenmiştir. Termal yalıtım ve akustik özelliklerinin test edilmesi amacıyla da örme kumaşlar üretilmiştir. Bikomponent ipliklerden üretilen örme yüzeylerin yalıtım özellikleri de literatürde ilk defa değeriendirilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Bikomponent Lifler

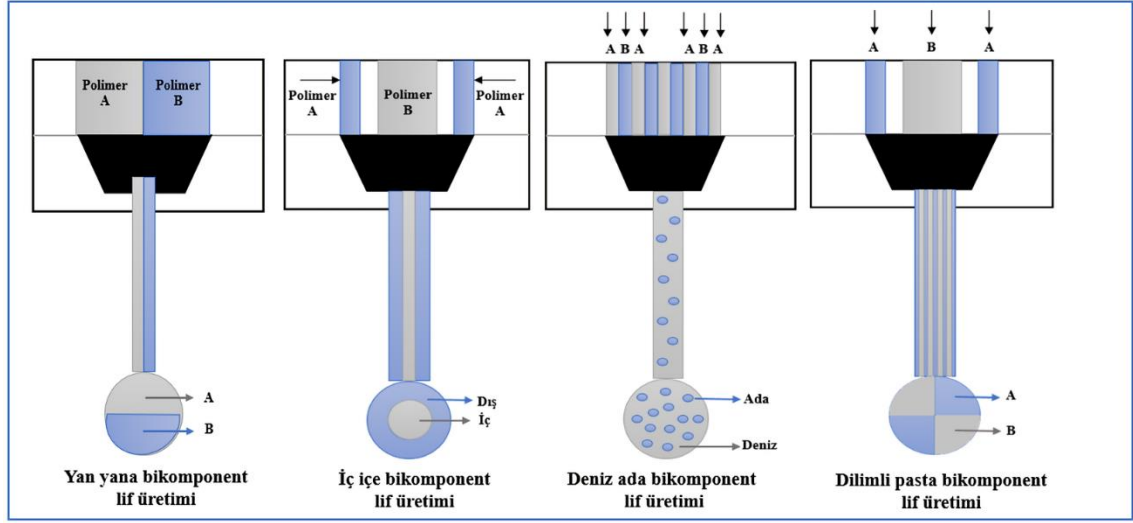
2.1.1. Bikomponent lif tanımı

Bikomponent lif üretmek, iki kimyasal ve/veya fiziksel olarak farklı iki polimeri tek lif içinde birleştirmek anlamına gelir (Fourn, 1995). Bikomponent lifler, lif uzunluğu boyunca iki malzemenin gereksinimlerini tek bir lifte karşılamak üzere tasarlanmıştır. Bu yüzden, “kompozit”, “konjuge” ve “hetero” lifler olarak da bilinmektedirler (Dasdemir, Maze, Anantharamaiah ve Pourdeyhimi, 2012). Polimer karışımların aksine, lif uzunluğu boyunca birbirinden net şekilde ayrılan iki polimerden oluşurlar, bu da polimerlerin kendi özelliklerine ilave olarak büyük avantaj sağlar (Prahsarn, Klinsukhon, Roungpaisan ve Srisawat, 2013).

Bikomponent lif üretiminin amacı, kullanım alanına uygun olarak materyalin performans özelliklerini geliştirmektir. Bikomponent liflerin davranışı, lif içindeki her bir komponentin davranışına, bileşim oranına ve bileşenler arasındaki etkileşime bağlıdır (Choi ve Kim, 1999). Bikomponent teknolojisiyle son kullanım yerine bağlı olarak, uygun kesit seçimiyle, özel lifler üretmek mümkündür. İki polimer bileşeninin viskozitesi, soğutma oranı ve yüzey gerilimi bikomponent liflerin oluşumu ve özellikleri için kritiktir. İstenilen lif kesitinin elde edilebilmesi için her bir komponentin viskozitelerinin benzer olması gerekir. Soğutma oranı; her bir komponentin oryantasyonunu belirlerken, yüzey gerilimi; iki komponentin adezyonunu ve son lif kesit yüzeyini belirler (Dasdemir, Maze, Anantharamaiah ve Pourdeyhimi, 2012).

2.1.2. Bikomponent lif üretim yöntemleri

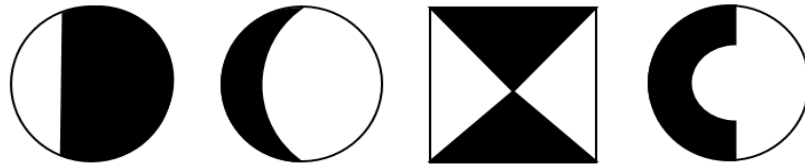
Bikomponent lifler kesit şekli dağılımına göre sınıflandırılırlar. Yaygın olanlar; yan yana, iç içe, denizde ada ve dilimli pasta bikomponent liflerdir (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Yaygın kullanılan bikomponent lif üretim yöntemlerinin şematik çizimleri

▪ Yan yana bikomponent lif üretimi

Yan yana bikomponent iplikler, filament enine ve boyuna kesitinde polimerin düzenli veya düzensiz dağılımıyla üretilirler. Düzenli yan yana filamentler için, her iki polimerin birlikte aktığı yer, doğrudan kılcal deliğin üzerinde ve mümkün olduğunca birbirine yakın olmalıdır. Her iki polimerdeki küçük viskozite dalgalanmaları nedeniyle ya da kılcal deliğin düzensiz akışa sebep olacak bir yüzeye sahip olması nedeniyle, mesafe arttıkça yan yana yapının düzensizliği artar. Ekstrüzyon anında, iki polimerin viskoziteleri aynı olduğunda, iki polimeri ayıran hat düz devam eder. Aksi takdirde düşük viskoziteli polimer diğer polimerin etrafına sarılacaktır (Fourné ve Hergeth, 1999). Polimerlerin yerleşimine bağlı olarak yan yana bikomponent liflerde farklı kesit alanları elde edilebilir (“Bicomponent Fibers”, 2018). Şekil 2.2’de yan yana bikomponent liflere ait farklı kesit görüntülerinden örnekler verilmiştir.

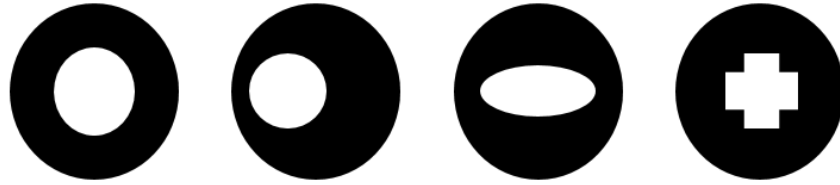


Şekil 2.2. Yan yana bikomponent liflere ait kesit görüntüleri

Bu yöntem, kendi kendine kıvrımlanan (self-crimping) lifler üretmek için de kullanılır. Kıvrım, iki polimerin kütle oranından ve büzülme potansiyelinden etkilenir (Fourné ve Hergeth, 1999). Isı veya kaynar su içinde lif, iki polimerin farklı çekme özelliği nedeniyle kıvrım kazanır (Dayıoğlu ve Karakaş, 2007).

- İç içe bikomponent lif üretimi

İç içe bikomponent lifler, bileşenlerden birinin ikinci bileşen ile çevrelendiği liflerdir. İç polimer, lif çekim deliğinin merkezindeki delik tarafından oluşur (Dayıoğlu ve Karakaş, 2007). İç ve dış delikler tam olarak eş merkezli ayarlanırsa filament konsantrik yapıda, tam tersi olması durumunda eksantrik yapıda olur (Fourné ve Hergeth, 1999). Şekil 2.3'te iç içe bikomponent liflere ait farklı kesit görüntüleri verilmiştir.



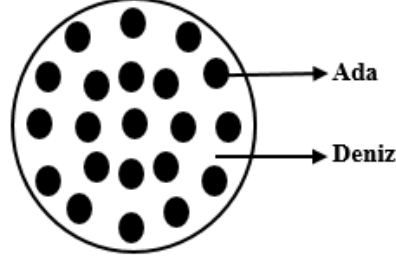
Şekil 2.3. Yan yana bikomponent liflere ait kesit görüntüleri

İç içe bikomponent lifler, liflere mekanik özellik kaybı olmaksızın multi fonksiyonel özellik kazandırdığı için çok ilgi çekmektedir (Tomioka ve Kojima, 1979). Bu konjügasyonun konsantrik veya eksantrik biçimi iki bileşenin özelliklerini birleştirmek için kullanılabilir. Eksantrik konfigürasyon kendi kendine kıvrımlanan özelliği sağlamada kullanılır. Diğer taraftan lif ve kumaş mukavemeti daha çok isteniyorsa konsantrik konfigürasyon seçilebilir (Dasdemir, Maze, Anantharamaiah ve Pourdeyhimi, 2012).

İç yapı ile mukavemet, iletkenlik gibi özellikler, dış yapı ile estetik veya yapışma gibi özelliklerden yararlanılmaktadır (El-Salmawy ve Kimura, 2001). Bugün ticari olarak üretilen bikomponent liflerin çoğu iç içe bikomponent lif yapısındadır. Bu liflerin çoğunlukla uygulama alanı dokusuz yüzeylerdir. Bu amaçla, dışta erime sıcaklığı içteki polimere göre daha düşük olan bir polimer seçilir. Dokusuz yüzey ürünlerde pek çok uygulamada bu lifler kullanılabilir (Dasdemir, Maze, Anantharamaiah ve Pourdeyhimi, 2012).

- Deniz ada bikomponent lif üretimi

Matris fibril yöntemi olarak da adlandırılırlar. Bunlar teknik olarak üretimi ve kullanımı karmaşık yapılardır. Şekil 2.4'te deniz ada bikomponent liflerin kesit görünümünü simgelemektedir.

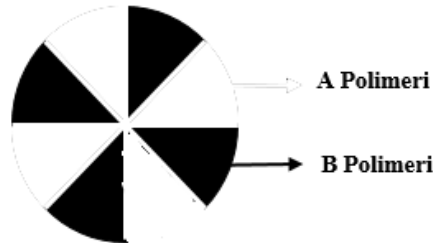


Şekil 2.4. Deniz ada bikomponent liflerin kesit görünümü

Ada veya fibril diye adlandırılan kısımda genellikle poliamid (PA), poliester (PET) veya polipropilen (PP) gibi polimerler kullanılır. Deniz veya matris olarak adlandırdığımız kısımda ise polistiren (PS), suda çözünebilir PET, plastize ya da sabunlaştırılmış poli vinil alkol (PVA) kullanılır (“Bicomponent Fibers”, 2018). Bu lifler gerekli orandaki iki polimer karışımından çekilir ve bir polimer ikinci eriyikte damlacık şeklinde asılı kalır (Dayıoğlu ve Karakaş, 2007). Bu yöntemle aynı zamanda mikro lif eldesi yapılmaktadır.

- Dilimli pasta bikomponent lif üretimi

Bu yöntemde birbirine karışmayan iki farklı polimer lif içerisinde pasta dilimleri veya üçgen prizma şeklinde düzenlenmiştir. Bu yöntemin deniz ada yönteminden farkı, bir polimerin uzaklaştırılması yerine, her iki polimerin de lif içerisinde yer almasıdır. Şekil 2.5'te de görüldüğü gibi çekim işleminden sonra filamentler dilimlere ayrılmaktadır. PA/PET veya PET/poliiolefin tercih edilen kombinasyonlar arasındadır (“Microfiber”, 2018; Mukhopadhyay ve Ramakrishnan, 2008; Nakajima, Kajiwara ve McIntyre ,1994)



Şekil 2.5. Dilimli pasta bikomponent liflerin kesit görünümü

2.1.3. Bikomponent lif üretimiyle ilgili yapılan son çalışmalar

Bikomponent lifler ve kısa tarihçesinden yukarıda bahsedilmişti, burada bikomponent liflerle ilgili son dokuz yıldaki çalışmalar dikkate alınmıştır.

Liu ve diğerleri (2012) filtrasyon uygulamalarında kullanılmak üzere PP/PET bikomponent lif üretmişlerdir. Liflerin yapısı, gözenekliliği ve filtrasyon performansı değerlendirilmiştir. Ortalama lif çapı 2-3,5 µm, gözenek çapı 12,3-15,6 µm ve gözeneklilik oranı %90-94 olarak elde edilmiştir. Referans olarak monofilament PP kullanılmıştır. Üretilen lifler monofilament PP ile kıyaslandığında lif çapının daha ince, yüzey alanının daha fazla, gözenek çapının daha düşük ve gözenekliliğin daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Monofilament PP' ye göre filtrasyon etkinliği daha iyi çıkmıştır. Bikomponent liflere uygulanan korona deşarj işlemi sonrası filtrasyon etkinliği %97,3'e ulaşmıştır.

Van Do, Nguyen ve Park (2012) koaksiyel elektro çekim yöntemiyle polietilenglikol (PEG) / polivinildenflorür (PVDF) iç içe bikomponent nano lifler üretmişlerdir. Nano lifler, iyi termal dayanım ve yeterli çekme mukavemeti değeri göstermişlerdir. Potansiyel uygulama alanı olarak ısı düzenleyici (termoregülatör) tekstiller için ısı enerjisi depolama malzemesi olabileceği vurgulanmıştır.

Hufenus, Affolter, Camenzind ve Reifler (2013) çalışmalarında PA/ PE iç içe monofilament bikomponent lif üretmişlerdir. Suni çimlerdeki cilt tahrişi riskini minimize edip, rezilyansı maksimize etmeyi amaçlamışlardır. Farklı iç/dış polimer kombinasyonu ve farklı iç/dış polimer oranları kullanılmıştır. Optimum malzeme kombinasyonu, lif enine kesiti ve filamentlerin çekiminin validasyonu için sayısal simülasyon uygulamışlardır. Üretilen suni çim, oynanabilirlik ve görünüm açısından doğal çim ile benzerlik göstermiştir.

Glaub ve diğerleri (2013) piezoelektrik uygulamalar için iç içe bikomponent lifler üretmişlerdir. İç malzeme olarak PP-CNT (karbon nanotüp), dış malzeme olarak PVDF

kullanarak liflerin üretilebilirliğini araştırmışlardır. Üretilen ipliklere optik mikroskop, XRD, TEM ve DSC analizi uygulanmıştır. Kullanılan malzemelerin üretilebilirliğinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Otuz dakika boyunca kopuşsuz bir çekim işlemi gerçekleştirilebilmiştir. Çalışmanın devamında proses ve malzeme iyileştirmelerinin yapılmasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Eren ve Ulcay (2015) çalışmalarında elektromanyetik kalkanlama uygulamalarında kullanım amaçlı %20'lik nano demir oksit katkılı bikomponent iplikler üretmişlerdir. %1, 2 ve 3 olmak üzere üç farklı katkı oranı denenmiş akıştaki bozukluk ve kopmalardan dolayı sadece %1 katkılı üretim yapılabilmektedir. Üretilen iplikten iki farklı sıklıkta örme kumaş üretilmiş ve elektromanyetik kalkanlama etkinlikleri ölçülmüştür. Demir oksit kullanımının ve kumaş sıklığının elektromanyetik kalkanlama üzerinde etkisi olduğu istatistiksel olarak doğrulanmıştır. En yüksek kalkanlama etkinliği 18,78 dB olarak belirtilmiştir.

Noll, Seide ve Gries (2016) çalışmalarında dizel yakıtların filtrasyon verimliliğini arttırmak için PA 6 bikomponent liflerden su yönlendirme kanalları geliştirmişlerdir. Üretilen filtrelerle dizel yakıttan su damlacıklarının ayrılması sağlayan bir sistem tasarlamışlardır. Yüzeyde poliamid 6 liflerinin hidrofilitelerini arttırmak için anti statik ajanlarla birlikte SiO₂ partiküller kullanılmıştır.

Lin, Don, Chang, Huang ve Chiu (2016) iç içe bikomponent lif yapısına sahip ısıya duyarlı ve iletken nano lifler üretmişlerdir. Dış malzeme olarak poli N-izopropilakrilamid-ko-N metilolakrilamid (PNN) kullanılmış ve iletken poli3,4-etilendioksitofen: polistiren sülfonat (PEDOT: PSS) ile suda farklı ağırlık oranlarında karıştırılmıştır. İç malzeme olarak polibütillakrilat-ko-stiren (PBS) kullanılmıştır. Dış malzemede, 0,20 PEDOT: PSS/PNN ağırlık oranına sahip nano lifler için yüzey iletkenliği 29,4 S /cm olarak ölçülmüştür. Sıcaklıkla elektriksel direnç azaldığında dahi nano lifler ısıya duyarlı özellik sergilemiştir.

Zhang, Zhang, Liu, Wang ve Wang (2016) PVA/kazein bileşiminden oluşan bikomponent nano lifler üretmişlerdir. Debi, voltaj gibi farklı proses parametreleri ve beş

farklı polimer oranı çalışılmıştır. SEM analizi ile nanoliflerin yüzey özellikleri karakterize edilmiştir. Yazarlar, bu liflerin özellikle spor yaralanmalarında yara örtüsü olarak kullanılabilceğini ileri sürmüşlerdir.

Wang, Yu, Han , Song ve Zhu (2017) çalışmalarında PET/PA 6 içi boş dilimli pasta bikomponent liflerin özellikleri üzerine çekme basıncının etkisini araştırmışlardır. Liflerin termal, morfolojik, oryantasyon ve mukavemet özellikleri incelenmiştir. Çekme basıncının artmasıyla birlikte liflerin kristalizasyon ve oryantasyon derecesinde artış meydana gelmiştir. Çekme basıncı artarken liflerin mukavemet değeri artmış, uzama değeri azalmıştır.

Dai ve diğerleri (2018) çalışmalarında korona şarj teknolojisini kullanarak nano kristal MnO₂ ve PE/PP bikomponent liflerle kombine edilmiş çok işlevli bir kompozit filtre oluşturmuştur. Korona şarj işlemi sonrası filtrasyon verimliliği nispeten artmıştır. Filtrasyon, adsorpsiyon ve katalitik mekanizmalar yoluyla pasif oda havasının temizlenmesi için multi fonksiyonel lif filtrelerin üretilmesi, mevcut hava filtresi endüstrisinde acil ihtiyaçların karşılanması için kritik öneme sahiptir. Yazarlar, MnO₂/PE/PP filtrenin üretiminin yorucu prosedürler içermediği ve seri üretime kolayca olanak sağlayabileceği için, daha fazla işlevsellik ve daha yüksek bir şarj tutma kapasitesi ile imal edilmesine yönelik metodolojinin, bu tarz filtrelerin oluşturulmasını kolaylaştırabileceğini belirtmiştir.

Sibanda ve diğerleri (2018) uçucu sivrisinek kovucuların kontrollü salınımı için, iç içe bikomponent lifler üretmiştir. Dış malzeme olarak yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), iç malzeme olarak da polietilen ko-vinil asetat (EVA) içinde konsantre bir uçucu olan Dietil-m-toluamid (DEET) kullanmışlardır. Taramalı elektron mikroskobu ile iç içe bikomponent lif yapısının oluşumu doğrulanmıştır. Bu liflerden üretilen örme tekstil yüzeyleri, 20 soğuk yıkamadan sonra bile sinek kovucu özellik göstermiştir. Yüzeylerin sekiz ay laboratuvar koşullarında yaşlandırılmasından sonra bile etkinliği sürmüştür. Çalışma sonuçları, üretilen bu liflerin, açık hava sivrisinek ısırıklarını etkili ve uygun bir şekilde önleme amaçlı alternatif olarak kullanılabilceğini göstermiştir.

Takematsu, Diniz, Mattos ve Dutra (2018) dışta PE, içte PP polimeri kullanarak ürettikleri iç içe bikomponent lifleri, FT-IR, DSC, TGA, SEM gibi karakterizasyon yöntemleriyle analiz etmişlerdir. SEM analizi ile iç içe konfigürasyon ve her bir tabakanın genişliği karakterize edilmiştir. Termal analizler, termal bozunma sırasındaki kütle kaybının analizi için kullanılmıştır. FT-IR ve ultraviyole görünür (UV-VIS) spektroskopi de lif yapısındaki bileşenleri karakterize etmek için kullanılmıştır. Çalışma, özellikle FT-IR analizinin iç içe yapının kompozisyonunu anlamadaki önemini vurgulamaktadır.

Roungpaisan, Takarada ve Kikutani (2019) PLLA polimerinden üç farklı türde (yüksek yoğunluklu PLLA, düşük yoğunluklu PLLA ve bikomponent PLLA) lif üretimi gerçekleştirmiştir. Bikomponent lif üretiminde dışta düşük yoğunluklu PLLA, içte yüksek yoğunluklu PLLA kullanılmıştır. İç/Dış malzeme oranı 50/50'dir. İpliklerin yüksek çekim hızında üretilebilirliği incelenmiştir. Lif özelliklerinin analizi için, enine kesit görüntüleri incelenmiş, WAXD (geniş açılı X ışını kırınımı) analizi yapılmış ve mukavemet ve uzama testleri değerlendirilmiştir.

Çelen ve Ulcay (2019) eriyik çekim yöntemiyle baryum titanat katkılı iç içe bikomponent iplikler üretmiştir. İç malzeme olarak nano baryum titanat ($BaTiO_3$) ve PBT, dış malzeme olarak PET kullanılmıştır. 3 farklı katkı oranı (%1, %2 ve %3) kullanılarak üretilen bu ipliklerden iki farklı sıklıkta örme yüzeyler elde edilmiştir. İpliklerin elektriksel iletkenliği ve yüzeylerin elektromanyetik kalkanlama etkinliği ölçülmüştür. Konsantrasyon attıkça elektriksel iletkenlik değeri artmış, en yüksek $1,26 \times 10^{-3}$ S/cm elektriksel iletkenlik değeri elde edilmiştir. Yüzeylerin elektromanyetik kalkanlama (EMK) etkinliği değeri en yüksek 25.95 dB olarak ölçülmüştür.

Cai ve diğerleri (2019) elektro çekim yöntemiyle PVDF/ poliimid (PI) yan yana bikomponent nano lifler üretmişlerdir. Nano liflerin termal stabilitesi, mekanik özellikleri ve filtrasyon özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar, nano liflerin hem iyi mekanik özelliklere hem de yüksek termal kararlılığa sahip olduğunu göstermiştir. Nanolifler yüksek sıcaklıkta işlem gördükten sonra bile iyi filtrasyon performansı göstermiştir. Bu yüzeylerin orta ve yüksek sıcaklıktaki filtrasyon uygulamalarında kullanılabileceği beklenmektedir.

Çelen ve Ulçay (2020) baryum titanat katkılı bikomponent liflerden üç farklı örgü yapısında (bez ayağı, saten, özel örgü) dokuma kumaş üretmiştir. Dokuma kumaş örgü tipinin ve iplikteki katkı oranının kumaşların elektriksel direnç, elektromanyetik kalkanlama ve solar özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. En yüksek elektromanyetik kalkanlama etkinliği %3 katkılı bikomponent liflerden üretilen özel örgülü kumaş ile elde edilmiştir. Baryum titanat katkısı kumaşların solar reflektans özelliklerini iyileştirmiş, en yüksek reflektans değeri %3 katkılı bikomponent liflerden üretilen bezayağı örgü yapısı ile elde edilmiştir.

Kawahara ve diğerleri (2020) yüksek hızda çekilen PLA/PBT iç içe bikomponent liflerin yapısal, mukavemet ve anti bakteriyel özelliklerini incelemişlerdir. Üretilen bikomponent liflerin medikal tekstil malzemeleri tasarımı için yeterli fiziksel, mekanik özelliklere ve antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir.

Zhang, Chen ve Zeng (2020) tarafından eriyik üfleme ve elektro çekimle üretilen liflerdeki sarmal yapıların morfolojik gelişimi ilk kez modellenmiştir. Bu modele dayanarak, eriyik üfleme PP/ TPU ve elektro çekimle üretilen CA / TPU liflerinin içsel eğriliğinin gelişimini rapor etmişlerdir. Farklı hacimsel orana sahip bikomponent liflerin tahmin edilen içsel eğriliğinin genel olarak deneysel sonuçlarla tutarlı olduğu ortaya çıkmıştır. Yazarlar bu model sayesinde, liflerin sarmal yapısının kontrolüne yardımcı olmak için içsel eğriliklerin tahmin edilebileceğini ileri sürmüştür.

2.2. Köpük Polimerler

2.2.1. Köpük polimerlerin kısa tarihçesi

Köpük polimerler ilk olarak 1930-1940 yılları arasında üretilmiştir. 2. Dünya Savaşı'ndan birkaç yıl sonra esnek poliüretan köpük icat edilmiştir. Bu polimerler mobilya ve otomotiv endüstrisinde tamponlama amaçlı kullanılmıştır. Takip eden yirmi yıl içerisinde gelişen teknolojiyle birlikte (enjeksiyon kalıplama, çift vidalı ekstrüzyon ve farklı ekstrüzyon teknikleriyle) köpük polimerler daha kapsamlı kullanılmaya başlamıştır. Köpük polimer üretiminde ozon tabakasına zarar veren şişirme ajanlarının kullanımı

sonraki yıllarda endişeleri arttırmıştır. Olumsuz çevresel etkiye sahip olmayan şişirme ajanları arayışına girilmiştir (Sivertsen, 2007). Atık bertarafı sıkıntısı ve çevresel problemlerin artış göstermesi nedeniyle biyobozunur köpükler gündeme gelmiştir. Biyobozunur köpükler, suda çözünebilir ve neme karşı hassastır, CO₂ emisyonunu azaltmada önemlidirler. CFC (kloro-fluoro karbonlar) kullanımına getirilen kısıtlamalar köpük polimerlerin daha çevre dostu olabilmeleri açısından önemlidir. EVA, PVA, poli kaprolaktam, PLA ve nişasta dahil pek çok biyomalzeme biyobozunur köpük polimer üretimi için kullanılmaktadır. Biyobozunur köpük polimerlerin gelişiminin geri dönüşüm ve atık bertarafı sorununa yardımcı olacağı düşünülmektedir. (Sivertsen, 2007).

2.2.2. Köpük polimer nedir?

Köpük polimerler bir köpük oluşturmak üzere birlikte karıştırılmış bir katı ve gaz fazından oluşur (Sivertsen, 2007). Polimer esaslı köpük malzemeler hücreli veya genişlemiş plastikler olarak tanımlanabilir (Ünal ve Yetgin, 2011). Ortaya çıkan köpük kapalı hücreli ya da açık hücreli olarak bilinen hava kabarcığı ya da hava tüneli içeren bir polimer matrise sahiptir (Sivertsen, 2007).

Çoğu köpük, bir polimer matrisinde gaz kabarcıklarının çekirdeklenmesi ve büyümesini içeren işlemlerle oluşturulur. Kabarcıklar büyüdükçe, köpük yapısı aşağıdaki gibi tarif edilebilen aşamalarla değişir:

- Başlangıçta, küçük disperse küresel kabarcıklar yoğunlukta küçük bir azalma ile sıvı matriks içinde üretilir.
- Kabarcıklar küresel olarak büyürken, kabarcıklar kapalı paket yapıya ulaştığında en düşük köpük yoğunluğu elde edilir.
- Daha fazla büyüme ve daha düşük köpük yoğunluğu, daha sonra çok yüzlü yapıların oluşması için hücrelerin bozulmasına döner.
- Viskoz ve yüzey gerilimi etkileri daha sonra malzemenin triküspit enine kesit kavşakları oluşturmak üzere kesişen hücre elemanlarına doğru akmasına neden olur.
- Son aşama, açık hücreli olacak şekilde hücre duvarlarının yırtılmasını içerebilir.

Genleşme derecesine ve özel formülasyona bağlı olarak, köpük polimerler bu yapıların herhangi birine veya bir kombinasyonuna sahip olabilir. Köpük polimerlerin kapsamlı karakterizasyonu aşağıdaki parametrelerin ölçümünü içerir:

- Köpük Yoğunluğu: Genellikle kg/m^3 olarak tanımlanır. Daha temel bir ölçü ise nispi yoğunluktur (ϕ). Nispi yoğunluk (2.1)'deki denkleme göre hesaplanır:

$$\phi = \rho_f / \rho_s \quad (2.1)$$

ρ_f ; köpüğün yoğunluğu, ρ_s ; orijinal polimerin yoğunluğu 'dur.

- Hücre Boyutu: Hücre boyutu, köpük kesitinin doğrudan incelenmesi ile ölçülebilir. Hücre boyutu ölçümü için ASTM D3576 standardı kullanılır. Bu standartta belirli bir uzunlukta kesişen hücre sayısı hesaba katılır. Ortalama kiriş uzunluğu (t) belirlenir ve ortalama hücre çapı (d) (2.2)'deki denkleme göre hesaplanır:

$$d = t / 0.616 \quad (2.2)$$

Uygulamada genellikle hücre boyutlarının bir dağılımı vardır. Çoğu köpük polimer üreticisi, köpükler için ya ortalama bir hücre boyutu ya da bir dizi hücre boyutu önermektedir.

- Açık Hücre/ Kapalı Hücre Oranı: Bu oran özellikle düşük yoğunluklu PU köpüklerin özelliklerinin belirlenmesinde önemlidir. Esnek poliüretanlarda üretim sürecinde de önemli bir parametredir. Hücreler genleşme adımının sonunda açılmadıkça, karbondioksitin hücrelerden yayılması, havanın yerine geçebileceğinden çok daha hızlıdır, bu da köpüğün çökmesine neden olur.
- Anizotropi: Köpükler, üç boyutta serbest genleşmeye izin veren koşullar altında yapılmadıkça, önemli bir yapısal anizotropi sergileyebilirler. Bu durum, hücrelerin bir miktar yanal bozulmaya sahip olduğu ekstrüzyon işlemleriyle üretilen köpüklerde

sıklıkla görülür. Uzunluk ve genişlik yönlerinde ölçülen fiziksel özelliklerde farklılıklara neden olur.

- Hücre Biçimi: Köpük polimerlerin hücre topolojisi belki de ilk olarak 1664 yılında Robert Hooke tarafından kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Çekirdekli, genleşen gaz kabarcıklarının büyümesiyle oluşan düşük yoğunluklu köpük polimerler genellikle hücrelerde beşgen on iki yüzlü şekildedir. Beş taraflı yüzler mikroskopik gözlemde sıklıkla tanımlanır ve bu yüzler stabil yapıyı sağlamak için gerekli açılara çok yakın olan dört yüzlü bağlantılarda buluşur (Eaves, 2004).

Köpük polimer içindeki boşluklar, malzemenin yoğunluğunu azaltarak daha az hammadde kullanım imkânı sunar. Ayrıca polimer içindeki boşluk oranı kontrol edilerek polimer yoğunluğu ayarlanabilir. Böylece farklı özelliklerde köpük polimerler üretilebilir (Yetgin ve Ünal, 2008).

Köpük polimerler modern dünyada neredeyse her yerde bulunur. Polimer köpüklerin yaygın olarak kullanılmasının nedeni pek çok avantajlı özelliğe sahip olmasıdır (Sivertsen, 2007). Köpük polimerler, konvansiyonel plastik malzemelere kıyasla düşük termal iletkenlik, yüksek mukavemet, çok iyi ısı ve ses yalıtım gibi özelliklerden dolayı geniş kapsamda kullanılmaktadır (Gautam, Bassi ve Yanful, 2007; Sauceau, Nikitine, Rodier ve Fages, 2011).

2.2.3. Köpük polimerlerin sınıflandırılması

- Polimer matris malzemesine göre

Polimer matris malzemesine göre köpük polimerler ikiye ayrılır: Termoplastik ve termoset. Polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS) gibi polimerler termoplastik esaslı, poliüretan (PU), epoksi gibi polimerler termoset esaslı köpük yapımında kullanılacak polimerlerdir (Jacobs, Danen, Kemmere ve Keurentjes, 2007).

- Hücre morfolojisine göre

Hücre morfolojisine göre köpük polimerler kapalı veya açık hücreli olmak üzere ikiye ayrılır. Kapalı hücreli köpükler genellikle serttir, açık hücreli köpükler genellikle esnektir (Sivertsen, 2007). Açık hücreli polimer köpüklerin ses emme karakteristiği yüksektir (Dillon, 2004).

- Camsı geçiş sıcaklığına göre

Camsı geçiş sıcaklığına göre köpük polimerler üçe ayrılır: Esnek, rijit ve yarı rijit. Camsı geçiş sıcaklığı, oda sıcaklığının altında ise esnek köpük, camsı geçiş sıcaklığı oda sıcaklığının üstünde ise rijit köpük, yoğunluk ve fonksiyonellik açısından bu iki sınıf arasında yer alan köpüklere de yarı rijit köpük adı verilir. Rijit köpükler yüksek mekanik dayanıma sahiptir. Esnek köpükler düşük hacimsel yoğunluğa sahiptirler, ısı ve ses yalıtım uygulamalarında sıklıkla kullanılırlar (Demir, Sipahioğlu, Balköse ve Ülkü, 2008).

- Genleşme oranına göre

Polimer köpüklerin yoğunlukları $1,6 \text{ kg/m}^3$ ile 833 kg/m^3 arasında değişmektedir. Genleşme oranına göre köpük malzemeler üçe ayrılır: Yüksek yoğunluk, orta yoğunluk ve düşük yoğunluk. Yüksek yoğunluklu malzemelerin yoğunluğu 240 kg/m^3 civarındayken, düşük yoğunluklu malzemelerin yoğunluğu 240 kg/m^3 'den azdır (Chang-Dong Patrick, 2006; Park, Behravesch ve Venter, 1998; Pop-Iliev, 1999).

- Köpük hücre boyutuna göre

Köpük hücre boyutuna göre köpük polimerler 4'e ayrılır: Makro Hücreli ($>100 \text{ }\mu\text{m}$), Mikro Hücreli ($1-100 \text{ }\mu\text{m}$), Ultra Mikro Hücreli ($0,1-10 \text{ }\mu\text{m}$), Nano Hücreli ($0,1-100 \text{ nm}$) (Jiong 2006; Lee ve diğerleri, 2005).

2.2.4. Köpük polimerlerin özellikleri

- Yapısal özellikler

Daha önce de bahsedildiği gibi köpükler açık hücreli veya kapalı hücreli olabilir. Bununla birlikte hücre terimi genel olarak kabul edilenden biraz farklıdır. Tüm köpüklerde hücre veya gözenek yapısı spesifik bir tek tip birim değildir, bir tanesi baskın yapı olacak olmasına rağmen, çok farklı boyutlarda hücre ve gözenekler ve kapalı hücre ve açık hücre olan belirli bir miktar vardır. Hücrelerin veya gözeneklerin boyutu ve şekli çok dağıldığından, köpük yapılarını tanımlamak için en iyi yaklaşım istatistiksel modeller yoluyla, çünkü bir köpükte küresel hücrelerin düzenli olarak paketlenmesi yoktur. Ek olarak, polimer köpürdüğü için hücreler genellikle belirli bir yönde uzar, bu da köpüğün herhangi bir ideal model olarak modellenmesini zorlaştırır. Köpüğün özelliklerine sadece polimerin kendisi değil, aralarındaki gaz fazı da katkıda bulunur.

Köpük yapısındaki gözeneklerin miktarı, özelliklerinin çoğunu etkiler. Daha fazla ve daha küçük gözenekler olduğunda, köpük çok daha iyi bir yalıtıcıdır, çünkü gaz temel olarak ısıyı transfer edemez ve ısı konveksiyonu tüm gözeneklerin etrafında yolunu bulmak zorundadır. Ne kadar fazla gözenek varsa, yol o kadar kıvrımlıdır ve ısı transferinin etkili bir şekilde gerçekleşme şansı daha azdır. Bu durumda, köpük özelliklerinin belirlenmesinde gaz fazı, gerçek polimere göre daha baskındır.

Köpüğün mekanik tepkilerine de köpük yapısının etkisi vardır. Açık hücreli bir yapıda gaz fazı bir arada tutulamaz ve köpük çok daha fazla sıkıştırılabilir. Hücre boyutu da köpüğün özelliklerini etkiler. Daha küçük hücre boyutlarında, açık hücre yapısının miktarı da azalır (Sivertsen, 2007).

- Mekanik özellikler

Gaz en az mekanik mukavemete sahip olduğundan, gaz ne kadar fazla olursa köpük o kadar az güçlü olur, bu da düşük yoğunluklu köpüklerin düşük Young modülünü sergilediği anlamına gelir. Köpüğün hücreleri değişen bir şekle sahip olsa bile, oluştuğu yönden dolayı köpüklerde genellikle bir miktar anizotropi vardır. Köpüklenme yönü

boyunca mukavemet daha iyidir. Bir hücrenin yükseklik / genişlik oranı belirli bir miktarda arttırılırsa, köpüğün basınç mukavemeti ve gerilme mukavemeti de aynı miktarda artar.

Açık hücreli yapılar daha düşük mekanik özelliklerin dezavantajına sahiptir, ancak ses emiliminde çok daha iyidir. Açık hücre yapısı köpüğün modülünü etkilediğinden, modül hesaplanırken bu dikkate alınmalıdır. Modül değeri (2.3)'teki denkleme göre hesaplanır:

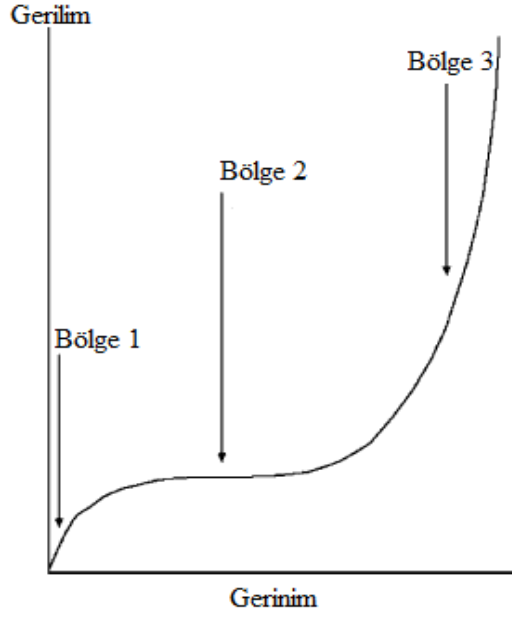
$$\frac{M_f}{M_p} = (1 - X)\varphi^2 \left(\frac{\rho_f}{\rho_p}\right) + x(1 - \varphi) \left(\frac{\rho_f}{\rho_p}\right) \quad (2.3)$$

M_f ; köpüğün modülü, M_p ; polimerin modülü, φ ; hacimsel fraksiyon, ρ ; yoğunluk, X ; kapalı hücre fraksiyonu, f ; köpük, p ; polimerdir.

Darbe emilimi köpük polimerlerin köpüklenmemiş polimere göre önemli bir avantajdır. Hücreler, enerji etkisini absorbe etmek için deforme olur ve daha sonra yük çıkarıldığında yeniden şekillenir. Polimer köpüğün çoklu yüklemelere dayanabilmesi ve yapıdaki değişime direnebilmesi gerekir, böylece yükleme birçok kez tekrarlanabilir. Köpük çok büyük yüklere maruz kalırsa, hücre duvarları patlar ve açık hücre yapısının miktarının artması köpüğün mekanik özelliklerini zayıflatır (Sivertsen, 2007).

- Basınç özellikleri

Tüm köpükler üç bölgeye ayrılan bir “gerilim-gerinim” eğrisi gösterir. Bölge 1: Lineer “Hookian” davranış, Bölge 2: Çökmüş düzlük, Bölge 3: Yoğunlaştırma olarak tanımlanır.



Şekil 2.6. Bir köpük için şematik sıkıştırma gerilim-gerinim eğrisi ((Eaves, 2004)'ten düzenlenmiştir.)

Bölge 1’de lineer elastik davranış, hücre duvarı eğilmesi ile ve kapalı hücrelerde de gaz basıncı nedeniyle hücre duvarı gerilmesi ile kontrol edilir. Bölge 2’de hücreler, hücre duvarı burkulması yoluyla veya kırılabilir köpüklerde hücre kırılması ve hücre duvarı kırılması yoluyla çökmektedir. Bölge 3’te yoğunlaşma meydana gelir. Köpük yoğunluğu arttıkça Bölge 1’de Young modülü artar, düzlük stres değeri artar ve yoğunlaşmanın başladığı gerginlik azalır.

Büyük basınç gerilmelerinde, gerilim-gerinim eğrisi yoğunlaşma nedeniyle keskin bir şekilde artar ve bir sınırlama gerilmesinde, sınırlayıcı bir eğime (başlangıç modülünden çok daha yüksek) doğru yönelir. İdealleştirilmiş hücre yapıları kullanılarak, matris polimer özellikleri, köpüğün nispi yoğunluğu, köpük özellikleri ve köpük yapısı ile ilişkili eşitlikler türetilmiştir. Başlangıç (Young) basınç modülü, kesme modülü, elastik çökme gerilimi ve Poisson oranı değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, pratik amaçlar için ve pek çok köpük polimerde başlangıç polimer özellikleri reaksiyonlar sırasında modifiye edildiğinden (örneğin çapraz bağlanma gibi) köpük özellikleri direkt ölçülür ve üreticiler tarafından tablo veya şekillerle verilir (Eaves, 2004).

- Enerji absorplama özellikleri

Pek çok köpük polimer uygulaması, köpük polimerin üretildiği katı polimerden ziyade köpük yapısının enerji absorplama kapasitesini kullanır. Enerji, özellikle esas olarak gerilim-gerinim eğrisinin düzlük bölgesinde, elastik burkulma, plastik akma veya kırılma ezmeye bölgelerinde emilir. Plastik köpüklerde enerji, hücrelerin plastik akışı ile emilir ve ani geri toparlanma genellikle azdır. Kapalı hücreli polietilen köpükler, hücrelerin plastik deformasyonu ile enerjiyi emen malzemelere örnektir (Eaves, 2004).

- Tutuşabilirlik özellikleri

Köpük polimerlerin üretiminde şişirici ajan olarak kullanılan uçucu sıvılar kolayca yanabilen köpük polimerlerin oluşumuna yol açar. Esnek poliüretan köpükler düşük yoğunluktadır ve çok sayıda açık hücre yapısına sahiptir, bu da havaya geçirgen olduğu ve bir alev maruz kaldığında kolayca yanacağı anlamına gelir. Çözümlerden biri köpükte alev geciktiriciler kullanmaktır. Klorlu fosfat esterleri, klorlu parafinler, melamin tozları ve grafit alev geciktiricilerin kullanımı yaygındır (Sivertsen, 2007).

- Termal iletkenlik özellikleri

Köpük polimerlerin en yaygın uygulamaları, bina ve inşaat sektörü (duvar ve zemin yalıtımı, boru yalıtımı) taşımacılık (soğutuculu gıda kamyonları, sıvılaştırılmış gaz tankerleri), buzdolabı astarları gibi alanlardaki ısı yalıtım uygulamalarıdır. İnşaat uygulamalarında mineral yün en çok kullanılan yalıtım malzemesi olarak kalmasına rağmen, polimer köpüklerin üstün özellikleri; daha iyi yalıtım, daha kolay kullanım, su absorbe etmemesi (kapalı hücreli köpükler için) genel olarak daha yüksek maliyetlerini telafi eder. PS ve PU köpükler yüksek miktarda kullanılır. Köpüklerin termal iletkenlikleri dört faktörle belirlenir:

- Katı polimerden ısı iletimi,
- Gaz fazından ısı iletimi,
- Hücrelerden ısı taşınımı,
- Hücre duvarlarından ve boşluklardan radyasyon.

Konveksiyon sadece 10 mm'den daha büyük hücre boyutlarına sahip köpük polimerlerde önemlidir. Bu nedenle hücre boyutları 0,1-2 mm arasında olan çoğu ticari köpükte ihmal edilebilir. Termal iletkenliğe büyük katkıda bulunan gaz yoluyla iletimdir. Katı madde boyunca olan radyasyon ve iletim de katkı sağlar. (Gaz iletiminin sadece 1/3 'üne denk gelir). Gibson ve Ashby (1999) tarafından 0,1 MPa hava içeren 0,025 yoğunluğa sahip kapalı hücreli bir PS köpük için verilen örnekte köpük polimer 0,04 W/mK termal iletkenliğe sahiptir. Bunun 0,003 W/mK' si PS katkısı, 0,024 W/mK'i hava katkısı ve 0,013 W/mK' si radyasyon yoluyla katkıdır. Konveksiyonun önemsiz olduğu varsayılmıştır. Bu durumda termal iletkenliğin; %62,5 katı, %7,5 gaz ve %32,5 radyasyon kaynaklıdır.

Köpük polimerin yoğunluğu azaldıkça katı polimerden geçen termal iletim miktarı da buna bağlı olarak azalır ve köpüğün iletkenliği 0,05 nispi yoğunlukta köpüğün iletkenliği minimum seviyeye düşer. Bu değer altında, hücre duvarlarının radyasyona karşı artan şeffaflığından dolayı, köpük yoğunluğu sifira yaklaştıkça radyasyon katkısı kesin bir şekilde artar. Bu değer üstünde, katı yoluyla iletim baskın olmaya başlar. En azından köpük iletkenliği hücrelerde bulunan havanınkinden çok daha büyük değildir. İletkenliği daha da azaltmak için en çok kullanılan yöntem havayı TCFM (trikloroflorometan) gibi düşük iletkenlik içeren gazla değiştirmektir.

Hücre çapları 2 mm'den az olan köpüklerde hücre boyutunun termal iletkenlik üzerindeki etkisi nispeten küçüktür, ancak hücre boyutu azaldıkça iletkenliğin azalması eğilimi vardır. Termal iletkenlikte bazı küçük iyileştirmeler (azalmalar) hücre duvarlarının yansıtıcılığını arttırarak ve böylece radyasyon iletimini azaltmak için hücre yapısını değiştirerek yapılabilir. ,

Yalıtım uygulamaları için sert PU köpükler üzerine yapılan son çalışmalar CFC kullanımı ve bununla ilgili çalışmalara yoğunlaşmıştır (Schütz ve Glicksman, 1984). Köpük polimerler yoluyla ısı transferi, sıcaklık düştükçe keskin bir şekilde azalır, çünkü katıların ve gazların ısı iletkenliği sıcaklıkla azalır ve düşük sıcaklıklarda radyasyon da daha azdır. Köpüklerin termal iletkenlikleri genellikle 10 °C' de standart sıcaklıkta ölçülür (Eaves, 2004).

- Diğer termal özellikler

Bir köpüğün erime noktası veya yumuşama noktası esasen katı polimerinkidir. Bir köpüğün özgül ısısı esasen üretildiği katı polimerden kaynaklanır çünkü gazın katkısı çok azdır. Termal genişleme katsayısı, özgül ısı gibi, esasen katı polimerinkidir, çoğu polimer köpük 10^{-4} /K genişleme katsayısına sahiptir. Bununla birlikte, sıcaklık arttıkça gaz içeriğinin köpüğe uyguladığı basınç nedeniyle, kapalı hücreli veya düşük yoğunluklu elastik köpükler daha yüksek termal genişleme katsayısına sahip olma eğilimindedir. Düşük yoğunluklu köpüklerdeki ilk genişlemeyi, gazın köpükten yayılması nedeniyle genellikle hacimde bir azalma takip eder ve sıcaklık polimerin yumuşama noktasına yaklaşacak kadar yüksekse, köpük hücreleri çökmeye başladığında hacim orijinalden daha az bir seviyeye düşebilir (Eaves, 2004).

2.2.5. Köpük polimerlerin üretimi

- Şişirme ajanları

Bir polimer kütlelerinde hücreli yapıyı üreten madde üfleme ajanı olarak tanımlanmaktadır. Çoğu polimerik köpük malzemedeki gaz fazı, köpük polimer imalatında kullanılan şişirme ajanı tarafından üretilir. Şişirme ajanı hem polimer köpüğün üretiminde hem de performansında önemli bir rol oynamaktadır. Şişirme ajanı köpüğün yoğunluğunu kontrol eden en baskın faktördür. Yoğunluğun yanı sıra, köpüğün hücreli mikro yapısını ve morfolojisini de etkiler. Bu da polimerin son kullanım performansına etki eder. Kapalı hücreli köpük polimerlerin kullanıldığı izolasyon gibi bazı uygulamalarda, şişirme ajanı köpüğün hücreli yapısında bazen onlarca yıl tutulur, bu nedenle köpüğün uzun vadeli performansında merkezi bir rol oynar. Açık hücreli köpük polimerlerin kullanıldığı ambalaj ve yastıklama gibi uygulamalarda köpüğün hücreli yapısı köpük oluşturulduktan hemen sonra şişirme ajanının kaçacağı şekildedir.

Köpük polimer üretimi sırasında şişirici ajanın seçimi ve işleme koşulları/ aşamalarının seçimi birbirine bağlıdır. Polistiren, poliolefinler, poliamid, polyester gibi yüksek molekül ağırlıklı polimerlerin köpüklenmesi durumunda, şişirici ajan eriyik viskozitesini

ve polimerin termal geçmişini dolayısıyla da köpük oluşumu ve şekillendirilmesi sırasında reolojiyi değiştirir.

Şüphesiz, kullanılan şişirme ajanları arasında çok ortak nokta vardır ancak dünyanın belirli bir bölgesinde spesifik bir uygulamada kullanılan bir polimere özgü birçok gereklilik vardır. Karbondioksit PU için öncelikli şişirme ajanı iken, PS için metil klorür bütülen gibi düşük kaynama noktalı sıvılar öncelikli şişirme ajanıdır (Pontiff, 2000; Singh 2002; Suh ve diğerleri, 2000). Günümüzde pek çok şişirme ajanı ve bunların karışımları kullanılmaktadır. Şişirme ajanları fiziksel veya kimyasal şişirme ajanı olarak sınıflandırılırlar (Eaves, 2004).

Fiziksel şişirme ajanları inorganik ve organik şişirme ajanları olarak ikiye ayrılmaktadır. Nitrojen, karbondioksit, su ve hava inorganik şişirme ajanlarıdır (Al Jahwari, Huang, Naguib ve Lo, 2016; Peng, Wals, Sabo, Turng ve Clemons, 2016; Pinto ve diğerleri 2017; Xie ve diğerleri, 2018). Organik şişirme ajanları ise pentan, heksan, dikloroetan ve freon olarak sıralanabilir (Song, Barber ve Lee, 2017). Kimyasal şişirme ajanları da inorganik ve organik olmak üzere ikiye ayrılır. Ayrıca, termal ayrışma ve reaksiyon şişirme maddeleri olmak üzere de iki tipe ayrılabilir. İnorganik şişirme maddesi esas olarak sentetik kauçuk, doğal kauçuk ve kauçuk köpük ürünlerinde kullanılır. İnorganik termal ayrışma şişirme maddelerine bikarbonat, karbonat ve nitrit örnek verilebilir. İnorganik reaktif şişirme maddelerine ise sodyum bikarbonat veya çinko tozu, bir asit reaksiyonu, hidrojen peroksit ve bir maya reaksiyonu örnek verilebilir (Petlitckaia ve Poulesquen 2019; Sadik, Pillon, Carrot ve Ruiz, 2018). Organik şişirme ajanları iyi dağılabilirlik, stabil gaz çıkışı ve düzgün kabarcık oluşumu gibi avantajlara sahiptir. Organik reaktif şişirme maddesi izosiyanat bileşiklerinden oluşur. Organik termal ayrışma şişirme maddeleri arasında azo köpük oluşturucu madde, nitrozo köpük oluşturucu madde ve asil hidrazit köpük oluşturucu madde bulunur (Liu, Long, Xie ve Xie, 2017; Long, An ve Xie, 2019; Michałowski, Prociak, Zajchowski, Tomaszewska ve Mirowski, 2017; Wu, Zhao, Wang, Zhang ve Li, 2018;).

- Köpükleme yöntemleri

Polimerlerin köpüklenmesine dair farklı yöntemler mevcuttur. Burada mekanik, fiziksel ve kimyasal köpükleme işlemlerinden kısaca bahsedilecektir. Mekanik köpükleme işleminde polimere hava eklenir ve sonrasında polimer köpüklenir. Mekanik köpürmede, ilave şişirici ajan gerekmez, işlem basittir. Çevreci, toksik olmayan ve güvenli bir yöntemdir. Düşük maliyetli ve yüksek verimliliği olan bir prosestir. Dezavantajı ekipman için yüksek gereksinim gerektirir. Fiziksel köpürmede, düşük kaynama noktalı bir sıvı ve bir polimer karıştırılır ve daha sonra basınçlandırma ve ısıtma ile köpürtülür. Fiziksel şişirme ajanının maliyeti nispeten düşüktür, özellikle karbondioksit ve nitrojen kullanıldığında. Köpükleme yöntemi kirlilik içermez, köpürmeden sonra kalıntı bırakmaz ve polimerin özellikleri üzerinde çok az etkisi vardır. Dezavantajı ise, özel enjeksiyon kalıplama makinesi ve ekipmana, yüksek teknik gereksinimlere ihtiyaç duyar.

Kimyasal köpürmede iki yöntem kullanılabilir. İlk yöntemde, şişirici ajan erimiş polimere ilave edilir ve gazı serbest bırakmak için ayrıştırılır. Daha sonra polimer, basınçlandırılarak ve ısıtılarak köpüklenir. İkinci yöntem, iki polimer arasındaki kimyasal reaksiyonların inert gazlar üretmek için meydana geldiği ve ardından polimerlerin köpüklendiği yöntemdir. Kimyasal köpürtücü ajan, belirli bir sıcaklık aralığında termal olarak ayrıştırılabilir ve bir veya daha fazla gaz açığa çıkabilir, bu nedenle bu yöntem belirli bir sıcaklık aralığında eriyik viskozitesine sahip polimerler için uygun olabilir. Kimyasal köpürme, sıradan enjeksiyon kalıplama makinesi ile gerçekleştirilebilir. Dezavantajı; yüksek kalıp imalat hassasiyeti gereklidir, kalıp maliyeti yüksektir ve yüksek basınçlı köpükleme işlemi sırasında ikinci bir sıkıştırma basıncı cihazına ihtiyaç vardır (Jin, Zhao, Park ve Park, 2019).

- Üretim teknikleri

Ekstrüzyon kalıplama: Şişirme ajanı olarak karbon dioksit (CO₂) veya nitrojen (N₂) gibi süper kritik bir sıvı kullanılır. Ekstrüder, birkaç ısıtma bölgesinden oluşur. Ekstrüder belirli bir sıcaklığa ısıtılır ve besleme oranı ve vida hızı, işlem koşullarına göre belirlenmiş değerlere ayarlanır. Ekstrüderin besleme haznesine bir polimer (polimer karışımları veya polimer kompozit) ilave edilir ve işlem koşulları altında ekstrüde edilir.

Bir şırınga pompası kullanılarak haznenin bir bölgesine süper kritik bir sıvı verilir, süper kritik sıvı, polimer eriyiği içinde çözülerek polimerin eriyik viskozitesini düşürür. Köpürme sıcaklığının azaltılmasıyla hücre yoğunluğu artar ve eriyik mukavemet artar. Son olarak, mikro hücreli köpükler elde edilir (Ellingham, Duddleston ve Turng, 2017; Keshtkar, Nofar, Park ve Carreau, 2014; Wang, Zhao, Zhang, Mu ve Park, 2018).

Enjeksiyonlu kalıplama: Enjeksiyon makinesi, hazneden düzeye kadar birkaç enjeksiyon sıcaklığından oluşur. Enjeksiyon sıcaklığı, enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hızı, kalıp sıcaklığı, bekletme süresi ve soğuma süresi gibi enjeksiyon kalıplama parametreleri, işlem koşullarına göre sabit değerlere ayarlanır. Bir polimer (polimer karışımları veya polimer kompozit), işleme koşulları altında plastikleştirilir. Süper kritik akışkan, homojen bir polimer / gaz çözeltisi oluşturmak için erimiş polimer içinde hızla çözülür. Çözelti, hızlı bir basınç düşüşü yaşayarak kalıp boşluğuna enjekte edilir. Enjekte edilen köpüklerin görsel görünümü ve karakteristikleri büyük ölçüde hammaddeye, kalıp tasarımına ve işleme koşullarına bağlıdır (Barbosa, Campilho ve Silva, 2018; Wang, Hikima, Ishihara ve Ohshima, 2017).

2.2.6. Poliolefin köpükler

Poliolefin köpükler ilk altmışlı yılların başında piyasaya sürüldükten sonra neredeyse her sektörde bir kullanım alanı bulmuşlardır. Uygulama alanları arasında paketlenme, spor ürünleri, oyuncaklar, yalıtım, otomotiv, askeriye, uçak, yüzdürme, yastıklama ve diğerleri bulunmaktadır. Sert (kırılgan olmasa da) köpükler PP veya HDPE kullanılarak elde edilirken, daha yumuşak köpükler etilen veya PP-kopolimerler kullanılarak elde edilir.

Poliolefin köpük üretiminde baskın olan tek bir yöntem yoktur. Hem sürekli hem de kesikli (batch) prosesler uygulanır. Üretim yöntemi köpük özelliklerini ve köpüğün formunu (levha, blok, boncuk) belirleyen bir faktördür. Proses köpük yapısını ve çapraz bağlanma derecesini belirler. Poliolefin köpükler normalde kapalı hücrelidir, üretim sonrası bir işlemle açık hücreli hale getirilebilir. Köpükler çapraz bağlı veya çapraz bağlı olmayan yapıda olabilir. Poliolefin köpük ürünlerin çoğu imalattan sonra köpük üzerinde ilave işlem içerir.

Bir süredir, poliolefin köpük üretimi için, etilen ve propilen homo ve kopolimerlerini kapsayan geniş malzeme seçim aralığı olmasına rağmen, bu aralık metalosen katalizörleri kullanılarak üretilen poliolefin köpüklerin üretimi eklenmiştir. Bu katalizörler, yüksek derecede polimer yapısını kontrol eder ve daha yüksek çekme mukavemeti, uzama, daha iyi esneklik gibi polimer oluşumu sağlar. Metalosen kullanılarak polimer üretimi daha zordur, üretim maliyeti artar. Poliolefin köpükler için kullanılan yaygın şişirme ajanları; ADC (Azodikarbonamid), CFC (kloro flor karbonlar), HCFC (hidro kloro flor karbonlar), hidrokarbonlar ve CO₂ ve N₂ gibi gazlardır. Köpükler kapalı hücreli olduğundan, şişirme ajanının köpük içinde kalması önemlidir. Bazen oldukça uzun süreler köpük içinde kalır, köpüğün özelliklerini ve imalat sonrası şekillendirme işlemlerini etkiler.

Poliolefin köpük üretiminde en çok kullanılan polimer LDPE' dir. LDPE uygun erime noktasına ve iyi işleme özelliklerine sahiptir. Doğrusal düşük yoğunluklu PE (LLDPE) ve HDPE gibi polimerler daha dar bir erime aralığı, daha düşük erime sıcaklığı ve daha düşük erime mukavemeti gibi daha kritik işleme şartlarına sahiptir ve bu özellikler bu malzemeleri proses için daha az uygun yapar (Eaves, 2004).

- Poliolefin köpüklerin özellikleri

Tüm köpük polimerlerde özellikler aşağıda belirtilen parametrelere bağlıdır:

- Polimer cinsi
- Açık veya kapalı hücreli olması
- Köpük yoğunluğu
- Herhangi bir katkı maddesinin varlığı
- Hücre yapısı ve bütünlüğü

Poliolefin köpüklerin neredeyse tamamı kapalı hücrelidir. Modifiye edici maddeler; küçük miktarda pigmentler, çekirdekleştirici ajanlar ve proses yardımcıları ile sınırlıdır ve bunların hiçbiri özellikler üzerinde önemli etkiye sahip değildir. Alev geciktirici katkılar ağırlıkça %20'ye kadar ilave edilir ve bunlar fiziksel özellikleri etkileyebilir. Dolgu maddeleri fiziksel özelliklere herhangi bir pozitif katkı olmadan yoğunluğu arttırdığı için normalde kullanılmazlar. Bu nedenle genel olarak fiziksel özellikler köpük

yoğunluğu ve hücre yapısına bağlıdır. Çizelge 2.1’de Zotefoams firmasının kaynaklarına göre, benzer yoğunluktaki polimer tipinin köpük polimerin fiziksel özelliklerine etkisinin incelendiği örnek sunulmuştur. Maksimum kullanım sıcaklığındaki artış, etilen kopolimerlerinden homo polimerlere geçilirken daha yüksek yumuşama noktasını yansıtır. En yüksek mukavemet, yüksek yoğunluklu polietilen köpüklerle bulunur, bu da bu malzemelerin sağlam ve yüksek darbe gerilimine maruz kalacak alanlarda kullanılmasına imkân sunar.

Çizelge 2.1. Polimer tipinin köpük polimer özelliklerine etkisi (Zotefoams, 2004).

Özellik	Polimer Cinsi		
	EVA	LDPE	HDPE
Yoğunluk [kg/m ³]	35	33	30
Maksimum kullanım sıcaklığı [°C]	80	105	125
Basınç Mukavemeti (%25) [kPa]	35	40	60
Yırtılma Mukavemeti [N/m]	730	690	1320
Kopma Mukavemeti [kPa]	620	455	825
Kopma Uzaması [%]	200	135	55

Benzer şekilde Zotefoams firmasının kaynaklarına göre, köpük yoğunluğunun köpük polimerlerin fiziksel özellikleri üzerine etkisinin incelendiği örnek Çizelge 2.2’de sunulmuştur. Beklenildiği gibi, tüm özellikler yoğunluk artışıyla birlikte gelişmiştir.

Çizelge 2.2. Polimer yoğunluğunun köpük polimer özelliklerine etkisi (Zotefoams, 2004).

Özellik	Polimer yoğunluğu [kg/m ³]				
	24	33	45	60	70
Basınç Mukavemeti (%25) [kPa]	35	40	50	70	85
Yırtılma Mukavemeti [N/m]	410	690	1130	1490	1855
Kopma Mukavemeti [kPa]	340	455	600	790	945
Kopma Uzaması [%]	105	135	150	160	170
Eğilme Modülü [MPa]	0,4	0,7	1	1,7	2,7

Eaves (1998) çalışmasında kimyasal şişirme ajanı kullanılarak üretilen köpüklerin daha zayıf bir hücre yapısına sahip olduğu bunun da daha düşük fiziksel özelliklerle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Örneğin, mukavemet %45 daha az, uzama %30 daha azdır. Yine aynı çalışmada ve Eaves ve Witten (1998) metalosen poliolefin kullanılarak üretilen köpüklerle ilgili çalışmasında, aynı yoğunluk ve benzer eğilme miktarında üretilen LDPE köpükler kıyaslandığında, %60 daha yüksek mukavemet, %55 daha yüksek kopma

uzamasına sahip olduğu ve bu nedenle bu malzemelerin sert aşınmaya karşı giysiler için kullanılabilceği belirtilmiştir.

- Poliolefin köpüklerin uygulama alanları

Poliolefin köpükler çok çeşitli uygulama alanlarına sahiptir ve kullanmayan çok az sanayi vardır (Srivastava ve Srivastava, 2014). Bu alanlardan bazıları ve özel uygulamalar aşağıda listelenmiştir:

Aletler: Contalar ve iletişim balataları: Yoğunlukları 15-60 kg/m³ arasında değişen LDPE veya EVA köpükle üretilir. EVA köpük daha fazla esnekliğe ve sıkıştırma geri kazanımına sahipken LDPE daha iyi yük taşıma kapasitesine sahiptir.

Otomotiv: Contalar ve keçeler, su bariyerleri, halı altlıkları, ses yalıtım uygulamaları, titreşim tamponları, darbe koruması gibi alanlarda kullanılır. Genelde 15-45 kg/m³ arasında değişen LDPE köpükler kullanılır. Daha fazla esneklik istenen uygulamalarda EVA ve EMA köpükler, yüksek darbe koruması isteniyorsa HDPE köpük kullanılır. 130 °C'ye kadar dayanıklı olan PP kopolimer köpük tabaklarda geniş uygulama alanına sahiptir ve son zamanlarda 15 kg/m³ yoğunluğa sahip metasolen köpükler ağırlık tasarrufu sağladığı için teşvik edilmektedir. PP boncuk köpükler ise darbe emici tamponlarda yaygın olarak kullanılır.

Yapı ve inşaat: Sızdırmaz taşıyıcılar, cam contalar, saçak dolgu maddeleri, boru izolasyonu, darbe ses emilimi gibi alanlarda kullanılır. 15-50 kg/m³ yoğunlukta LDPE ve EVA köpükler özellikle yük desteğinin gerekli olduğu yerlerde örneğin darbe ses emilimi için zemin bloklarının altında kullanılır. Alev geciktiriciler, bina yönetmeliklerine uygun miktarda kullanılabilir.

Uzay: Sızdırmazlık, yüzdürme yastıkları, ses yalıtımı, kanal astarı gibi alanlarda kullanılır. Hemen hemen tüm havacılık uygulamaları için önemli bir kriter güç tutuşurluk için dikey yakma testi içerir. Airbuslar, duman ve toksisite içeren ek gereksinimlere sahiptir. 50 kg/m³ yoğunluğa sahip LDPE köpükler kullanılır. Ağırlık tasarrufu nedeniyle fiziksel özellikleri karşılayacak şekilde düşük yoğunluklar tercih edilir. Zotefoams

firmasının düşük yoğunluklu 15 kg/m^3 güç tutuşur metasolen PE köpük özellikle uzay ve havacılık uygulamalarına yöneliktir.

Denizcilik: Can yeleği, şamandıra, çamurluklar, petrolün yayılmasını önleme çiti, yüzer hortumlar gibi alanlarda kullanılır. Bu uygulamalar için genellikle yoğunluğu 60 kg/m^3 e kadar olan LDPE köpükler kullanılır. Düşük yoğunluklu köpüklerin kaldırma kuvveti biraz daha fazladır ancak fiziksel özellikleri daha düşüktür ve sadece maliyetin önemli olduğu durumlarda kullanılır. Çamurluklar ve yüzer hortum gibi bazı uygulamalarda köpüğün yüzey direncini arttırmak için köpük bir veya daha fazla katmanlı koruyucu tabaka ile kaplanır.

Medikal ve sağlık: Atel, boyunluk, ortopedik ayakkabı tabanlılığı, egzersiz matları, implant araçları, ortez destekler gibi alanlarda kullanılır. Kullanılan köpükler tüm yoğunluktaki polimerleri kapsar. Polimer seçimi gerekli destek derecesine (yüksek köpük sertliği) veya yumuşak (esnek) köpük veya konfor gereksinimine bağlıdır. Vücuda uygun şekli vermek için termoform şekillendirme işlemi sıklıkla kullanılır.

Spor ve hobi: Yüzdürme teçhizatı, yüzücü yelekleri, yüzmeye tahtası, kamp matları, su kaydıracağı paspasları, spor ayakkabı tabanları, kano koltukları, sörf tahtaları, oyuncaklar, kasketler gibi alanlarda kullanılır. Tıbbi uygulamalarda olduğu gibi özel uygulama gereksinimlerine bağlı olarak çok çeşitli polimerler ve köpük yoğunlukları kullanılır.

Elektronik: Statik dağıtıcı ambalaj, pim yerleştirme paketleri, iletken ambalajlar, faraday kafesi, iş istasyonu paspasları, iletken ayakkabı tabanlıkları gibi uygulamalarda kullanılır. Tüm bu uygulamalar statik deşarj etkilerine karşı koruma sağlayarak hassas elektronik bileşenlere zarar gelmesini önlemeyi amaçlamaktadır. Köpük polimer EVA veya LDPE bazlı olabilir, karbon siyahı katkısıyla iletken ya da statik dağıtıcı olması sağlanabilir. Gerekli iletkenlik seviyesini sağlamak için yüksek miktarda (%10-20) gibi iletken maddeye ihtiyaç vardır. İletken köpükler $5 \times 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ hacimsel dirence sahipken, statik olanların yüzey direnci $1 \times 10^7 \text{ } \Omega/\text{sq}$ ' dir. Anti statik köpükler de $1 \times 10^{11} \text{ } \Omega/\text{sq}$ yüzey direnci vardır. Bu köpükler tanınma amacıyla genelde pembe renklidir. Yaygın kullanılırlar fakat kuru ortamda kötü performans gösterirler.

Askeri: Uyku matları, mermi paketlenme, silah paketleri, kasklar, travma pedleri, polis kalkanları EVA köpükler kullanılarak yüksek kaliteli, yırtılma dayanımlı, delinmeye dayanıklı uyku matları üretilir. Travma pedleri, kasklarda LDPE köpük kullanılırken, 115 kg/m³ yoğunlukta HDPE köpük, askeri kask içinde kask astarı olarak tüfek atışından korumak için tasarlanmıştır.

Ambalaj: Bu uygulamalar nispeten iddiasızdır. Maliyet/görünüm başlıca kriterlerdir. En iyi performans yarı rijit LDPE veya LDPE/HDPE karışımıyla elde edilir (Eaves, 2004).

2.2.7. Köpük polimerlerin tekstilde kullanımıyla ilgili son çalışmalar

Yang, Gupta, Dudley ve Lawrence (2005) elektromanyetik kalkanlama uygulamaları için karbon nano lif katkılı PS kompozit köpükler üretmiş, elektriksel iletkenlik, elektriksel geçirgenlik ve EMK özelliklerini incelemişlerdir. Saf PS köpüğe göre, %5 katkı oranında ani bir artış olup, elektriksel iletkenlik değeri $4,5 \times 10^{-4}$ S/m' ye yükselmiştir. %15 karbon nano lif katkılı PS köpük yaklaşık 19 dB kalkanlama etkinliği göstermiştir. Ürettikleri kompozit köpüğün umut vadeden hafif bir EMK malzemesi olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Azmi (2012) hindistan cevizi lifi takviyeli PU kompozit paneller üretmiştir. Kompozitin özelliklerini iyileştirmek için %5'ten %20'ye değişen oranlarda lif takviyesi kullanılmış ve kompozitin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. %5 hindistan cevizi lifi takviyesi bile kompozitin özelliklerini iyileştirmiş ve lif katkısı ile daha hafif kompozit yapı elde edilmiştir.

Azahari, Rus, Kormin ve Zaliran (2017) akustik uygulamalar için farklı oranlarda doğal lif katkılı PU polimer kompozitler üretmiştir. 30 mm kalınlıkta ve %20 odun lifi katkı oranında üretilen kompozit malzeme en yüksek ses absorpsiyon katsayısı vermiştir. Bu tip bir kompozit malzemenin herhangi bir alanda ses absorbe edici malzeme olarak kullanılabilmesi ileri sürülmüştür.

Razzaz, Mohebbi ve Rodrigue (2018) membran uygulamaları için köpük polimerden gözenekli içi boş lifler üretmişlerdir. Azodikarbonamid ve düşük yoğunluklu polietilen ekstrüzyon yoluyla birleştirilmiştir. Yüksek hücre yoğunluğu ve homojen hücre boyutu dağılımı elde edebilmek için şişirici gaz miktarı ve sıcaklık profili optimize edilmiştir. Daha yüksek hücre yoğunluğuna sahip membranların gaz geçirgenliğinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Tongtong, Shuming, Wenbo, Yebin ve Jiang (2019) çalışmalarında konvansiyonel açık hücreli PU köpüklerle PE lif katkılı PU köpüklerin akustik özelliklerini kıyaslamıştır. PE lif içeriği (0,1- 0,6 g) arasında değişen, PE lif katkılı PU köpüklerin ses absorpsiyonu özellikleri geliştirmek istenmiştir. Lif katkısının ses absorpsiyonuna etkisi ve katkı ile absorpsiyon katsayısı arasındaki ilişki incelenmiştir. PE lifin PU köpüğe eklenmesi ile özellikle düşük frekans bölgesinde (100-630 Hz) ses absorpsiyonu önemli ölçüde bir artış göstermiştir. 0,1 g PE lif katkısı optimum bir ses absorpsiyon yeteneği sağlamıştır. PE lif katkılı PU kompozitler, PU köpüğe göre daha yüksek ses emicilik katsayısı göstermiştir.

Wu ve diğerleri (2019) çalışmalarında poliester dokusuz yüzey kumaş, karbon kumaş ve esnek poliüretan köpüğün bileşiminden oluşan güç tutuşur sandviç kompozit kumaşlar üretmişlerdir. Poliester dokusuz yüzeyin gramajı ve güç tutuşur malzemenin katkı oranının kompozit yapıların mekanik özellikleri ve güç tutuşur özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Artan gramajla mekanik özellikler iyileşmiştir. Güç tutuşur malzemenin oranının artması da kompozit yapının güç tutuşur özelliğini olumlu etkilemiştir. Kompozit yapı yanmaz olarak nitelendirilmiştir.

Yan ve diğerleri (2020) yüksek elektriksel iletkenliğe sahip düşük yoğunluklu polietilen köpük elde etmek için, karbon siyahı, tek duvarlı karbon nanotüp ve LDPE kullanarak kompozit köpük üretmişlerdir. Köpüğün elektriksel iletkenliği, mekanik özellikleri, mikro yapısı, yoğunluğu ve kristalliği ayrıntılı olarak incelenmiştir. Karbon siyahı ve tek duvarlı karbon nano tüplerin birlikte kullanıldığında sinerjik bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. %19 CB and %0.05 SWCNT katkısıyla $2,88 \times 10^{-5}$ S/cm elektriksel iletkenlik elde edilmiştir.

Ati nzar-Navarro, Del Rey, Alba, S nchez-Morcillo ve Pic  (2020) geri d n st r lm ş poliüretan köpüklerle dokuma kumaşların bileşiminden oluşan kompozit yapının ses absorpsiyon özelliklerini incelemişlerdir. PU süngerler silindirik deliklerle delinmiş ve farklı dokuma kumaşlarla birleştirilmiştir. Perforasyon oranı ne kadar yüksek olursa, orta ve yüksek frekanslarda ses yutma değerleri o kadar düşük çıkmıştır. Aynı perforasyon oranı için, açıklık boyutu ne kadar büyükse, absorpsiyon değerleri biraz daha yüksek çıkmıştır. Dokuma kumaş ve delikli PU köpük kombinasyonu, deliksiz PU  rneklarine kıyasla 2 kHz civarındaki frekanslarda ses emme katsayısını değiştirmiş ve önemli  l de arttırmıştır. Deneysel sonuçlar, ses absorpsiyonunun kullanılan dokuma kumaşın tipine de biraz bağlı olduğunu kanıtlamıştır.

2.3. Isı Yalıtımı

Enerji kaynaklarının azalması ve küresel ısınmanın artmasıyla enerjinin daha verimli kullanımı her alanda ön plana çıkmaktadır. Dünya genelinde enerji tüketimi kişi başi %5 kadar artarken, ülkemizde son 25 yıldaki artış oranı %100 üzerindedir. Enerji tüketiminin çoğu yapılardaki ısıtma-soğutma sistemlerinden kaynaklanmaktadır ( lker, 2009). Türkiye’deki yapılarda sadece ısıtma için tüketilen yıllık enerji miktarı 200 kWh/m²’nin üzerindedir (Dilmaç ve Kesen 2003). Isı yalıtımı enerji ve atık tasarrufu ile dünyayı daha sağlıklı bir hale getirmeyi hedeflemektedir. Binaların ısı etkilerine karşi yalıtılmalarındaki amaç hem yaz hem de kış mevsimlerindeki ısı hareketlerinin sonucu ortaya çıkabilecek bina hasarlarını önlemektir.

Isı bir enerjidir ve farklı sıcaklıklara sahip ortamlarda Termodinamiğin ikinci yasası gereği ısı yüksek sıcaklıklı ortamdaki düşük sıcaklıklı ortama transfer olur (“Binaların Isı Yalıtımı”, 2017 ; “Yapılarda Isı Yalıtımı”, 2017). Farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı transferini azaltmak için yapılan bu işleme “ısı yalıtımı” denir. Başka bir deyişle ısı yalıtımı, kışın ısınmak yazın da serinlemek için harcadığımız enerji miktarını azaltmak için alınan önlemlerdir (“Isı Yalıtımı Sektör”, 2006).

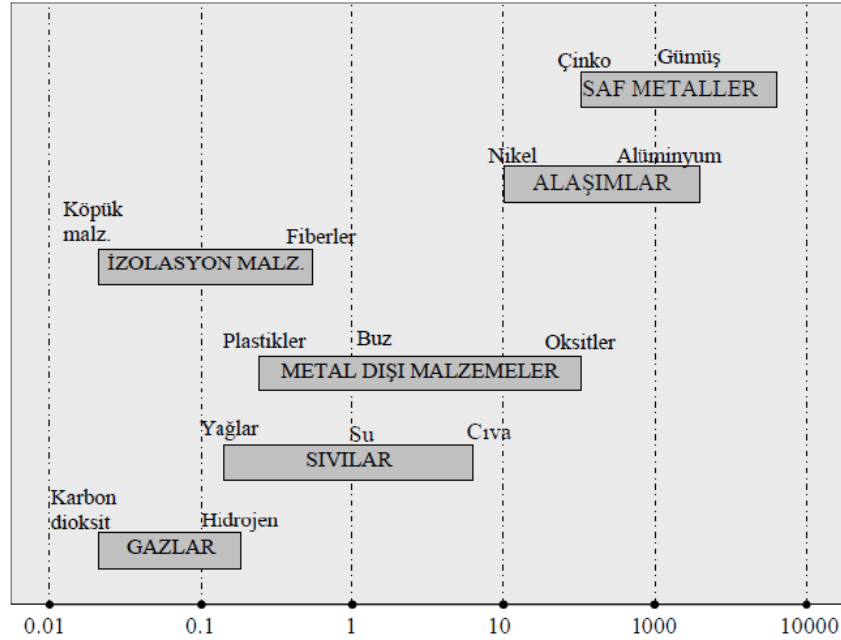
2.3.1. Isı transfer mekanizmaları

Isı transferi mekanizmalarını   başlık altında incelemek mümkündür. Bunlar; ısı iletimi (kondüksiyon), ısı taşınımı (konveksiyon) ve ısı ışıınımı (radyasyon)’dır.

Isı İletimi: İletim bir maddenin partikülleri arasındaki ilişki esnasında daha fazla enerjiye sahip partiküllerden daha az enerjiye sahip partiküllere enerji transferi olarak görülebilir (Kılıç ve Yiğit, 2008). Isı iletiminin temel denklemi (2.4) ile gösterilen Fourier Isı İletim Kanunu ile ifade edilir.

$$Q_x = -k A \left(\frac{\Delta T}{\Delta X} \right) [W] \quad (2.4)$$

k , ısı iletim katsayısı (W/mK) olup malzemenin önemli bir özelliğidir. A (m^2) ise malzemenin alanını ifade eder. Genel olarak katılar sıvılardan, sıvılar da gazlardan daha yüksek ısı iletim katsayısına sahiptir (Kılıç ve Yiğit, 2008). Çeşitli malzemelerin ısı iletim katsayısı değerleri Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Farklı malzemelerin ısı iletim katsayısı değerleri (Kılıç ve Yiğit, 2008).

Isı Taşınımı: Isınan havanın hareketinden kaynaklanan ısı akımıdır. Taşınım, ısınan malzemenin bünyesindeki boşluk çeperleri veya yüzeyinden iletim etkisiyle ısınan havanın yükselmesi ve soğuk havayla yer değiştirmesiyle gerçekleşir (Ülker, 2009). Taşınım ile transfer edilen ısının sıcaklık farkı ile orantılı olduğu bulunmuştur. Bu durumda, bir orantı sabiti tanımlanarak 2.5’teki denklem elde edilmiştir.

$$q_{taş} = \frac{Qt}{A} = h_m (T_y - T_{\infty}) \quad (2.5)$$

Bu eşitlik Newton'un Soğuma Kanunu olarak bilinir. h_m ortalama ısı taşınım katsayısı olarak tanımlanır. Isı taşınım katsayısının birimi $[W/m^2K]$ dir. $q_{taş}$ ise taşınım ile transfer edilen ısı akısıdır (Kılıç ve Yiğit, 2008).

Isı Işınımı: Isınan bir yüzeyden gelen kızılötesi ışınların ısıtıcı özellikteki enerjisinden kaynaklanan ısı akımıdır (Ülker, 2009). Maddenin ısı enerjisinden kaynaklanan ve birim yüzeyinden birim zamanda serbest bırakılan enerji yayınım gücü E ile gösterilebilir. Stefan-Boltzmann Kanunu yayınım gücünün alabileceği maksimum değeri belirtmektedir. Yüzeyden birim zamanda ve birim alandan net ışınım ile ısı transferi için (2.6)'daki denklem kullanılır.

$$q_{ışınım} = E \sigma_S (T_y^4 - T_{çevre}^4) \quad (2.6)$$

Bu eşitlik; birim zamanda ve birim alandan, yüzeyin ışıma ile kaybettiği enerji ile yüzeye gelen ışıma ile kazandığı enerji arasındaki farkı vermektedir. Birimi W/m^2 'dir. E materyali yaydığı ısı enerjisini, σ_S Stefan-Boltzmann sabitini ($5,67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$) ifade eder (Kılıç ve Yiğit, 2008).

2.3.2. Isı yalıtımının faydaları

Isı yalıtımı, enerji ve atık tasarrufu ile dünyayı daha sağlıklı bir hale getirmeyi hedeflemektedir. Isı yalıtımının faydalarından bir kısmına aşağıda yer verilmiştir:

- Binalarda mekanik ve elektrik sistemlerin kurulmasını en aza indirgeyerek doğal kaynak kullanımına bağlı enerji korunumuna yardım eder.
- Binada kullanılan işletme enerjisinden %50-70 oranında tasarruf edilmesini sağlar.
- Çevresel kazanç olarak hava kirliliğini azaltır.
- Kısıtlı enerji kaynaklarının daha uzun süre kullanılmasını sağlayarak gelecek nesillere katkıda bulunulmasını sağlar.
- Isıl konfor olarak iç hava kalitesini sürekli kılar.
- İşitsel konfor olarak; dış ortamdan ve komşu birimlerden gelen gürültüyü engelleyerek akustik yalıtım sağlanmasına yardımcı olur.

- Sıcaklık değişimlerinin yapı bileşenlerine zarar vermesini engelleyerek binanın ömrünü uzatır.
- Uygun malzeme kullanımıyla yangının geciktirilmesini sağlar, büyümesine engel olur (Al-Homoud, 2005).

2.3.3. Yapılarda ısı kazanç-kayıplar ve ısı yalıtımı gerektiren yerler

Binalarda istenen termal konfor şartlarını sağlamak için ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma amacı ile enerjinin önemli bir kısmı tüketilir (Maleki, 2011). Yapılarda ısı kayıpları; pencerelerden %15-20, tavadan %25, duvarlardan %25-30 ve döşemelerden %10 oranında gerçekleşmektedir. Çatı, döşeme ve dış duvarlar yalıtım malzemeleriyle uygun bir şekilde yalıtılarak enerji kaybı azaltılabilir. Termal konforu sağlayabilmek için ısı kazanç ve kayıplar dengelenmelidir. Bir yapıdaki ısı kazanç ve kayıplar aşağıda açıklanmıştır:

- Isıtma sisteminden elde edilen faydalı ısı,
- Elektrik ışıklarından, fırından, su ısıtıcılardan, bulaşık makinesi ve buzdolabı gibi motorlu ev makinelerinden dağılan ısı,
- Kullanıcıların yaydığı ısı,
- Pencere yüzeylerinden yayılan ısı,
- Duvar yüzeylerinden yayılan ısı (dış yüzeyden ışınlama emilim, iç yüzeye iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı akımı),
- Havalandırma yoluyla kapı ve pencere altındaki boşluklardan, açık camlardan, anahtar deliklerinden ve bacalardan kaybedilen ısı,
- Çatıdan taşınım yoluyla kaybedilen ısı,
- Döşemeden taşınım yoluyla kaybedilen ısı,
- Duvarlardan iletim yoluyla kaybedilen ısı,
- Pencerelerden iletim ve ışınlama kaybedilen ısı,
- Sıcak suyun drenajıyla kaybedilen ısı,
- Mekândaki suyun buharlaşmasıyla ve dışarıya kaçmasıyla kaybedilen ısı (Diamant, 1965).

2.3.4. Isı yalıtım malzemeleri

Isı yalıtım malzemelerini birbirinden ayıran en temel özellik ısı iletim katsayılarıdır (“Isı Yalıtımı Sektör”, 2006). Isı yalıtım malzemelerinin sahip olması gereken temel teknik özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

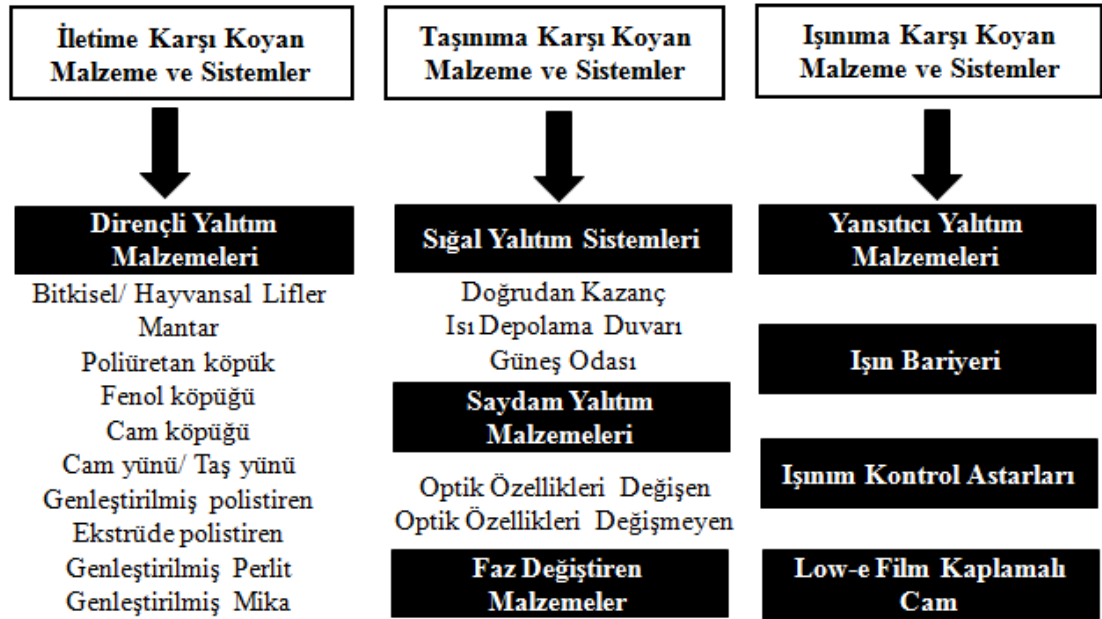
- **Isıl İletkenlik Katsayısı (W/mK):** Malzemenin ısı yalıtım değerini belirler, birbirine paralel iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı 1 °C olduğunda birim zamanda birim alan ve birim kalınlıktan geçen ısı miktarıdır.
- **Isıl Direnç (R) (m²K/W):** Isı yalıtımı yapılmasının amacı ısı kaybı ve kazançlarını önlemektir. Isı yalıtım malzemesinin bunlara karşı göstereceği dirençte büyük olmalıdır. Isı yalıtım sistemleri standartlarında (TS EN 13499), (TS EN 13500) ısı yalıtım sistemlerinden istenilen ısı direnç değeri 1 m²K/W ve üzeridir (Anonim, 2017).
- **Yoğunluk (kg/m³):** Isı yalıtım malzemenin bünyesel boşluklu yapıları gereği birim hacim ağırlığının düşük olması gerekmektedir. Isı yalıtım malzemelerinde, birim hacim ağırlığın az olması boşluk oranının yani ısı yalıtım özelliğini veren hareketsiz hava boşluklarının fazla olduğunu gösterir. Isı yalıtım malzemelerinde birim hacim ağırlık 10 – 500 kg/m³ arasında değişmektedir.
- **Buhar Difüzyon Direnci:** Buhar difüzyon direncinin hangi seviyede olacağı ısı yalıtım malzemesinin kullanılacağı yere göre belirlenir. Bazı koşullarda ısı yalıtım malzemesinin su buharını tamamen geçirmesi bazı koşullarda ise hiç geçirmemesi istenebilir. Buharın yoğunlaşması sonucu oluşacak nemlenme, malzemenin yalıtım özelliklerini yitirmesine sebep olur (Toydemir ve diğerleri, 2000).
- **Boyutsal Kararlılık:** Isı yalıtım malzemeleri, bilhassa dış cephelerde büyük ısı farklılıklarına maruz kalır bu sebeple boyutsal stabilite çok önemlidir (Anonim, 2017). Isı yalıtım malzemelerinde boyutsal kararlılık yüzdece ifade edilmekte olup ilgili standartlarla belirlenmektedir (Ülker, 2009).
- **Mekanik Dayanım:** Malzemenin basınca ve çekmeye dayanım gibi özelliklerini kapsar. Yalıtım malzemesinin zarar görmeden yükleri karşılaması gereken durumlarda yüksek basınç dayanımına sahip olması beklenir. Fakat bazı malzemeler basınç yükleri karşısında gösterdikleri esneme kabiliyetine sahiptir ve yapısını koruyarak yalıtım özelliklerini kaybetmez; bu durumda da yüksek basınç dayanımı beklenmez (Strother

ve Turner, 1990). Özellikle eğilmeden kaynaklanan çekilme gerilmelerinin karşılanabilmesi için ısı yalıtım malzemesinin yeterli bir çekme mukavemetine sahip olması gereklidir (Toydemir ve diğerleri, 2000).

- **Dayanıklılık:** Bu kapsamda malzemelerin suya, neme, kimyasal ve biyolojik etkilere karşı dayanım özellikleri önemlidir. Malzemelerin işlevlerini yerine getirebilmeleri için nemlenmemeleri ve ıslanmamaları gerekir. Malzemenin su ve neme dayanıklılığının belirlenebilmesinde standartlarca belirlenen birtakım ölçütler vardır. Kullanılacak malzemelerin maruz kalacağı kimyasal etkilere göre gerekli testler ve değerlendirmeler yapılmalıdır. Yapılarında parazit barındırmaması, küf oluşumuna izin vermemesi ve bunların etkisiyle de özelliklerini kaybetmemeleri gerekir (Toydemir ve diğerleri, 2000).
- **Sıcaklığa Dayanım ve Yangın Emniyeti:** Isı yalıtım malzemelerinin sıcağa ve soğuğa karşı uzun süreli azalmayan bir performans göstermeleri istenir (Anonim, 2017). Isı yalıtım malzemeleri yangın davranışlarına göre 3 farklı sınıfta ele alınırlar; hayvansal ve bitkisel kökenli malzemeler, mineral kökenli malzemeler ve polimer kökenli malzemeler. Hayvansal ve bitkisel kökenli malzemeler yanma sıcaklıklarına eriştiklerinde yanmaktadırlar. Mineral kökenli yalıtım malzemeleri 250 °C' ye kadar dayanabilmektedir. Genel olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklıdırlar, yangın halinde yapılarının bozulmasına rağmen yanıcı değildirler. Polimer kökenli ısı yalıtım malzemeleri ise sürekli kullanım sıcaklıkları genellikle 60 °C seviyesinde olan, 120 °C' den sonra ayrışmaya, sonrasında zehirli gaz çıkarmaya, daha sonra da yanmaya başlayan malzemelerdir (Gürdal, 1998).
- **Ekolojik Uygunluk:** Isı yalıtım malzemeleri gerek üretim esnasında gerekse sonrasında çevreye (çevre ve ekosistem) zarar vermemeli, temas halinde de insan sağlığına zararlı olmamalıdır. Mümkün olduğunca az enerji tüketimi gerektirmesi beklenir.
- **Ekonomiklik**
- **Uygulama Kolaylığı**

Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılmasında literatürde pek çok farklı yaklaşım mevcuttur. Bunlara örnekler verecek olursak: Crone (1956), ısı yalıtım malzemelerini düşük yoğunluklu düşük iletkenlikli ve yansıtıcı ısı yalıtım malzemeleri olmak üzere iki başlık altında sınıflandırmıştır. Neğiş (1988) ısı yalıtım malzemelerini malzemenin yapısına ve malzemenin yapıldığı esas maddeye göre sınıflandırmıştır. Toydemir ve ark.

(2004) ısı yalıtım malzemelerini doğada varoluşlarına ve bünyesel yapılarına göre sınıflandırmıştır. Papadopulos (2005), ısı yalıtım malzemelerini inorganik, organik, kombine ve yeni teknoloji malzemeler olarak sınıflandırılmıştır. Ülker (2009) ise tez çalışmasında bu sınıflandırmalar ve diğer burada bahsedilmeyen sınıflandırmaları da baz alarak yeni bir sınıflandırma oluşturmuştur. Isı yalıtım malzemelerini; iletme karşı koyan malzemeler ve sistemler, taşınma karşı koyan malzemeler ve sistemler, ışınım karşı koyan malzemeler ve sistemler olmak üzere üçe ayırmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması (Ülker, 2009).

2.3.5. Tekstilde ısı yalıtımı uygulamalarıyla ilgili son çalışmalar

Matusiak ve Sikorski (2011) çalışmalarında farklı desende, farklı lineer yoğunluğa sahip çözümlü ve atkı pamuk ipliklerden dokunmuş kumaşları incelenmiştir. Kumaş yapısının termal izolasyon özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Ölçüm sonuçlarından ısı absorplama kapasitesi en iyi olan numune bezayağı numune olup kumaş gramajı artışıyla ısı absorplama kapasitesinin arttığı görülmüştür.

Canbolat (2013) tez çalışmasında binalarda ısı ve ses izolasyonu için kullanılacak duvar kumaşı üretimi amaçlamıştır. Kanallı poliester elyaf kullanılarak dokusuz yüzey,

polipropilen ve içi boş polipropilen elyaf kullanılarak elde edilen tekstüre ipliklerden ise bez ayağı desenine göre yüzeyler oluşturulmuştur. Bu iki farklı yüzey adhesiv madde ile birleştirilmiştir. Bu yapıya 3 farklı konsantrasyonda ve 2 farklı boyutta ponza taşı tozu aktarılmıştır. Duvara adhezyon için de çift katmanlı yüzeyin bir tarafı adhesiv bir madde ile kaplanmıştır. Ponza taşı tozu miktarı ile katmanlı yapının ısı iletim katsayısının düştüğü gözlenmiştir. Katmanlı yapının insan kulağının en hassas olduğu 3000 Hz frekanstaki sesin %58-29 oranında absorplandığı görülmüştür.

Manasoğlu (2014) tez çalışmasında farklı konsantrasyonlarda ve farklı tanecik boyutlarına sahip selüloz tozları ile kaplanan polyester kumaşların ısı ve ses yalıtım özelliklerini incelemiştir. Kaplamalı kumaşların özellikle orta ve yüksek frekanslarda ses yutma davranışının belirgin şekilde geliştiği ve genelde ısıl iletkenlik değeri düşük kaplamaların elde edilebildiği görülmüştür.

Van Amber, Wilson, Laing, Low ve Niven (2015) çalışmalarında çorap kumaşlarında; lif türü, iplik türü ve kumaş yapısının termal direnç, su buharı direnci, ısıl iletkenlik ve su buharı geçirgenliği ve sıvı emme kapasitesi üzerine etkisini incelemiştirlerdir. Bu özellikler üzerinde en fazla etkisi olan parametre kumaş yapısıdır. Havlu kumaşlar en çok termal ve su buharı direncine sahip çıkmıştır.

Afzal ve diğerleri (2017) çalışmalarında poliester/pamuk çift katlı örme interlok kumaşlarda çeşitli kumaş parametrelerinin termal direnç, termal iletkenlik, termal soğuruculuk ve termal yalıtım özelliklerine etkisini incelemiştirlerdir. Daha yüksek özgül ısı ile elyaf içeriği arttıkça kumaşın ısıl geçirgenliği azalmıştır. İplik numarası, ilmek uzunluğu ve kumaş kalınlığı ile kumaşların termal yalıtım değeri doğru orantılı çıkmıştır.

Abreu, Catarino ve Tama (2018) spor giysilerde kumaş özelliklerinin termal yalıtım özelliklerine etkisini incelemiştirlerdir. İki farklı lif kombinasyonu ve yedi farklı örgü tipi seçilerek uzun kollu tişörtler üretilmiştir. Her bir tişört için toplam ve efektif giysi yalıtım değeri hesaplanmıştır. Isı kaybı değeri için vücut bölgelerine göre karşılaştırılması ve ayrıca etkili giysi izolasyonları için karşılaştırmalar yapılmıştır. Vücut bölgelerine göre ısı akışı belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, kullanıcı konforunu ve performansını

artırmak için üretilen kumaşlar birleştirilerek yeni bir gömlek tasarımı sunulmuş ve önerilmiştir.

Yang, Wang, Liu, Cheng ve Li (2019) koaksiyel yaş çekim yöntemiyle selüloz asetat/poliakrilik asit içi boş lif hazırlayarak, ardından ipek fibroin çözeltisini içi boş liflere enjekte ederek termal yalıtım uygulamalarına yönelik lif üretmişlerdir. Bu liflerden oluşan mat, 20 ile 100 °C aralığında mükemmel termal yalıtım özelliği göstermiştir. Yazarlar bu liflerin yüksek performanslı giyilebilir ısı yalıtım malzemeleri geliştirmek için alternatif bir malzeme olduğunu ileri sürmüştür.

Pakdel ve diğerleri (2020) pamuklu kumaşlara değişen oranlarda titanyum dioksit ve içi boş cam mikroküre kaplamıştır. Kaplamalı kumaşların termal yalıtım özelliklerinin yanı sıra, alev geciktirici özelliği, UV koruma dayanımı ve akustik performansı incelenmiştir. Termal yalıtım özellikleri hem termal infrared görüntüleme yöntemiyle hem de buğuya karşı korunmuş kızgın plaka deneyi (sweating guarded hot plate test) ile değerlendirilmiştir. Pamuklu kumaş üzerindeki içi boş cam mikro kürelerin varlığı termal yalıtım değerini %78 oranında arttırmıştır.

2.4. Ses Yalıtımı

2.4.1. Ses ile ilgili temel kavramlar

Ses, fiziksel bir etki ile titreşen bir kaynaktan çıkan, maddesel ortam koşullarında yayılan ve insan kulağınca algılanabilen basınç dalgalarıdır (Özkan, 2001). İnsan kulağı 20 Hz ile 20.000 Hz arasındaki sesleri işitebilir. Sesin işitilebilmesi için şiddetinin belli bir düzeye erişmesi gerekir. İnsan sesleri 250-500-1000-2000 Hz' lik frekanslarda yer alır ("Ses Yalıtımı", 2017). Sesin iletilmesi için mutlaka bir hava ortamı gereklidir. Hava olmayan bir mekânda ses iletilemez. Ses dalgaları; farklı ortamlarda farklı hızlarda yayılır. Örneğin ses dalgalarının havadaki yayılma hızı 344 m/s iken suda 500 m/s, betonarme bir elemanda ise 3000-3500 m/s'dir ("İnşaat Teknolojisi Ses", 2017). Ses ile ilgili temel kavramlar aşağıda sıralanmıştır:

- Frekans: Ses dalgalarının saniyedeki titreşim sayısına "frekans" denir. Birimi Hertz (Hz) 'dir ("İnşaat Teknolojisi Ses", 2017). Canlıların duyduğu ses frekans aralıkları

birbirinden farklıdır. İnsan kulağının en hassas olduğu frekans aralığı 1000-4000 Hz’dir. Gürültü ile oluşan işitme kayıpları da önce bu bölgede başlar.

- Periyot: İki sıkışma veya gevşeme bölgesi arasındaki zamana veya bir titreşim için geçen süreye “periyot” denir. Birimi saniyedir (Demirkale, 2007). Periyodun tersi frekanstır.
- Dalga boyu ve genlik: İki sıkışma veya iki gevşeme bölgesi arasındaki mesafeye “dalga boyu” denir. λ ile ifade edilir, birimi metre (m)’dir. Böylece sabit bir c hızında hareket eden dalga T zamanında $\lambda = c / f$ kadar yol kat edecektir. Bir ses titreşiminde genliğin azlığı veya çokluğu ses şiddetinin azlığı veya çokluğu anlamındadır. Frekansı değişmeyen bir titreşimde, genliğin artması ile aynı süre içinde elementler daha fazla yol kat edeceklerinden, elementlerin genlik atılım hızının (titreşim hızı) artması, ses titreşimini meydana getiren enerjinin artması, bu da ses şiddetinin artması demektir (“İnşaat Teknolojisi Ses”, 2017).
- Ses şiddeti ve ses basınç seviyesi: Ses alanı içinde verilen bir noktada, belirli bir doğrultu içindeki birim alandan geçen akustik gücün ortalama miktarına ‘ses şiddeti’ denir. Birimi Watt/cm^2 ’dir (Demirkale, 2007). Ses yayılması sırasında değişen atmosferik basıncın referans ses basıncına ($20 \mu\text{Pa}$) göre farkına ‘ses basınç seviyesi’ denir. Ses basınç seviyesinin birimi desibel (dB)’dir (“İnşaat Teknolojisi Ses”, 2017).

2.4.2. Gürültü

Ses dalgası gelişigüzel bir spektrumda yer alıyorsa, başka bir deyişle istenmeyen bir ses ise buna gürültü denir (“Ses Yalıtımı”, 2017). Gürültü düzensiz yapılı, farklı frekans bileşenlerine sahip ve genellikle zamana göre değişken olan istenmeyen ses topluluğudur. Gürültü olarak adlandırılan sesler genellikle 60 Hz- 4000 Hz frekans aralığı ve 60-130 dB aralığında kabul edilmektedir (Özkan, 2001).

Endüstrileşme sürecinin hızlı gelişimi ile, gürültü kirliliği günlük yaşamı ciddi şekilde etkilemiş ve insanların fiziksel ve zihinsel sağlığına önemli ölçüde zarar vermiştir (Black, 1986; Goines ve Hagler, 2015). Yüksek düzeyde çevresel gürültüye uzun süre maruz kalmanın, yalnızca baş dönmesi, baş ağrısı ve işitme bozukluğu gibi sağlık sorunlarına neden olmakla kalmayıp, aynı zamanda depresyon, sinirlilik, hipertansiyon,

kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve uyku bozukluğu gibi sayısız zararlı sağlık etkilerine de katkıda bulunduğuna dair güçlü kanıtlar vardır (Basner ve diğerleri 2014; Taban, Mortazavi, Vosoughi, Khavanin, ve Asilian Mahabadi, 2017; Talebi, Soltani, Habibi ve Latifi, 2019).

Gürültüyle mücadele metotları “akustik düzenleme” ve “ses yalıtımı” olmak üzere ikiye ayrılır (“Ses Yalıtımı”, 2017).

Akustik düzenleme genellikle işitsel konforun önemli olduğu, bireylerin dinleme ya da dinleme ve izleme eylemleri içinde oldukları ortamlarla, ses kayıt işlemlerinin gerçekleştirildiği ortamlarda yapılması öngörülen çalışmalardır (Özkan, 2001). Ses yalıtımı ise; yapı elemanları vasıtasıyla iletilen seslerin miktarını azaltmak için yapılan işlemdir. Ses yalıtımı uygulamalarında ses kaynağı çoğunlukla uygulamanın yapılacağı hacmin dışındadır (“İnşaat Teknolojisi Ses”, 2017). Yapı elemanlarında sesin iletimi ve yayılımı hava doğuşumlu ve darbe kaynaklı olmak üzere iki yolla olmaktadır. Ses dalgaları hava içerisinde hareket ederek ulaştıkları yapı elemanının titreşmesine neden olur. Titreşimler yapı elemanı içerisinde ilerleyerek veya yapı elemanında bulunan çeşitli boşluklardan geçerek ses kaynağına komşu olan hacme iletilir. Tipik hava doğuşumlu ses iletimine örnek olarak konuşma, müzik dinleme vb. faaliyetler verilebilir. Bir nesnenin yapı elemanına (duvar, tavan veya döşeme) çarpması sonucu, yapı elemanının her iki yüzeyi de titreşerek ses dalgası üretir ve darbenin olduğu hacmin dışındaki diğer hacimlere ses iletilir. Tipik darbe kaynaklı ses iletimine örnek olarak ayak sesleri, zıplama, eşyaların düşürülmesi, sürüklenmesi vb. faaliyetler verilebilir.

2.4.3. Ses yalıtımının faydaları ve uygulama alanları

Ses yalıtımının faydaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Gürültünün zararlı etkilerinden koruyarak, sağlıklı ve konforlu yaşam alanlarının oluşturulmasını sağlar.
- Çalışanların iş veriminin artması ve iş kazalarının azaltılmasını sağlar.
- Dünya Sağlık Örgütü tarafından yapılan araştırmalar sonucunda gürültünün çocuklarda uzun dönemli hatırlama ve kavrama yeteneklerinin azalmasına neden

olduğunu ortaya koymaktadır. Ses yalıtımı, gürültünün eğitim kalitesini azaltıcı etkisini ortadan kaldırır.

Ses yalıtımının uygulandığı yerler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Konutlar, okul, hastane, yurt, otel, iş yeri gibi, gürültünün zararlı etkilerinden korunması gereken alanların duvar, döşeme, çatı, kapı, pencere ve tesisat elemanlarına,
- Çevreye yaydıkları gürültünün önlenmesi gereken jeneratör, hidrofor, kalorifer dairesi gibi alanların ve yüksek ses düzeyine sahip eğlence yerleri vb. mekânların duvar, döşeme, tavan, pencere, kapı ve tesisat elemanlarına,
- Sinema, tiyatro, konser ve konferans salonu, TV ve ses kayıt stüdyosu gibi kullanım koşulu sese bağlı alanların duvar, döşeme, tavan, kapı, pencere ve tesisat elemanlarına yapılmalıdır (“İnşaat Teknolojisi Ses”, 2017).

2.4.4. Ses yalıtım malzemeleri

Katı cisimler kütleleriyle ses geçişine karşı direnç gösterirler. Yapı elemanlarının kütleleri arttıkça titreşerek ses iletmeleri zorlaşır. Bu nedenle birbiriyle temas halindeki iki cisim arasında ses geçişinin azaltılması için hacimlerin arasındaki ortak yüzeyin mümkün olduğunda ağırlaştırılması gerekir. Bu prensibe “Kütle Kanunu” denir. Bitişik iki hacmin arasındaki yapı elemanının titreşerek ses geçişine neden olmaması için izlenebilecek diğer yöntem ise ortak yapı elemanının birbiri ile temas etmeyecek şekilde iki katmandan oluşturularak bölünmesi ve araya yay görevi görecektir ses yutucu malzemelerin yerleştirilmesidir. Böylelikle birinci katmandan kısmen geçebilen ses dalgaları ses yutucu malzemenin içerisinden geçerken büyük ölçüde yutulur ve ikinci katmanında kütesinden kaynaklanan dirence maruz kalarak ses geçişi azaltılır. Bu prensibe “Kütle- Yay- Kütle Kanunu” denir.

Hava doğuşumlu seslerin iletiminin kütle-yay-kütle prensibi ile azaltılması için; iki kütle arasında yay görevi gören ses yutucu malzemelerin bünyelerinde, havanın geçebileceği boşluklar bulunmaktadır. Hava doğuşumlu sesler; açık gözenekli yapıya sahip olan ses yutucu malzemelere nüfuz ettiklerinde, bu iç boşluklara doğru ilerler. Ses enerjisinin bir

kısmı; bu boşluklarda ilerlerken sürtünme ve malzemelerdeki küçük elyafların titreşimi nedeniyle ısı enerjisine dönüşerek kaybolur. Ses dalgasının malzeme bünyesine aldığı yol arttıkça (malzeme kalınlığı) yutulan ses enerjisi de artar. Bu tür ürünlere cam yünü, taş yünü, süngerler, yumuşak poliüretan köpüğü, ahşap yünü örnek olarak verilebilir.

Bir cismin bir yüzeye çarpması ile oluşan darbe kaynaklı sesler; katı ortamdaki moleküllerin titreşmesine neden olarak ses iletimine neden olurlar. Darbe kaynaklı seslerin bina içerisinde yayılmasının kütle-yay-kütle prensibi ile önlenmesi için; darbenin meydana geldiği ortamdan sesin titreşim yoluyla diğer katı yapı elemanlarına aktarımının önüne geçilmesi gerekir. Bu amaçla darbenin meydana geldiği ortamın diğer yapı elemanları birbirinden ayıran belirli miktarlarda sünebilen elastik yapısıyla yay görevi gören ses yutucu malzemeleri kullanılır. Bu tür ürünlere polietilen köpüğü örnek olarak verilebilir (“İnşaat Teknolojisi Ses”, 2017).

2.4.5. Gözenekli malzemelerle ses yutumu

Ses yutucu malzemeler endüstriyel salonlarda ve binalarda, refahı ve yaşam kalitesini iyileştirmek için gürültü kontrol tekniklerinden biri olarak kullanılmaktadır (Berardi and Iannace, 2015; Jayamani ve Hamdan, 2013; Soltani ve Zerrebini, 2012; Yang ve Moon 2019). Genel olarak bu akustik malzemeler tanecikli, hücreli ve lifli yapılar olarak sınıflandırılır. Lifli ses yutucular temel olarak sentetik (organik ve inorganik) ve doğal (hayvansal, bitkisel veya mineral bazlı) lifler olarak sınıflandırılabilir (Jawaid ve Abdul Khalil, 2011).

İyi akustik özellikler elde etmek için malzemelerin gözenekli yapıda olması gerekir. Gözenekli malzemeler, sesin matrislerine girmesine ve dağılmasına izin verir. Ses dalgaları gözenekli malzemelere girdiğinde, gözeneklerdeki hava molekülleri titreşerek ses enerjisini termal ve viskoz ısıya dönüştürür (Berardi ve Iannace, 2015). Düşük frekanslarda, bu enerji izotermal proses tarafından dağıtılır ancak yüksek frekanslarda enerji adyabatik süreç tarafından kaybedilir (Berardi ve Iannace, 2015; Berardi ve Iannace 2017). Sonuç olarak, düşük frekansta düşük miktarda ses emilir, ancak yüksek frekansta

absorpsiyon daha yüksektir, bu da düşük frekanslarda düşük ses absorpsiyon katsayısına neden olur.

Çeşitli ses yutucu malzemeler arasında tekstiller, hafiflikleri, yüksek işlenebilirlikleri ve ucuz maliyetleri nedeniyle geleneksel gözenekli malzemelere umut verici bir alternatif olarak kabul edilmektedir. Yüksek frekans bandında iyi ses absorpsiyon özellikleri nedeniyle gürültü azaltma ve titreşim kontrolünde tekstilden ses yutucu malzemelerin uygulanabilme aralıkları artış göstermektedir (Li, Chang, Liu ve Tian, 2014). Yapısı gözenekli olan lifli tekstil ürünleri sesi emer ve iyi ses absorplama malzemesi olarak kullanılabilir (Patnaik, 2016). Tekstiller ses yutucu malzeme olarak genelde dokusuz yüzey, dokuma veya örme kumaş olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ses yutucu tekstil malzemeleri olarak çoğunlukla dokusuz yüzey veya keçe ürünlere karşımıza çıkmaktadır. Dokuma kumaşların kalınlıklarının dokusuz yüzey veya lif bazlı keçe ürünlere kıyasla daha az olması nedeniyle ses absorplama özellikleri nispeten daha zayıftır (Tang, Zhang, Zhuang, Zhang ve Yan, 2018). Kumaşların akustik özellikleri, hazırlama yöntemine, doğasına, liflerine ve gözenekliliğine, iplik yoğunluğuna ve nem koşullarına bağlı olarak değişebilir (Kang Lee, Lee, Choi ve Shin, 2018). Tekstil malzemelerinin akustik özellikleri aynı zamanda kumaşın mekanik özelliklerine ve üretim sürecine de bağlıdır.

Ses yutumuna etki eden faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- **Lif inceliği:** Düşük numaralı liflerde materyalin birim ağırlığındaki lif miktarı artarken, daha büyük lif toplam yüzey alanı oluşur ve yapıdaki liflerin ses dalgalarıyla temas etme olasılığı yükselir (Tascan ve Vaughn, 2008).
- **Lifin enine kesit şekli:** Farklı lif enine kesit şekilleri farklı yüzey alanları oluşturur. Düzensiz lif enine kesit şekilleri, lifler ve hava arasındaki sürtünmeyi dolayısıyla ısı etkileri artırdığı için ses yutum kabiliyeti de artar (Yılmaz, 2009).
- **Gözeneklilik:** Gözenekli malzemelerin ses yutum mekanizmaları incelenirken gözeneklerin sayısı, büyüklüğü ve çeşidi göz önünde bulundurulmalıdır. Sürtünme etkisiyle, sesin yayılmasına izin vermek için ses dalgasının gözenekli malzemenin içine girmesi gerekir. Malzeme yüzeyinde yeteri kadar gözenek olması halinde ses, gözenek içerisinden geçer ve titreşim azalır (Seddeq, 2009).

- **Hava akış direnci:** Yapıda bulunan lifler, ses dalgalarının hareketine karşı sürtünmeyle direnç oluştururlar. Materyal birim kalınlığındaki hava akış direnci materyalin gözenek büyüklüğünün karesiyle ters orantılıdır (Seddeq, 2009).
- **Kalınlık:** Materyal kalınlaştıkça düşük frekanslarda ses yutum katsayısı artmış, yüksek frekanslarda kalınlık arttıkça ses yutum katsayısında önemli bir değişim olmamıştır (Jayaraman, 2005).
- **Yoğunluk:** Materyal yoğunluğunun artması, orta ve yüksek frekanstaki ses yutum değerini artırır. Birim alandaki lif sayısı arttıkça materyalin görünür yoğunluğu da büyür. Yüzey sürtünmesi arttıkça enerji kaybı artar, bu da ses yutum katsayısını artırır (Seddeq, 2009).

2.4.6. Tekstilde ses yalıtım uygulamalarıyla ilgili son çalışmalar

Silva ve Magalhaes (2008) çalışmalarında inşaat sektöründe kullanılmak üzere çok katmanlı malzemelerin akustik özelliklerini incelemişlerdir. Hindistan cevizi lifleri sıkıştırılarak 20 mm kalınlığında bir lif tabakası elde edilmiş, bu tabaka 5 mm ve 10 mm kalınlığa sahip köpük malzeme ile farklı kombinasyonlar halinde birleştirerek çok katmanlı malzemeler hazırlamıştır. Ses yutum katsayılarının ölçümü ASTM E 1050 standardına göre 200- 3000 Hz frekans aralığında yapılmıştır. Ayrı ayrı ölçüldüklerinde ses yutuculuğu %25 ile %35 arasında değişim gösteren malzemeler, birlikte kullanıldıklarında %100'e yakın bir ses yutuculuğu göstermişlerdir.

Küçükali (2010) tez çalışmasında akustik özellikleri geliştirilmiş örme kumaş tasarımı ve bunların otomotiv endüstrisinde kullanımını hedeflenmiştir. Farklı hammadde ve iplik çeşitlerinden farklı kalınlıklarda ve örgü tipinde kumaş numuneleri üretilmiştir. Öncelikle hammadde sabit tutularak örgü tipindeki değişikliklerin kumaş ses yutum özelliği üzerine etkisine bakılmıştır. Kumaş kalınlığındaki ve yoğunluğundaki artış kumaş ses yutum özelliğini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Kumaşa uygulanan boyama ve yıkama işlemi kumaşın yoğunluk, kalınlık ve sıklık gibi yapısal özelliklerinde artış sağlamıştır. Bu doğrultuda kumaş ses yutum özelliği iyileşmektedir. Kullanılan iplik yapısının kumaş ses yutum özelliği üzerindeki etkisi görmek için, test edilen frekans aralıklarında en iyi ses yutum katsayısı değerlerine sahip örme kumaş seçilmiştir. Bu

kumaş 3 farklı yapıda polyester ipliği kullanılarak örülmüştür. Yapılan deneyler sonucunda polyester iplik yapısı olarak puntalı iplik kullanılmasının kumaş içerisindeki boşluklu yapıyı çıplak gözle dahi fark edilebilir bir şekilde azalttığından en iyi ses yutum özelliği sağladığı görülmüştür. Kullanılan lif tipinin kumaş akustik özelliği üzerindeki etkisi görmek için, test edilen frekans aralıklarında en iyi ses yutum katsayısı değerlerine sahip örme kumaş seçilmiştir. Bu kumaş son iplik numarası aynı olan farklı hammaddede iplikler kullanılarak örülmüştür. Yapılan deneyler sonucunda kullanılan lif tipinin kumaş ses yutum özelliği üzerinde etkisi olduğu görülmüş ve en yüksek ses yutum performansını % 100 akrilik lifinden olan kumaş göstermiştir.

Abdelfattah, Ghalia ve Eman (2011) araç içi gürültüyü önleme amaçlı otomobil iç bileşenlerinde kullanılacak poliester ve içi boş poliester liflerinden oluşan üç farklı lif karışım oranında farklı gramajlarda dokusuz yüzeyler üretmiştir. Yüksek oranda içi boş liflerle üretilen numuneler en yüksek ses yutma oranlarını kaydederken, %100 polyester liflerle üretilen numuneler en düşük ses yutum katsayısına sahiptir. Ayrıca kumaş gramajı ile ses yutma verimi arasında doğrudan bir ilişki olduğu da tespit edilmiştir.

Süvari, Ulçay, Maze ve Pourdeyhimi (2013) çalışmalarında deniz ada bikomponent liflerden üretilen dokusuz yüzeylerin ses emicilik davranışını araştırmışlardır. Ada polimeri olarak poliamid 6, deniz polimeri olarak polietilen kullanılmıştır. 1, 7, 19, 37 ve 108 olmak üzere beş farklı ada sayısı kullanılmış, ada sayısının ses emicilik davranışı üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar fibrilasyon derecesinin ve ada sayısının yüzeylerin ses emicilik davranışını etkilediğini göstermiştir. Ada sayısı arttıkça ses emilimi artmıştır. Yüzeylerin, özellikle düşük frekanslı uygulamalarda iyi bir absorblayıcı malzeme olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Süvari, Ulçay ve Pourdeyhimi (2019) çalışmalarında hafif ve lifli deniz ada bikomponent lif üretimiyle üretilen dokusuz yüzeylerin akustik uygulamalarda kullanımını amaçlamıştır. Devamında deniz polimeri dokusuz yüzeylerden uzaklaştırılmıştır. Numunelerin ağırlık, kalınlık, hava geçirgenliği, gözenek boyutu ve ses absorpsiyon katsayıları deniz polimerinin uzaklaştırılmasından önce ve sonra ölçülmüştür. Sonuçlar, deniz polimerinin uzaklaştırılmasıyla bikomponent filament fibrilasyonunun daha fazla

olduğu ve bunun ses emilimini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Ada liflerinin daha fazla olduğu yapı daha iyi akustik özellik göstermiştir.

Süvari ve Dulek (2019) alışmalarında poliester dokuma kumaşların ses absorpsiyon özelliklerine şardonlama işleminin etkisini incelemiştir. Farklı yapı ve parametrelerde dokuma kumaşlar üretilmiş ve bir ila 3 kez şardonlama işlemine tabi tutulmuştur. Birinci şardonlama işleminden sonra kumaş yüzeyleri hızlı bir değişim göstermiş, yapının kalınlığı artmış ve hacimli bir görünüm kazanmıştır. İki şardon geçişine kadar, kumaş yapısındaki elyaf hacminin oranı ve kumaşların hava akımı direnci önemli ölçüde azalmıştır. Sonuç olarak daha düşük katı hacim oranına ve hava akış direncine sahip şardonlanmış kumaşlar daha yüksek frekanslarda ses emme performansının daha iyi olduğu lifli malzemelerin absorpsiyon karakteristik eğrilerini göstermiştir.

Atiénzar-Navarro, Bonet-Aracil, Gisbert-Payá, del Rey ve Picó (2020) emdirme tekniği ile mikro kapsülasyon yapılan dokuma kumaşların akustik özelliklerini incelemektedir. Aynı mikrokapsül konsantrasyonuna sahip altı farklı dokuma kumaşın ses sönüleme etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar, katkılı dokuma kumaşların ses yutma katsayısındaki değişimin kumaş tipine, mikrokapsül konsantrasyonuna ve deney düzeneğine bağlı olduğunu göstermektedir.

Chen ve diğerleri (2020) kabak lifi atıklarından ve çevre dostu poliester liflerinin sıcak pres yöntemiyle birleştirilmesinden elde edilen kompozit yapıların ses absorplama özelliklerini incelemiştir. Sonuçlar, polyester elyaf yüzeyinin çok sayıda gözenekli yapı ile daha pürüzlü hale geldiğini ve sıcak preslemeden sonra üç boyutlu bir ağ oluşturduğunu ortaya koymuştur. Kompozitlerin kalınlığı arttıķa ses yutum katsayıları artış göstermiştir.

Süvari (2020) üç farklı atkı sıklığı ve dört farklı iplik numarasında atkı ipliği kullanarak ürettiği dokuma kumaşların örtme faktörü ve gözeneklilik parametreleri ile ses yutuculuk davranışları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kalın numaralı iplik kullanımı ve kumaştaki artışı gözenek oranında düşüşe sebep olmuş, daha küçük gözeneklere sahip olan dokuma kumaşların hava geçirgenlik değerleri de düşük çıkmıştır. Hava geçirgenlik değerlerinin

azalması da daha yüksek ses yutuculuk katsayısı elde edilmesine neden olmuştur. Örtme faktörünün artması da benzer şekilde kumaşların ses yutuculuk performansını arttırmıştır.

Li ve diğerleri (2020) düz, dimi ve petek örgülü dokuma kumaşların yapısal parametrelerinin ses absorpsiyonuna etkisini incelemişlerdir. Kumaş ses emme performansı ile kumaş kalınlığı, yüzey yoğunluğu ve gözeneklilik arasında önemli bir korelasyon olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuç dokuma kumaşların ses absorpsiyon mekanizmasının dokusuz yüzey ya da keçe gibi yapılardan farklı olabileceğini göstermiştir. Gözenek özellikleri dokuma kumaşların akustik özelliklerini etkileyen önemli faktörler olmasına rağmen, gözenek özelliklerinin tek başına tekstillerin akustik absorpsiyonuna etki ettiğinin söylenmesinin doğru olmayacağını, gözeneklerin boyutunun ve şeklinin de dokuma kumaşların ses emme performansı üzerinde önemli bir rol oynayabileceğini ileri sürmüşlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

İç içe bikomponent monofilamentlerin üretiminde dış (sheath) kısım için polipropilen (PP) polimeri, iç (core) kısım içinse belli katkı oranlarında düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) köpük ve PP polimeri seçilmiştir. Ayrıca iç içe bikomponent yapısının ve ayrımının optik mikroskop görüntülerinde net gözlemlenebilmesi adına iç kısımda %1 oranında farklı renklerde boyalı polietilen (PE) cips kullanılmıştır. Monofilament bikomponent lifin dış ve iç bölümleri için kullanılan bu polimerlerin bazı özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan polimerlerin bazı özellikleri

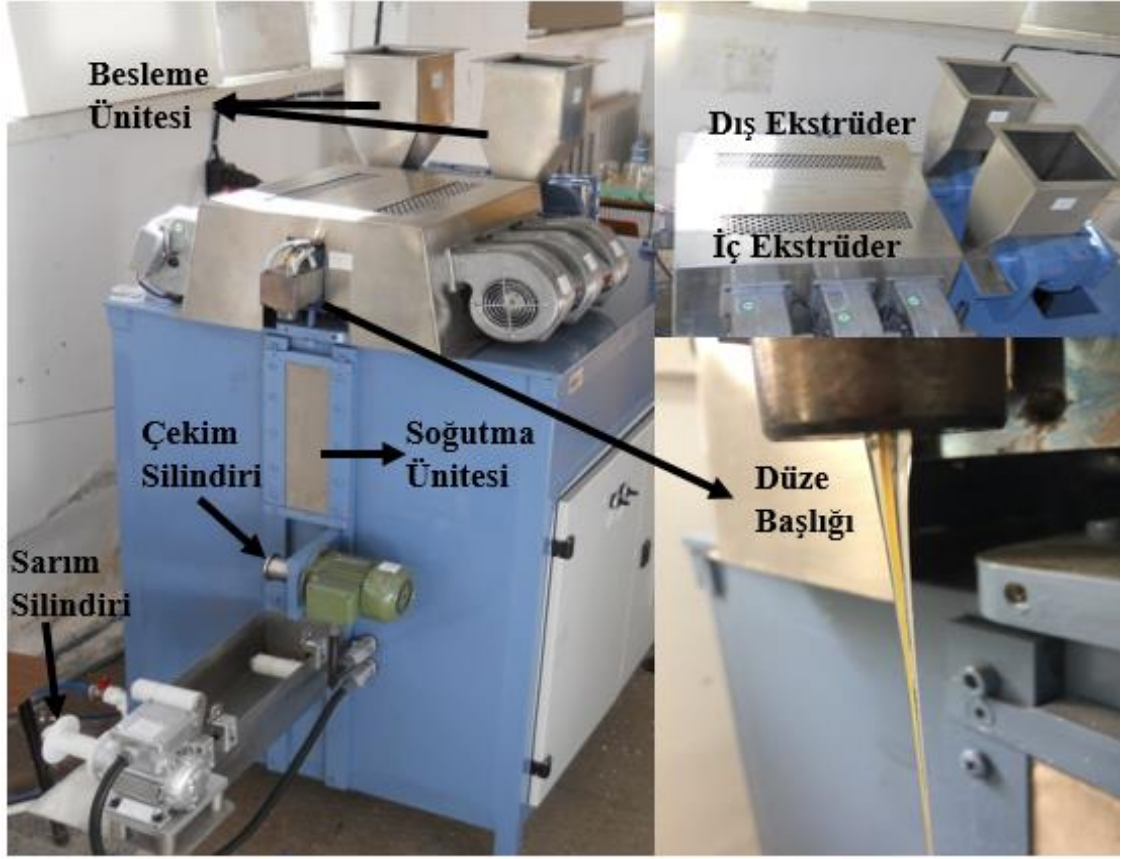
Polimer	Özellik	
Polipropilen cips	Tedarikçi Firma	PETKİM A.Ş
	Erime Sıcaklığı	163 °C
	Erime Akış Hızı (MFR), (2160 g, 230°C)	4,7 g/10 dk.
	Yoğunluk	0.905 g/cm ³
LDPE Köpük Polimer	Tedarikçi Firma	DURFOAM
	Hücre Yapısı	Kapalı
	Yoğunluk	0,03-0,04 g/cm ³
	Erime Sıcaklığı	190-195 °C
	Şişirici Gaz	Azot
	Şişirici Gaz Oranı	%5

Polipropilen polimeri düşük yoğunluk, pürüzsüz yüzey görünümü, düşük su emicilik, iyi rezilyans gibi özellikleri nedeniyle yaygın kullanılan bir polimerdir. Ev tekstillerinde, giysi üretiminde, otomotiv tekstillerinde, filtre, halat ve ağ yapımında, jeotekstiller ve tıbbi tekstiller gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Mather, 2005). Monofilament ve bikomponent lif üretiminde de en çok tercih edilen polimerlerden biridir.

3.2. İç içe monofilament bikomponent iplik üretim yöntemi

İç içe monofilament bikomponent iplikler, laboratuvarımızda bulunan laboratuvar tipi bikomponent lif üretim makinesinde üretilmiştir. Makine eriyikten çekim lif üretim

prensibine göre çalışmaktadır. Şekil 3.1’ de bikomponent iplik üretim makinesi ve bölümleri gösterilmiştir. Makinede iç ve dış malzemenin beslendiği iki ayrı ekstrüder bulunmaktadır. Ekstrüder sıcaklıkları üç ayrı bölge olarak kontrol edilmekle birlikte ekstrüder sonrası (düze öncesi) ve düze sıcaklığı olmak üzere hem iç hem dış ekstrüder için ayrı ayrı beş ısıtma bölgesi bulunmaktadır. Soğutma havasının hızı manuel olarak ayarlanabilmektedir. Aynı şekilde çekim ve sarım silindirlere hızları da manuel olarak ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.1. Bikomponent iplik üretim makinesi ve bölümleri

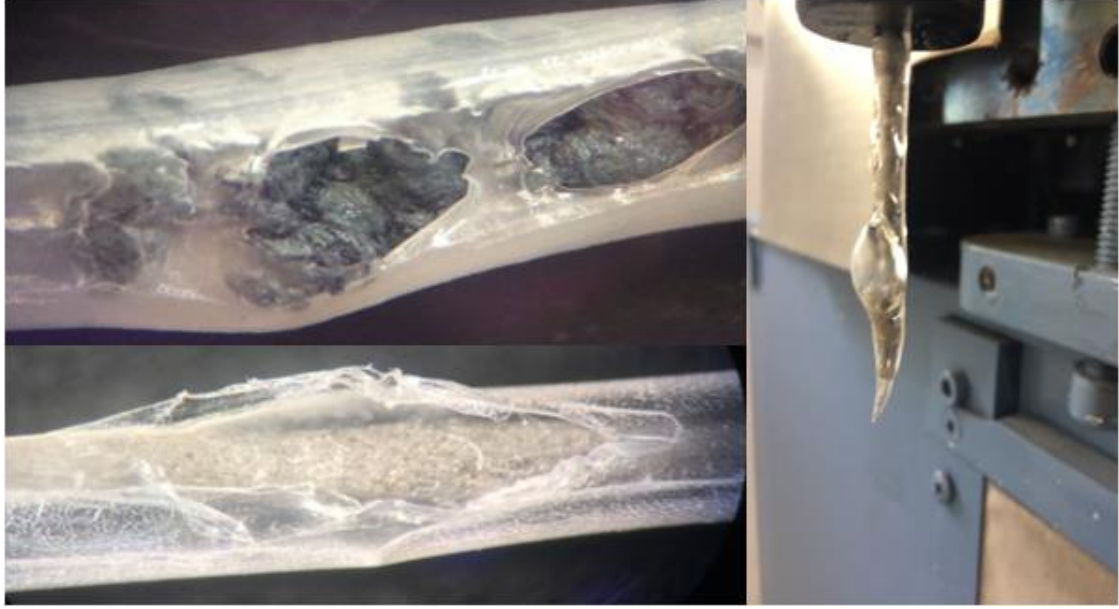
Çizelge 3.2’de bikomponent ipliklerin üretim parametreleri detaylı bir şekilde verilmiştir. İplik üretimleri Metot A ve Metot B olarak adlandırılan iki farklı gruptan oluşmaktadır. Metot A ile daha kalın numarada iplikler üretilirken, Metot B ile daha ince numarada iplikler üretilmiştir. Yukarıda iç malzemede boyalı polietilen cipslerin kullanımından bahsedilmiştir, Metot A ile üretilen liflerde sırasıyla sarı, pembe ve yeşil polietilen cipsler, Metot B ile üretilen liflerde sırasıyla sarı, mavi ve yeşil polietilen cipsler kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Üretim parametreleri

Üretim Parametreleri	<u>METOT A</u>				
	Referans (%100 PP)	%1 LDPE Köpük Katkısı	%2 LDPE Köpük Katkısı	%3 LDPE Köpük Katkısı	
1. Ekstrüder Sıcaklık (°C)	190-195-200				
2. Ekstrüder Sıcaklık (°C)	190-195-200				
Düze Öncesi Sıcaklık (°C)	205				
Düze Sıcaklığı (°C)	210				
Çıkış silindiri/ Sarıcı motor (Çekim/ Sarım) Hız Oranları	1 / 1				
Dış/ İç Ekstrüder Besleme Oranları	5 / 1	5 / 2		4 / 2	
Dış/ İç Ekstrüder Hız Oranları (rpm)	12 / 2	12 / 5		10 / 5	
Üretim Parametreleri	<u>METOT B</u>				
	Referans (%100 PP)	%1 LDPE Köpük Katkısı	%2 LDPE Köpük Katkısı	%3 LDPE Köpük Katkısı	
1. Ekstrüder Sıcaklık (°C)	180-182-184				
2. Ekstrüder Sıcaklık (°C)	180-182-184				
Düze Öncesi Sıcaklık (°C)	186				
Düze Sıcaklığı (°C)	188				
Çıkış silindiri/ Sarıcı motor (Çekim/ Sarım) Hız Oranları	1 / 1.5				
Dış/ İç Ekstrüder Besleme Oranları	0.2/0.2	0.4/0.2	0.3/0.3	0.6/0.3	0.4/0.4
Dış/ İç Ekstrüder Hız Oranları (rpm)	1/1	2/1	1/1	2/1	1/1

İplik üretimi öncesinde ekstrüder sıcaklıkları, besleme oranları ve katkı oranlarını belirlemek adına ön çalışmalar yapılmıştır. Örneğin; Şekil 3.2’de katkı oranı belirlemek için yapılan denemelerden alınan görüntülere yer verilmiştir. Köpük malzeme ısıyla birlikte genleştiği için ve görüntülerde kullanılan katkı oranları da üretim parametrelerindeki (Çizelge 3.2) katkı oranlarından daha yüksek olduğundan, genleşme nedeniyle dış malzemede de yırtılma, hava kabarcığı oluşturma gibi durumlar

gözlenmiştir. En yüksek %3 köpük polimer katkısıyla lif üretimi gerçekleştirilebildiği için daha yüksek katkı oranlarına çıkılamamıştır.



Şekil 3.2. LDPE köpük polimeri katkılı bikomponent lif üretim denemelerinden bazı görüntüler

Benzer şekilde yüksek çekim/sarım hızlarına çıkıldığında üretimde çok sık kopmalar meydana gelmiş ve sürekli şekilde lif üretilmemiştir. Ön çalışmalardan yola çıkarak Çizelge 3.2’de belirtilen parametrelerle herhangi bir sıkıntı yaşanmadan sürekli lif üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Referans iplik olarak, aynı makinede ve aynı üretim şartlarında (Metot A ve B) üretilen iç/dış %100 polipropilen bikomponent monofilament iplik üretilmiş ve kullanılmıştır. Çizelge 3.3’te üretilen ipliklere ait numune kodları belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Bikomponent ipliklerin numune kodları

Dış/ İç Ekstrüder Besleme Oranları	Bikomponent İplik Kodu			
	Referans (%100 PP)	%1 LDPE Köpük Katkılı	%2 LDPE Köpük Katkılı	%3 LDPE Köpük Katkılı
5 / 1	5.1RY(A)	5.1.1Y(A)	5.1.2Y(A)	5.1.3Y(A)
5 / 2	5.2RY(A)	5.2.1Y(A)	5.2.2Y(A)	5.2.3Y(A)
4 / 2	4.2RY(A)	4.2.1Y(A)	4.2.2Y(A)	4.2.3Y(A)
0.2 / 0.2	2.2RY(B)	2.2.1Y(B)	2.2.2Y(B)	2.2.3Y(B)
0.4 / 0.2	4.2RY(B)	4.2.1Y(B)	4.2.2Y(B)	4.2.3Y(B)

0.3 / 0.3	3.3RY(B)	3.3.1Y(B)	3.3.2Y(B)	3.3.3Y(B)
0.6 / 0.3	6.3RY(B)	6.3.1Y(B)	6.3.2Y(B)	6.3.3Y(B)
0.4 / 0.4	4.4RY(B)	4.4.1Y(B)	4.4.2Y(B)	4.4.3Y(B)

3.3. Monofilament bikomponent ipliklerden örme kumaş üretimi

Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin ısı ve ses yalıtım özelliklerinin incelenebilmesi için monofilament ipliklerden haroşa örgüde kumaş numuneleri üretilmiştir. Çizelge 3.4'te üretilen kumaşlara ait numune kodları verilmiştir. Metot B ile üretilen ipliklerin ince olması, düşük mukavemet ve oldukça yüksek uzama değerlerine sahip olması nedeniyle yüzey üretimi gerçekleştirilememiştir.

Çizelge 3.4. Örme kumaşların numune kodları

Bikomponent İplik Kodu	Örme Kumaşların Kodları
5.1RY(A)	5.1RF(A)
5.1.1Y(A)	5.1.1F(A)
5.1.2Y(A)	5.1.2F(A)
5.1.3Y(A)	5.1.3F(A)
5.2RY(A)	5.2RF(A)
5.2.1Y(A)	5.2.1F(A)
5.2.2Y(A)	5.2.2F(A)
5.2.3Y(A)	5.2.3F(A)
4.2RY(A)	4.2RF(A)
4.2.1Y(A)	4.2.1F(A)
4.2.2Y(A)	4.2.2F(A)
4.2.3Y(A)	4.2.3F(A)

3.4. Kullanılan Polimer ve İpliklere Uygulanan Test ve Karakterizasyon Yöntemleri

3.4.1. İplik doğrusal yoğunluğu (iplik numarası) tayini

Test işlemi DIN EN ISO 2060 standardına göre yapılmıştır. Çıkrığa standart uzunlukta numune iplik sarılır. Hassas terazide ağırlığı tartıldıktan sonra iplik numarası dtex olarak belirlenmiştir. Her numuneden beşer ölçüm alınıp ortalama değer belirlenmiştir.

3.4.2. Enine ve boyuna kesit optik mikroskop analizi

Metot A ile üretilen ipliklerin enine kesit görüntüleri 5 büyütme ile, Metot B ile üretilen ipliklerin enine kesit görüntüleri 40 büyütme ile Projectina optik mikroskopla çekilmiştir. Metot A ile üretilen ipliklerin boyuna kesit görüntüleri 20 büyütme ile, Metot B ile üretilen ipliklerin boyuna kesit görüntüleri 40 büyütme ile Olympus CH40 optik mikroskopla çekilmiştir.

3.4.3. Taramalı elektron mikroskop (SEM) analizi

Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin SEM analizi TÜBİTAK BUTAL'de Tescan marka Vega3 SB model cihazında yapılmıştır. Tüm numuneler analiz öncesi $3\pm 0,5$ nm kalınlığında altın ile kaplanmıştır. Uygulanan voltaj değeri 10 kV'dur. Her bir numune için farklı büyütme oranları kullanılmıştır. Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin SEM analizi ise Bursa Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarında Carl Zeiss/Gemini 301 cihazında yapılmıştır. Tüm numuneler $3\pm 0,5$ nm kalınlığında altın kaplanmıştır. Uygulanan voltaj değeri 10 kV'dur. Büyütme oranı 500x'dir.

3.4.4. Mukavemet ve uzama testleri

İplik mukavemet ve uzama testleri Shimadzu AG-X Plus mukavemet test cihazında yapılmıştır. Test işlemi TS EN ISO 2062 standardına göre yapılmıştır. Cihazda üst çene sabit alt çene hareketlidir. Metot A ile üretilen ipliklerde, yük hücresi 5 kN, çeneler arası mesafe 250 mm, çekme hızı 250 mm/dk., ipliklere uygulanan ön gerilim 0,50 N'dur. Metot B ile üretilen ipliklerde, yük hücresi 100 N, çeneler arası mesafe 100 mm, çekme hızı 600 mm/dk., ipliklere uygulanan ön gerilim 0,50 N'dur. Her bobinden onar ölçüm alınıp ortalama değer belirlenmiştir.

3.4.5. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi

Hem kullanılan polimerlere hem de iplik numunelerine DSC analizi yapılmıştır. DSC analizinde Şekil 3.3'te de gösterilen Heat Flux tipi Mettler Toledo Stare System DSC 823e cihazı kullanılmıştır. Cihaz test işlemini ISO 11357-7 standardına göre yürütmektedir. DSC analizleri azot gazı altında $10^{\circ}\text{C}/\text{dk}$ artış hızıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Mettler Toledo Stare System DSC 823e Cihazı

DSC eğrilerinden malzemelerin camsı geçiş sıcaklığı, uçucu malzeme çıkışı, soğuk kristallanma derecesi, erime sıcaklığı ve bozunma sıcaklığı gibi değerler elde edilebilmektedir. Kristallanma derecesi (3.1)'deki denklem ile hesaplanabilmektedir.

$$\text{Kristalizasyon miktarı [\%]} = \frac{\Delta H_{\text{erime}}}{\Delta H_m w_f} \times 100 \quad (3.1)$$

ΔH_{erime} : erime entalpi, ΔH_m : polipropilen için referans erime entalpi (209 J.g^{-1}), w_f : ağırlık oranıdır.

3.5. Örme Kumaşlara Uygulanan Test ve Karakterizasyon Yöntemleri

3.5.1. Örme kumaşlara uygulanan fiziksel testler

Örme kumaşların sıra ve çubuk sıklığı tayini, TS EN 14971 standardı esas alınarak yapılmıştır.

Birim alan ağırlığı (gramaj) ölçümleri TS 251 standardına göre yapılmıştır. Ölçümler üç tekrar alınarak yapılmış, ortalama değerler hesaplanmıştır.

Kumaşların kalınlık ölçümleri Alambeta test cihazında yapılmıştır. Ölçümler onar tekrar alınarak yapılmış, ortalama değerler hesaplanmıştır.

Kumaşların optik mikroskop görüntüleri Olympus SZ60 optik mikroskopla 10x büyütme oranında çekilmiştir.

Kumaşların hava geçirgenlik ölçümleri SDL Atlas MO21A Air Permeability Tester cihazında ASTM D737 standardına göre yapılmıştır. Hava basıncı 125 Pa numune tutucu alanı 5 cm²' dir. Ölçümler beş tekrar alınarak yapılmış, ortalama değerler hesaplanmıştır.

3.5.2. Termal iletkenlik katsayısı ölçümleri

Kumaşların termal iletkenlik katsayıları iki farklı cihazda ve dolayısıyla iki farklı standarda göre yapılmıştır. İlk ölçümler JIS R 2618 standardına göre Quick Thermal Conductivity Meter (QTM-710) (Şekil 3.4) cihazında yapılmıştır. Bu yöntem Hot Wire Method (sıcak tel) yöntemi olarak da tanımlanmaktadır. Numunelerin termal iletkenlik katsayısı (3.2)'deki denklem ile hesaplanmaktadır:

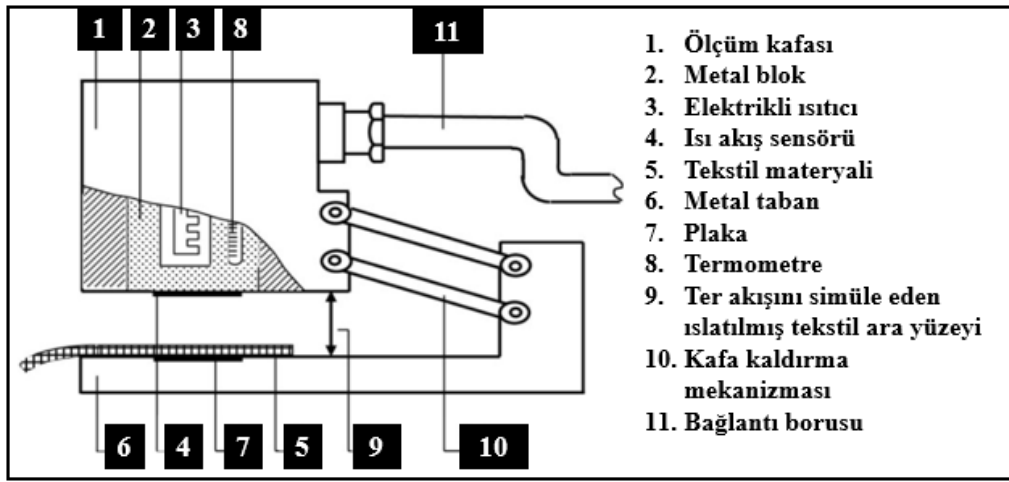
$$\lambda = q \cdot \ln(t_2 - t_1) / 4\pi(T_2 - T_1) \quad (3.2)$$

λ ; numunelerin termal iletkenlik katsayısı (W/mK), q ; birim uzunluk için ısı değeri (W/m), t ; süre (sn) ve T ; sıcaklıktır (K). Termal iletkenlik testi öncesi tüm numuneler %65 \pm 2 bağıl nem ve 20 \pm 2 °C sıcaklıkta 2 gün bekletilmiştir. Ölçüm, termal iletkenlik katsayıları belli üç standart malzemeyi (polietilen köpük, silikon ve kuartz) referans olarak yapılmaktadır. Test edilecek numune sırasıyla bu üç malzemenin üzerine yerleştirilerek ölçüm alınır ve ortalama bir termal iletkenlik katsayısı elde edilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. QTM-710 termal iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı

Diğer termal iletkenlik katsayısı ölçümleri ise Lubos Hes tarafından termal absorpsiyonunun ölçülmesi amacıyla geliştirilen Alambeta test cihazında (Şekil 3.5) yapılmıştır. Cihaz bir ölçüm kafası ve numunenin üzerine yerleştirildiği bir tabandan oluşmaktadır. Ölçüm başladığı anda, ısı akış sensörünü ihtiva eden ölçüm kafası aşağıya düşer ve alt plakaya düzlemsel bir şekilde yerleştirilen numuneye dokunur. Bu sırada numunenin yüzey sıcaklığı aniden değişir ve cihazın bilgisayarı ısı akış değerlerini kaydeder. Aynı zamanda bir fotoelektrik sensör numune kalınlığını ölçer. Bu prosedür, insan parmağının oda sıcaklığındaki bir kumaşa dokunması işlemine benzerdir (Gunesoglu, Meric ve Gunesoglu, 2005).



Şekil 3.5. Alambeta termal iletkenlik ölçüm cihazının ve bölümlerinin şematik gösterimi (Hes ve Dolezal (2018)'den düzenlenmiştir).

Alambeta test cihazından elde edilen termal iletkenlik katsayısı değeri (3.3)'teki denklem ile hesaplanmaktadır:

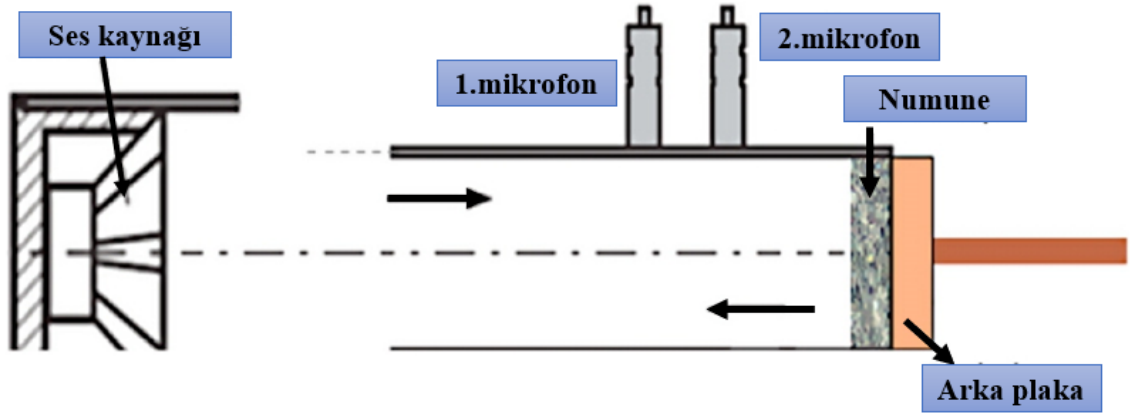
$$k = \frac{Q}{A \cdot \frac{\Delta t}{h}} \quad (3.3)$$

k ; termal iletkenlik katsayısı (W/mK), Q ; ısı transferi, A ; alan, Δt ; sıcaklık farkı, h ; malzeme kalınlığıdır.

3.5.3. Ses yutuculuk katsayısı ölçümleri

Kumaşların ses yutuculuk ölçümleri iki sabit mikrofona empedans tüp yöntemi kullanılmıştır. BSWA SW 260 marka cihazda ölçümler yapılmıştır. Bu yöntemde ses kaynağı tüpün bir ucuna konumlandırılmıştır. Test numunesi ise tüpün diğer ucuna

yerleştirilir. Ses kaynağı geniş bantta ses dalgaları üretir. Kullanılan tüpün çapına bağlı olarak ses dalgaları ilgili frekanslarda düzlem dalga şeklinde empedans tüp içinde ilerlemektedir. Ses dalgası numuneyle etkileşime girer ve geri yansır. Malzemenin ses yutuculuk katsayısı, iki ayrı konumda sabit iki mikrofonun ses seviyelerini ölçmesi ile belirlenir. Yapılan ölçümlerde malzeme özelliğine uygun aralıkta sonuç verdiği için küçük tüp kurulumu kullanılmıştır. Küçük tüp ile 1 kHz – 6,1 kHz aralığında ses yutuculuk katsayıları ölçülebilmektedir. Ölçümler ASTM E1050-12 standardındaki tariflere göre yapılmıştır. Ses yutuculuk testi öncesi tüm numuneler 65 ± 2 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta 2 gün bekletilmiştir.



Şekil 3.6. Ses yutum katsayısı cihazının şematik gösterimi (Süvari, Ulcay ve Pourdeyhimi, 2016'dan düzenlenmiştir).

3.6. İstatiksel Analiz

Tüm istatiksel analizlerde SPSS 23 yazılımı kullanılmıştır. Bikomponent ipliklerin iplik numarası, mukavemet ve uzama değerleri üzerine ve bikomponent ipliklerden üretilen kumaş özellikleri (kalınlık, gramaj, hava geçirgenliği ve termal iletkenlik katsayısı) üzerine köpük polimer katkı oranının ve ekstrüder besleme oranlarının istatistiksel önemini belirlemek için iki yönlü ANOVA uygulanmıştır. Anlamlılık seviyeleri Student–Newman–Keuls (SNK) testi ile kıyaslanmıştır. Tüm istatistiksel testler için seçilen anlamlılık seviyesi (α) değeri 0.05'tir. Etki dereceleri ortalama değerlere göre belirlenmiş ve aralarında önemli ölçüde farklılık olduğunu ifade edecek şekilde farklı harflerle gösterilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına ait verilerin değerlendirilmesinde kullanılan iki faktörlü tamamen tesadüfi dağılımlı varyans analizi tekniğinin matematiksel modelleri şu şekildedir:

İki faktörlü varyans analiz tekniği

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{k(ij)}$$

Y_{ijk} : Birinci (A) faktörün i'inci ve ikinci (B) faktörün j'inci seviyelerindeki k'ıncı gözlem

μ : Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (her zaman sabit)

A_i : Birinci faktörün i'inci seviyesindeki etkisi $i = 1, 2, \dots, a$

B_j : İkinci faktörün j'inci seviyesindeki etkisi $j = 1, 2, \dots, b$

AB_{ij} : A ve B faktörlerinin ij'deki kesişimlerinin etkisi

$\epsilon_{k(ij)}$: A ve B faktörlerinin ij'deki kesişimindeki k'ıncı gözlemde bulunan tesadüfi hata

$k = 1, 2, \dots, n$

Çizelge 3.5. Bikomponent ipliklere uygulanan istatistiksel analizlere ait hipotezler

İki faktörlü tamamen tesadüfi dağılımlı varyans analizi tekniği		
Değişken 1: İplik numarası		
Faktör 1: Katkı oranı	Hipotezler	
	H₀	H_A
	H ₀₁ : Katkı oranının iplik numarası değerine etkisi yoktur.	H _{A1} : Katkı oranının iplik numarası değerine etkisi vardır.
Faktör 2: Besleme oranı	H ₀₂ : Besleme oranının iplik numarası değerine etkisi yoktur.	H _{A2} : Besleme oranının iplik numarası değerine etkisi vardır.
	H ₀₃ : Katkı oranı ve besleme oranının iplik numarası değerine birlikte etkisi yoktur.	H _{A3} : Katkı oranı ve besleme oranının iplik numarası değerine birlikte etkisi vardır.
Değişken 2: Mukavemet		
Faktör 1: Katkı oranı	H₀	H_A
	H ₀₁ : Katkı oranının mukavemet değerine etkisi yoktur.	H _{A1} : Katkı oranının mukavemet değerine etkisi vardır.
Faktör 2: Besleme oranı	H ₀₂ : Besleme oranının mukavemet değerine etkisi yoktur.	H _{A2} : Besleme oranının mukavemet değerine etkisi vardır.
	H ₀₃ : Katkı oranı ve besleme oranının mukavemet değerine birlikte etkisi yoktur.	H _{A3} : Katkı oranı ve besleme oranının mukavemet değerine birlikte etkisi vardır.
Değişken 3: Uzama		
Faktör 1: Katkı oranı	H₀	H_A
	H ₀₁ : Katkı oranının uzama değerine etkisi yoktur.	H ₀₁ : Katkı oranının uzama değerine etkisi vardır.
Faktör 2: Besleme oranı	H ₀₂ : Besleme oranının uzama değerine etkisi yoktur.	H ₀₂ : Besleme oranının uzama değerine etkisi vardır.
	H ₀₃ : Katkı oranı ve besleme oranının uzama değerine birlikte etkisi yoktur.	H ₀₃ : Katkı oranı ve besleme oranının uzama değerine birlikte etkisi vardır.

Çizelge 3.6. Örme kumaşlara uygulanan istatistiksel analizlere ait hipotezler

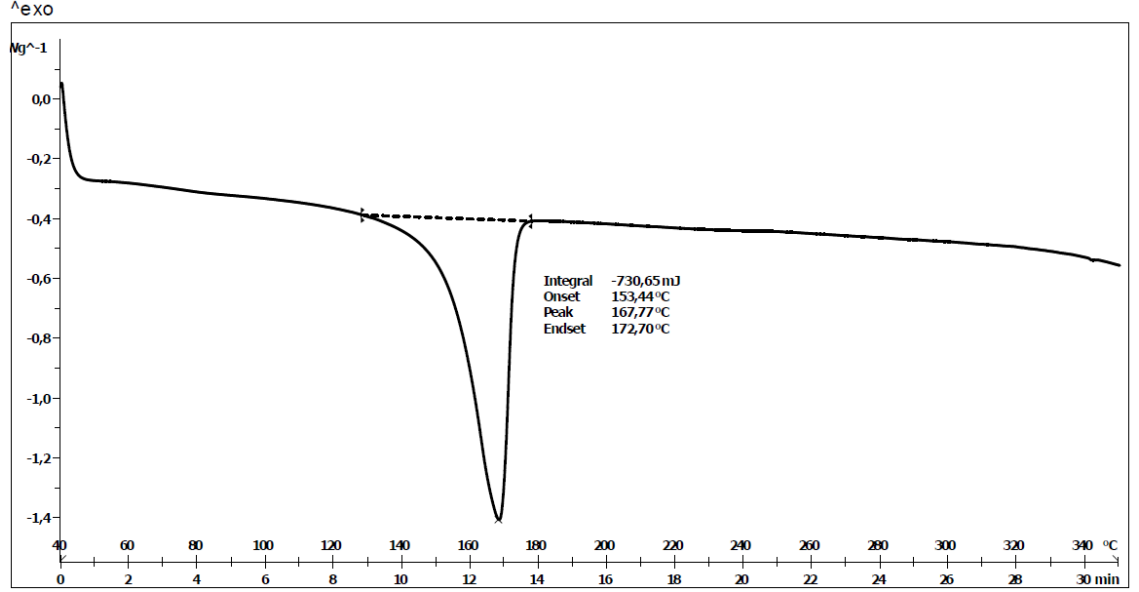
İki faktörlü tamamen tesadüfi dağılımlı varyans analizi tekniği			
Değişken 1: Kalınlık			
Faktör 1: Katkı oranı	Hipotezler		
	H₀	H_A	
	H ₀₁ : Katkı oranının kalınlık değerine etkisi yoktur.	H _{A1} : Katkı oranının kalınlık değerine etkisi vardır.	
Faktör 2: Besleme oranı	H ₀₂ : Besleme oranının kalınlık değerine etkisi yoktur.	H _{A2} : Besleme oranının kalınlık değerine etkisi vardır.	
	H ₀₃ : Katkı oranı ve besleme oranının kalınlık değerine birlikte etkisi yoktur.	H _{A3} : Katkı oranı ve besleme oranının kalınlık değerine birlikte etkisi vardır.	
	Değişken 2: Gramaj		
Faktör 1: Katkı oranı	H₀	H_A	
	H ₀₁ : Katkı oranının gramaj değerine etkisi yoktur.	H _{A1} : Katkı oranının gramaj değerine etkisi vardır.	
	H ₀₂ : Besleme oranının gramaj değerine etkisi yoktur.	H _{A2} : Besleme oranının gramaj değerine etkisi vardır.	
Faktör 2: Besleme oranı	H ₀₃ : Katkı oranı ve besleme oranının gramaj değerine birlikte etkisi yoktur.	H _{A3} : Katkı oranı ve besleme oranının gramaj değerine birlikte etkisi vardır.	
	Değişken 3: Hava geçirgenliği		
	Faktör 1: Katkı oranı	H₀	H_A
H ₀₁ : Katkı oranının hava geçirgenliği değerine etkisi yoktur.		H ₀₁ : Katkı oranının hava geçirgenliği değerine etkisi vardır.	
H ₀₂ : Besleme oranının hava geçirgenliği değerine etkisi yoktur.		H ₀₂ : Besleme oranının hava geçirgenliği değerine etkisi vardır.	
Faktör 2: Besleme oranı	H ₀₃ : Katkı oranı ve besleme oranının hava geçirgenliği değerine birlikte etkisi yoktur.	H ₀₃ : Katkı oranı ve besleme oranının hava geçirgenliği değerine birlikte etkisi vardır.	
	Değişken 4: Termal iletkenlik katsayısı		

	H₀	H_A
Faktör 1: Katkı oranı	H ₀₁ : Katkı oranının termal iletkenlik katsayısı değerine etkisi yoktur.	H _{A1} : Katkı oranının termal iletkenlik katsayısı değerine etkisi vardır.
Faktör 2: Besleme oranı	H ₀₂ : Besleme oranının termal iletkenlik katsayısı değerine etkisi yoktur.	H _{A2} : Besleme oranının termal iletkenlik katsayısı değerine etkisi vardır.
	H ₀₃ : Katkı oranı ve besleme oranının termal iletkenlik katsayısı değerine birlikte etkisi yoktur.	H _{A3} : Katkı oranı ve besleme oranının termal iletkenlik katsayısı değerine birlikte etkisi vardır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

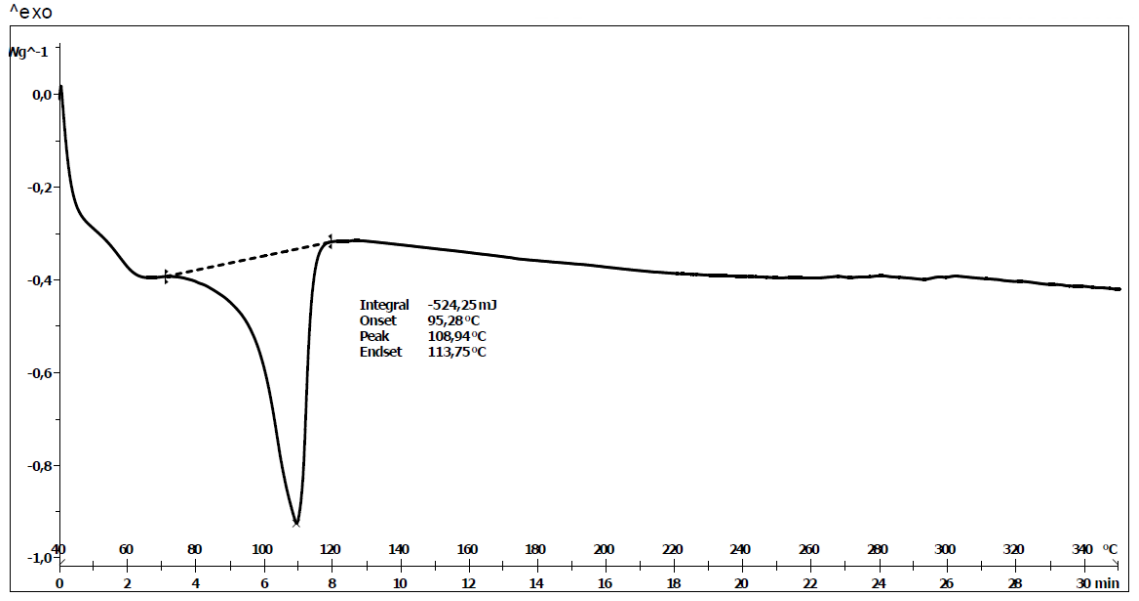
4.1. Çalışmada Kullanılan Polimerlerin DSC Sonuçları

Polipropilen cipse ait DSC eğrisi Şekil 4.1’ de verilmiştir. Cips 167,77 °C’ de erime piki göstermiştir. Tedarikçi firmadan alınan teknik dokümanla analiz sonuçları uyumludur.

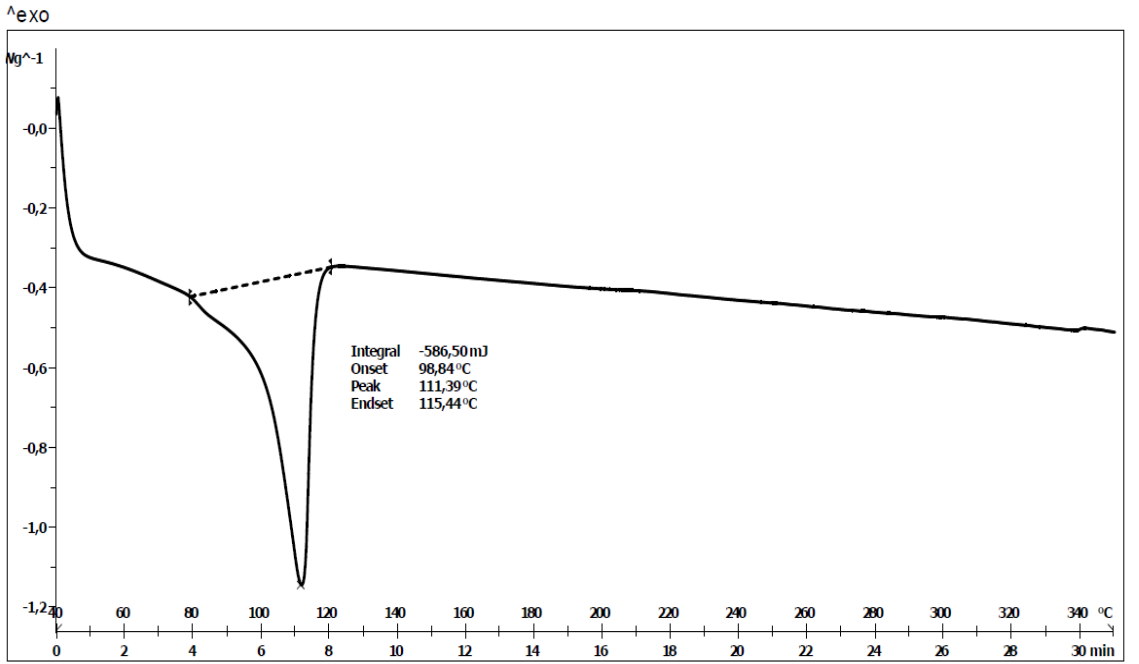


Şekil 4.1. Polipropilen cipsin DSC eğrisi

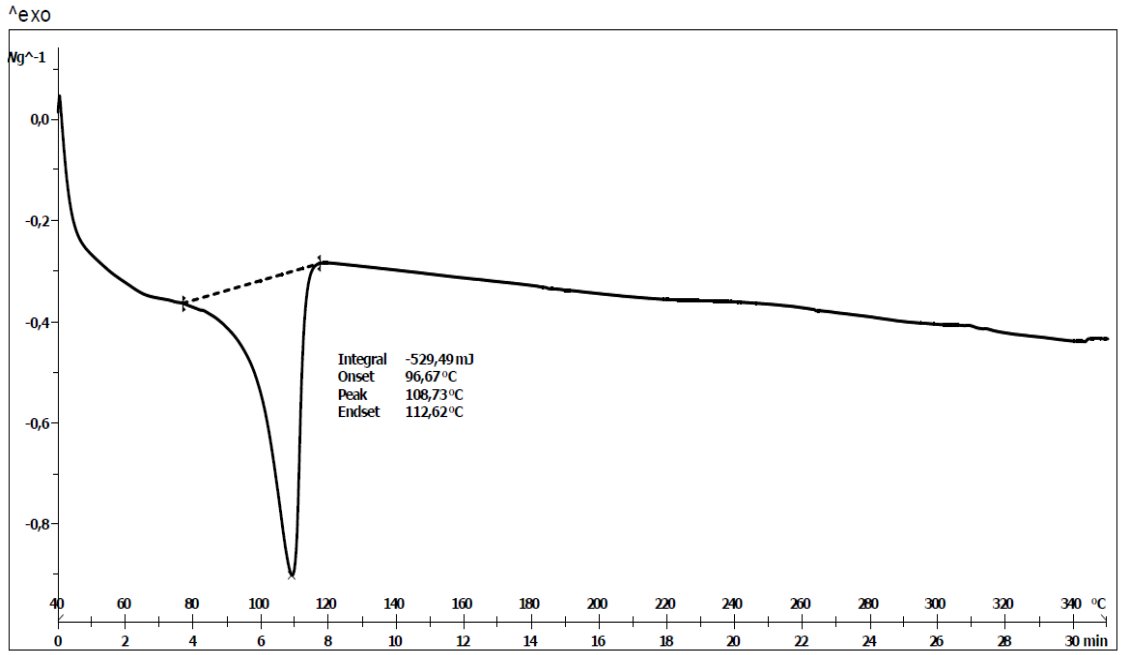
Renkli polietilen cipslere ait DSC sonuçları sırasıyla Şekil 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5’te verilmiştir. Polimerlerin erime sıcaklıkları 108-111 $^{\circ}\text{C}$ aralığında değişmektedir.



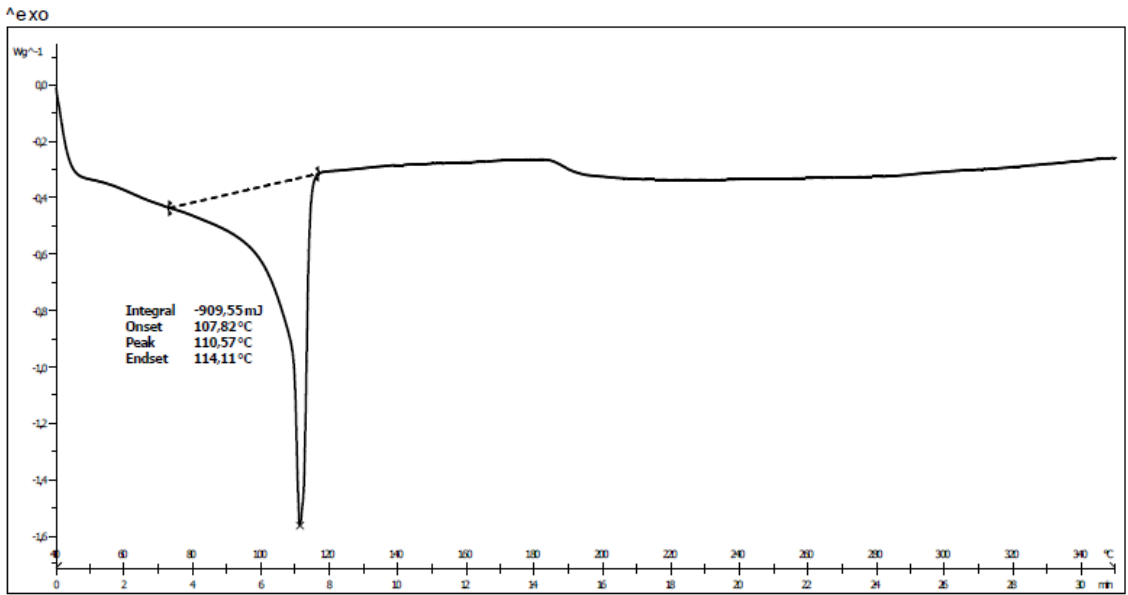
Şekil 4.2. Sarı polietilen cipsin DSC eğrisi



Şekil 4.3. Mavi polietilen cipsin DSC eğrisi



Şekil 4.4. Yeşil polietilen cipsin DSC eğrisi

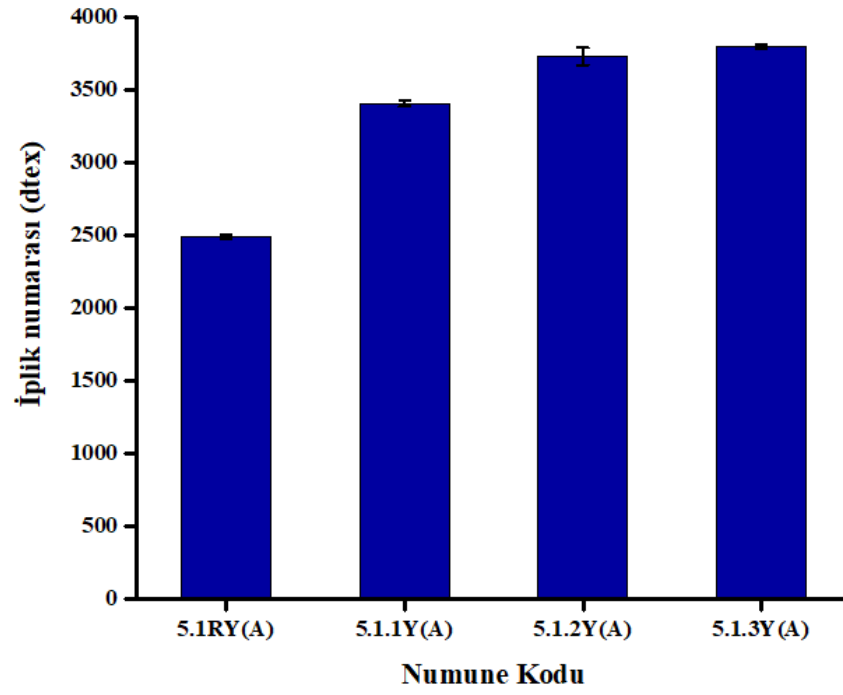


Şekil 4.5. Pembe polietilen cipsin DSC eğrisi

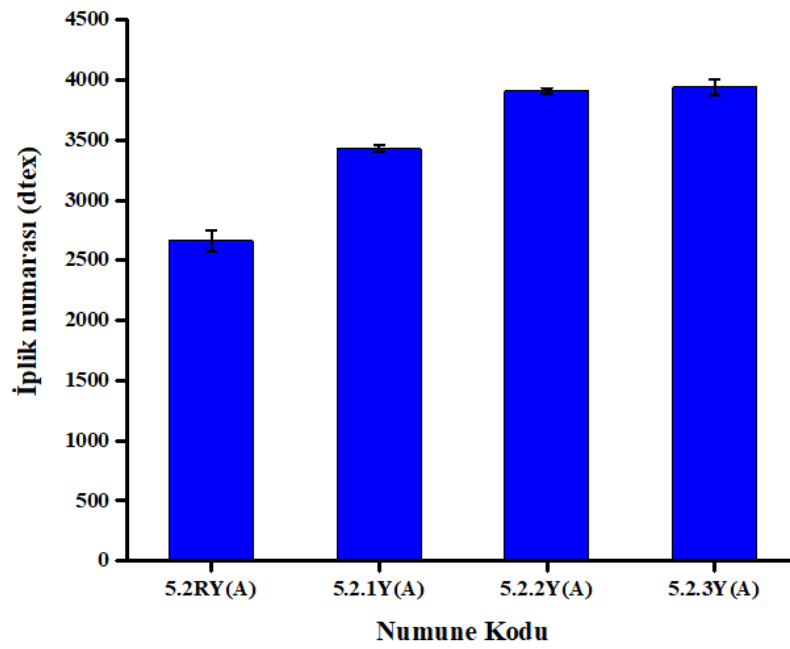
4.2. İplik Doğrusal Yoğunluğu (İplik Numara) Tayini Sonuçları

Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8 “Metot A” ile üretilen bikomponent ipliklerin dtex cinsinden numara değerlerini göstermektedir. Referans ipliklere kıyasla üç ekstrüder hızında da katkı oranıyla birlikte iplik numaralarında artış görülmüştür. Üç farklı dış/iç ekstrüder besleme

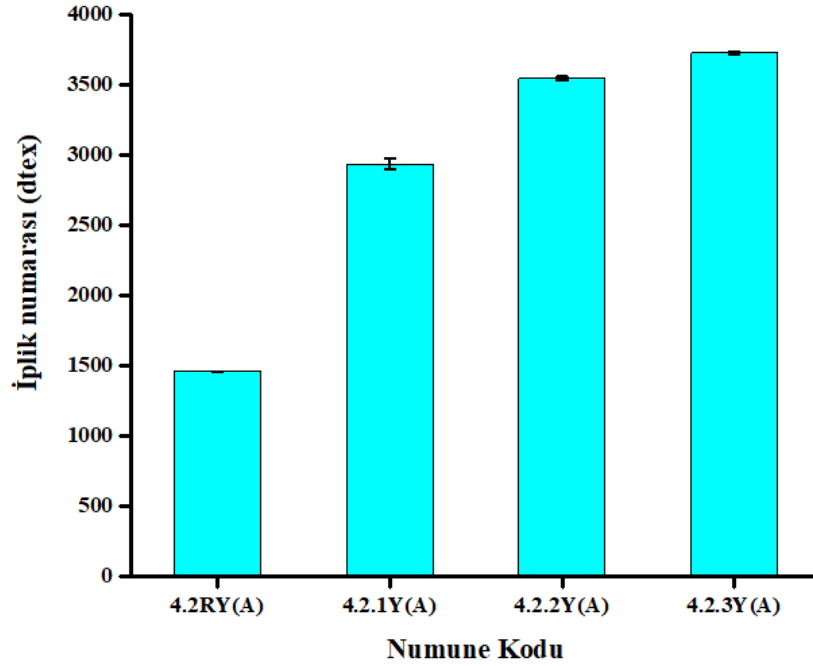
oranında üretilen bikomponent ipliklerde katkı oranı artışıyla iplik numarası orantılı olarak artmıştır.



Şekil 4.6. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları



Şekil 4.7. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları



Şekil 4.8. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları

Çizelge 4.1. Metot A ile üretilen bikomponent iplik numara sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Parametre		İplik Numarası (dtex)	
Katkı Oranı	0	0,00*	2204 a
	1		3259 b
	2		3731 c
	3		3825 c
Besleme Oranı	4-2	0,00*	2920 a
	5-1		3359 b
	5-2		3486 b
Katkı Oranı * Besleme Oranı		0,01*	

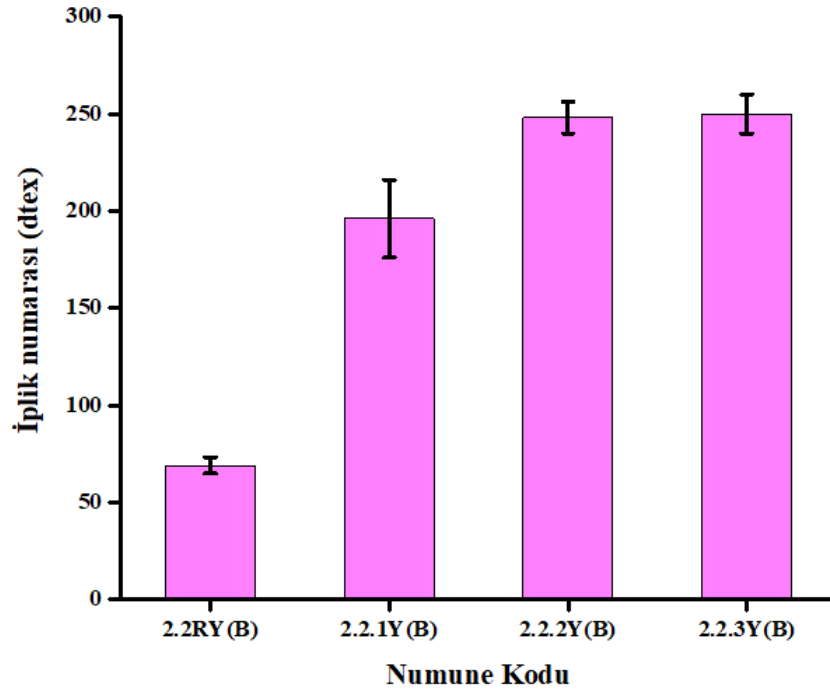
(a), (b) ve (c) SNK testine göre istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

*%5 anlamlılık seviyesi

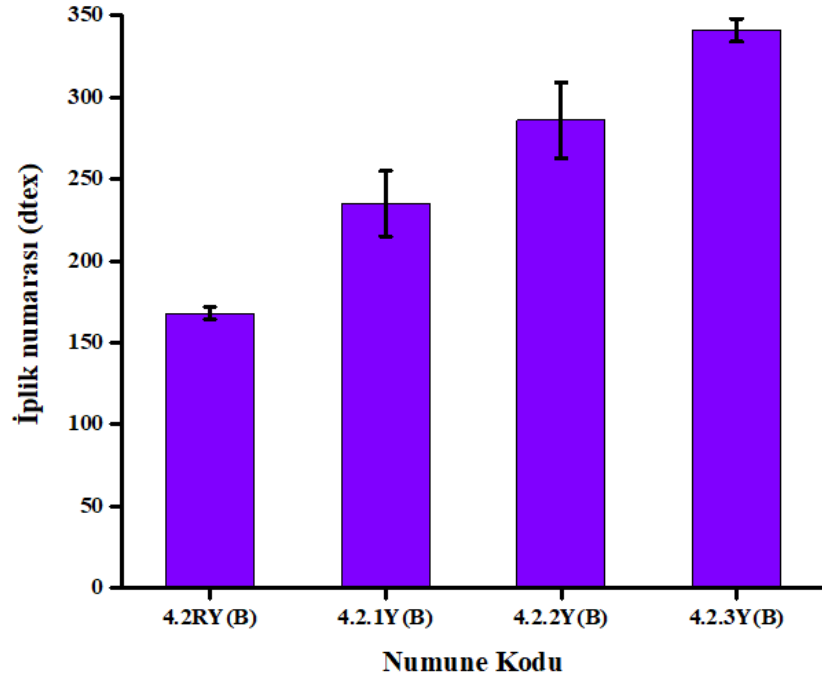
İplik numara değerlerine katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin etkisi ANOVA ve SNK testleri ile de değerlendirildiğinde 0,05 anlamlılık seviyesinde hem katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin de iplik numarası üzerine etkisi olduğu

istatistiksel olarak da ispatlanmıştır. Çizelge 3.5’te iplik numarası değişkeni için verilen alternatif hipotezler kabul edilmiştir.

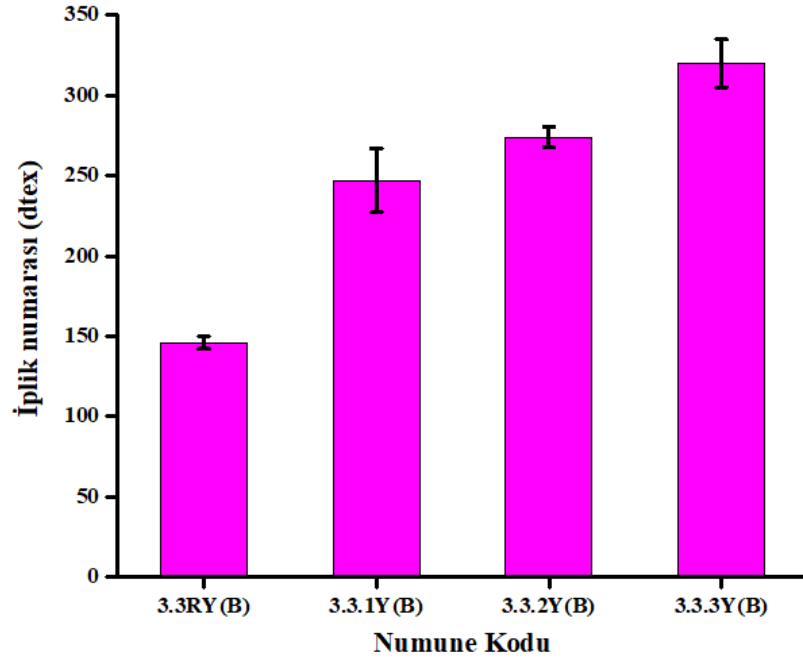
Şekil 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 ve 4.13 “Metot B” ile üretilen bikomponent ipliklerin dtex cinsinden numara değerlerini göstermektedir. Benzer şekilde referans ipliklere kıyasla beş ekstrüder hızında da katkı oranıyla birlikte iplik numaralarında artış görülmüştür. Sabit iç ekstrüder hızında dış ekstrüder hızı arttıkça iplik numaraları beklenildiği gibi artmıştır. Metot B ile üretilen iplik numaraları daha küçüktür, daha ince lifler üretilmiştir. Eriyikten çekim lif üretiminde iplik numarasını belirleyen en önemli iki parametre çekim hızı ve debidir. Materyal ve Metot bölümünde Çizelge 3.2 ‘de belirtilen üretim parametreleri dikkate alındığında Metot B’ de Metot A’ ya göre hem besleme oranlarının oldukça düşük hem de çekim hızının bir miktar daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu beklenen bir sonuçtur.



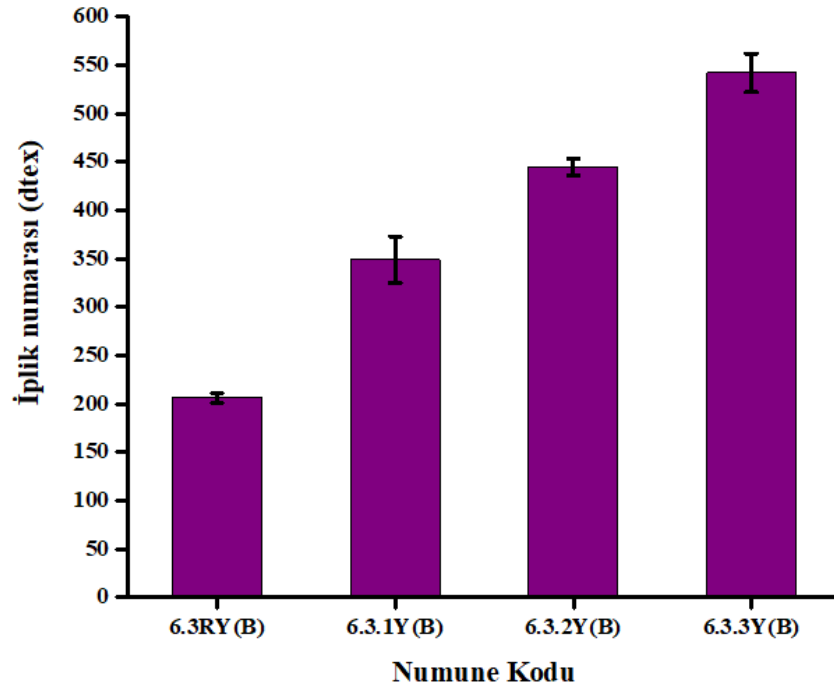
Şekil 4.9. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları



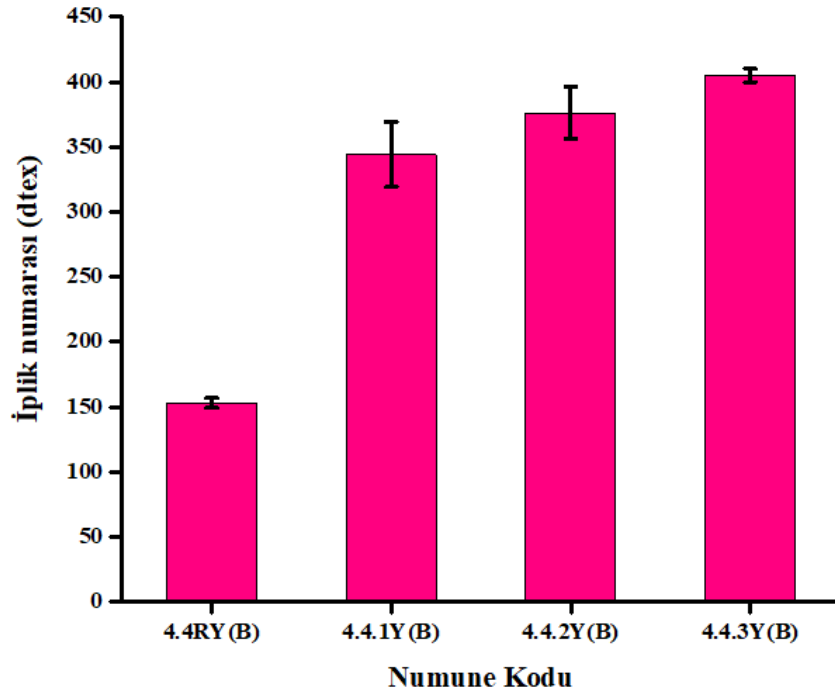
Şekil 4.10. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları



Şekil 4.11. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları



Şekil 4.12. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları



Şekil 4.13. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin numara sonuçları

Çizelge 4.2. Metot B ile üretilen bikomponent iplik numara sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Parametre		İplik Numarası (dtex)	
Katkı Oranı	0	0,00*	148 a
	1		274 b
	2		325 c
	3		371 d
Besleme Oranı	0.2-0.2	0,00*	190 a
	0.4-0.2		257 b
	0.3-0.3		246 b
	0.6-0.3		385 c
	0.4-0.4		319 d
Katkı Oranı * Besleme Oranı		0,00*	

(a), (b), (c) ve (d) SNK testine göre istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

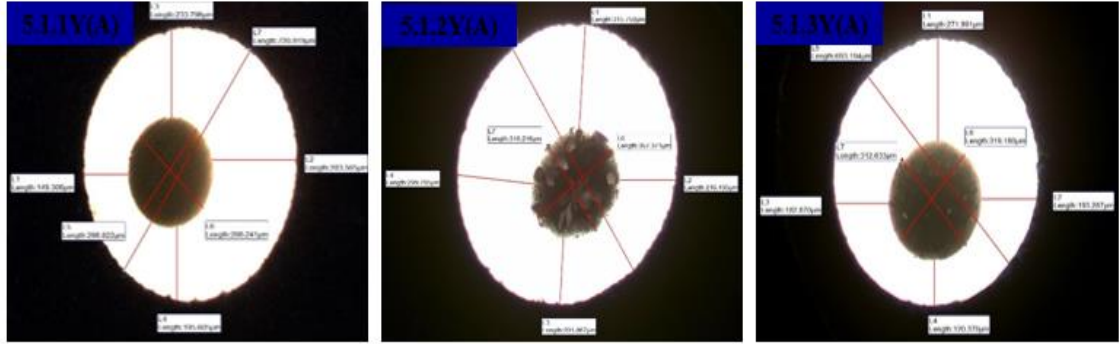
*%5 anlamlılık seviyesi

İplik numara değerlerine katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin etkisi ANOVA ve SNK testleri ile de değerlendirildiğinde 0,05 anlamlılık seviyesinde hem katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin de iplik numarası üzerine etkisi olduğu istatistiksel olarak da ispatlanmıştır. Çizelge 3.5'te iplik numarası değişkeni için verilen alternatif hipotezler kabul edilmiştir.

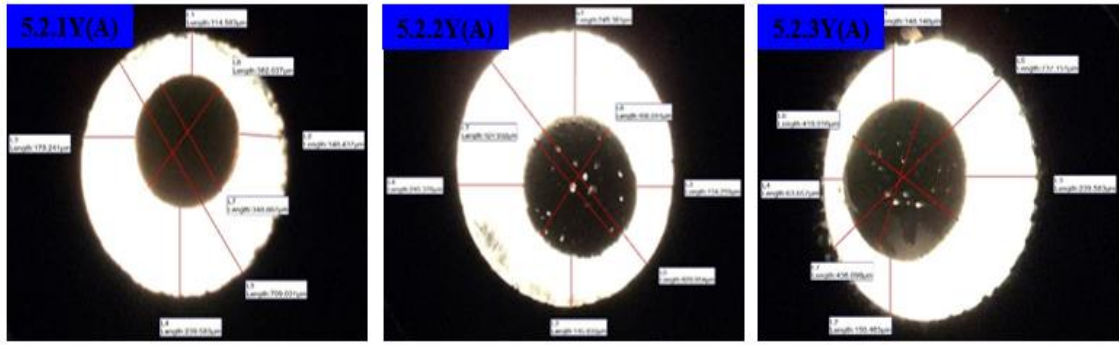
4.3. Enine ve Boyuna Kesit Optik Mikroskop Analiz Sonuçları

Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit görüntüleri sırasıyla Şekil 4.14, 4.15 ve 4.16'da sunulmuştur. Hem enine kesit hem de boyuna kesit görüntülerinden (Şekil 4.17, 4.18 ve 4.19) iç içe bikomponent kesit yapısının düzgün bir şekilde oluştuğu görülmektedir. Aynı iç/dış ekstrüder besleme oranında katkı oranı arttıkça iç/dış kesit çap oranlarının arttığı tespit edilmiştir ve bu durumun köpük polimerin genişlemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, iç/dış çap oranları %1, 2 ve 3 katkılı numuneler için sırasıyla; 39/100, 43/100 ve 45/100'dür. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, iç/dış çap oranları %1, 2 ve 3 katkılı numuneler için sırasıyla; 49/100, 51/100 ve 59/100'dür. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen

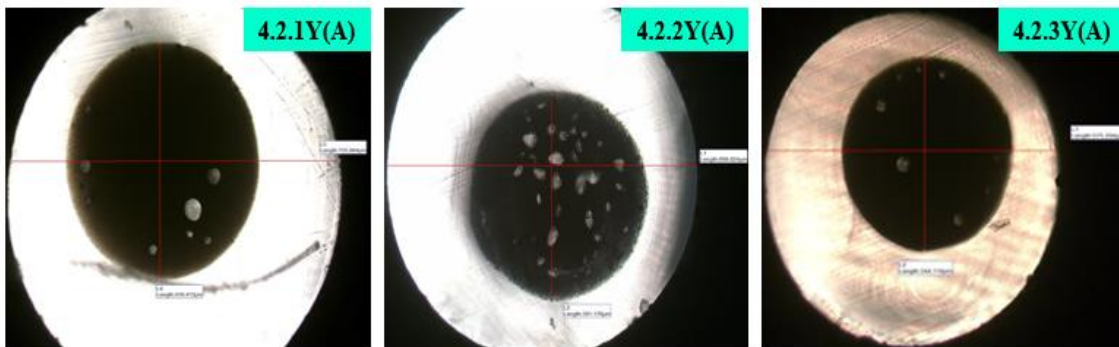
bikomponent ipliklerde, iç/dış çap oranları %1, 2 ve 3 katkılı numuneler için sırasıyla; 56/100, 58/100 ve 59/100'dür.



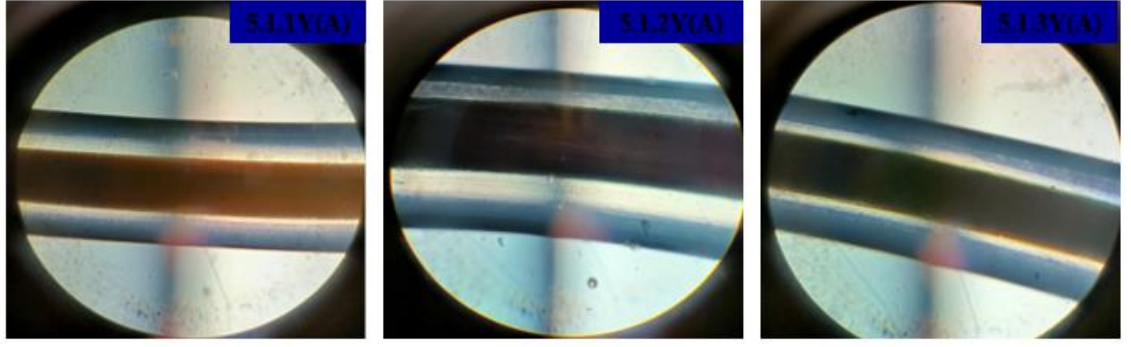
Şekil 4.14. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 5x)



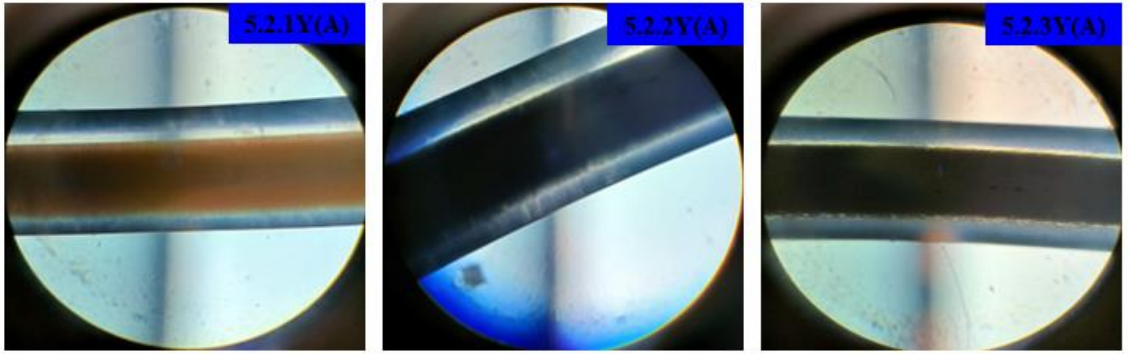
Şekil 4.15. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 5x)



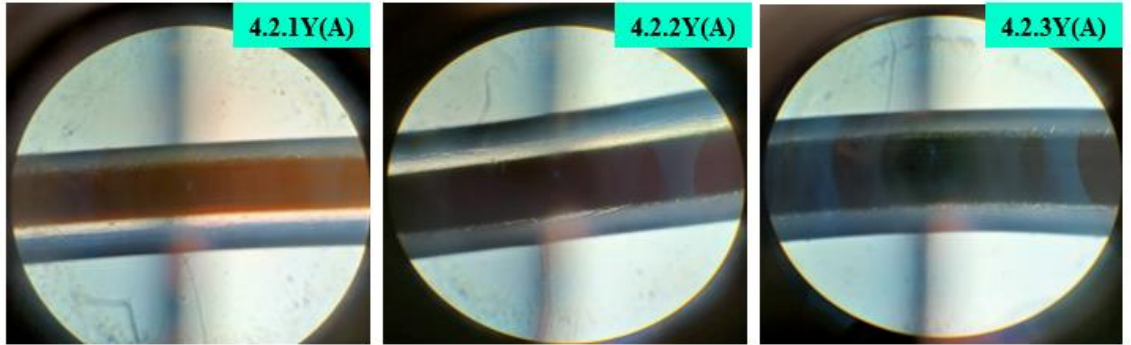
Şekil 4.16. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 5x)



Şekil 4.17. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 20x)



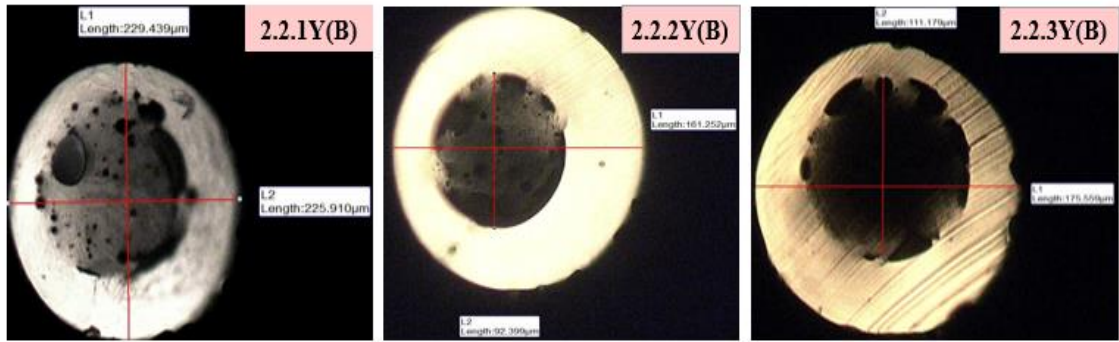
Şekil 4.18. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 20x)



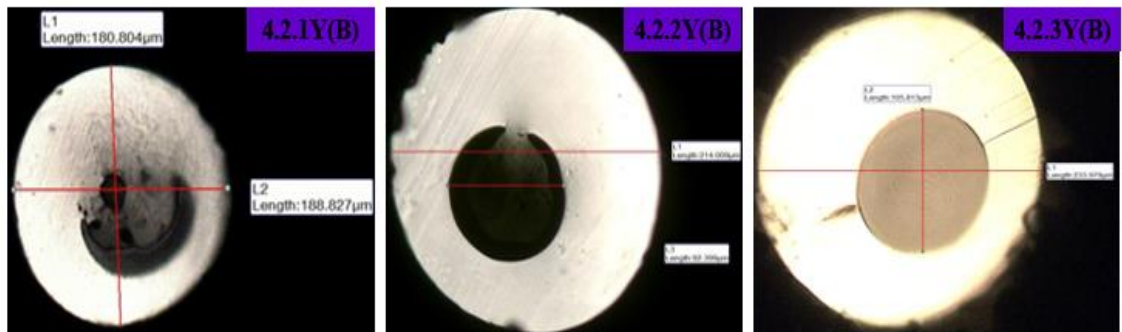
Şekil 4.19. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 20x)

Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit görüntüleri sırasıyla Şekil 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24'te sunulmuştur. Hem enine kesit hem de boyuna kesit görüntülerinden (Şekil 4.25, 4.26, 4.27, 4.28 ve 4.29) iç içe bikomponent kesit yapısının düzgün bir şekilde oluştuğu görülmektedir. Metot A ile üretilen liflerle benzer şekilde

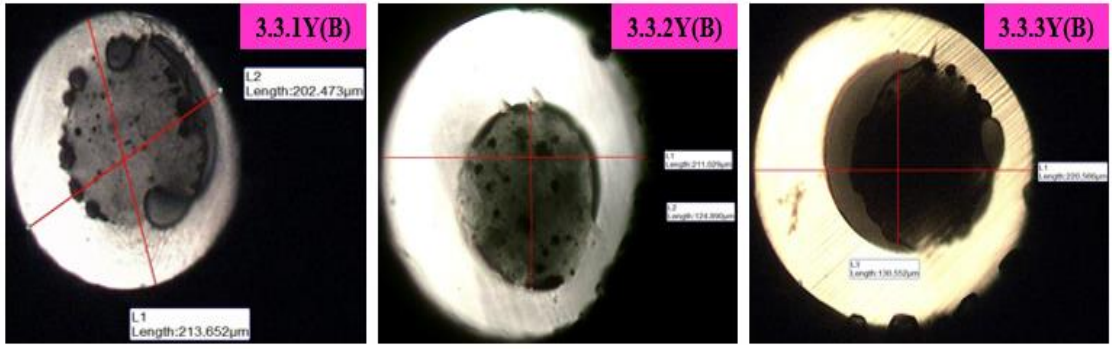
aynı iç/dış ekstrüder besleme oranında katkı oranı arttıkça iç/dış kesit çap oranlarının arttığı tespit edilmiştir ve bu durumun köpük polimerin genişlemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, iç/dış çap oranları %1, 2 ve 3 katkılı numuneler için sırasıyla; 55/100, 57/100 ve 63/100'dür. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, iç/dış çap oranları %1, 2 ve 3 katkılı numuneler için sırasıyla; 41/100, 43/100 ve 45/100'dür. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, iç/dış çap oranları %1, 2 ve 3 katkılı numuneler için sırasıyla; 57/100, 58/100 ve 59/100'dür. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, iç/dış çap oranları %1, 2 ve 3 katkılı numuneler için sırasıyla; 38/100 39/100 ve 42/100'dür. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, iç/dış çap oranları %1, 2 ve 3 katkılı numuneler için sırasıyla; 56/100, 57/100 ve 61/100'dür.



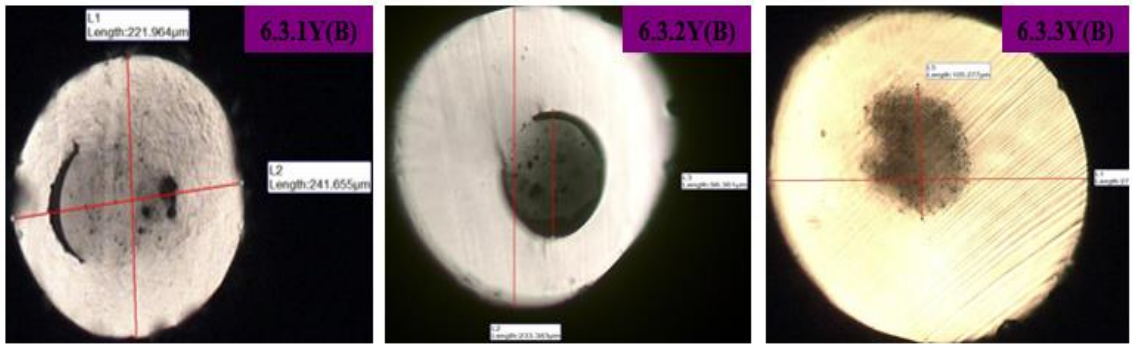
Şekil 4.20. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)



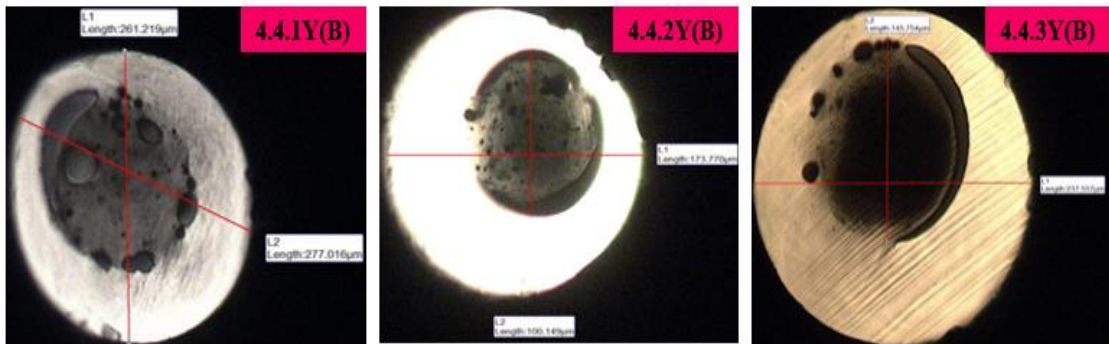
Şekil 4.21. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)



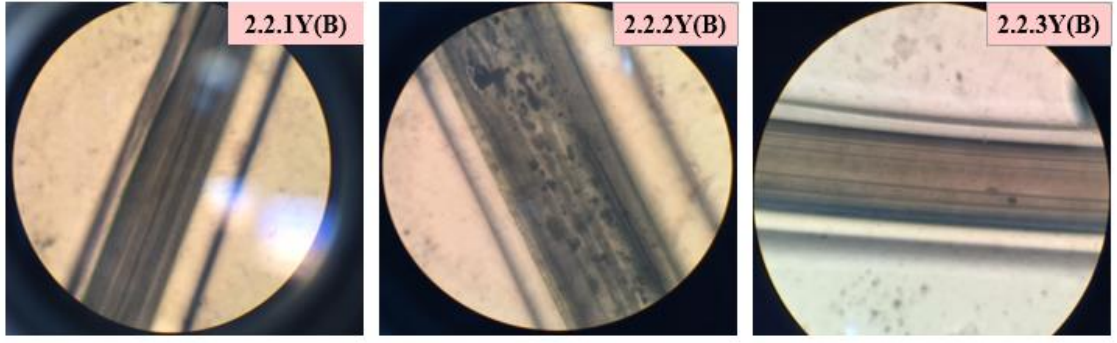
Şekil 4.22. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)



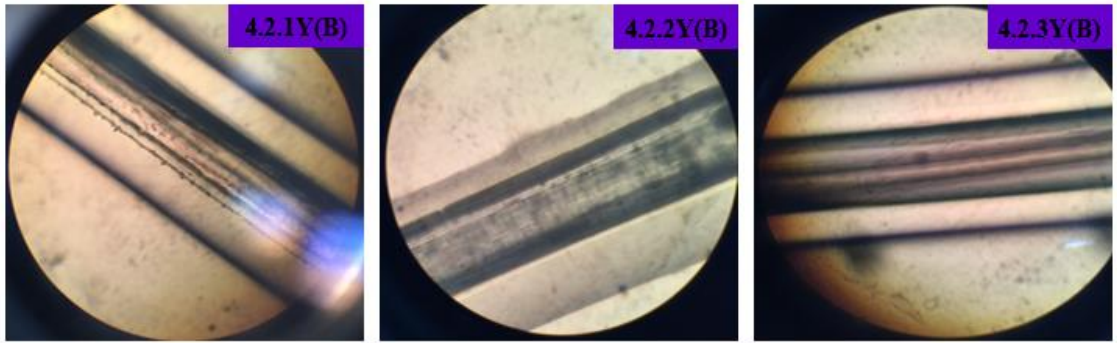
Şekil 4.23. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)



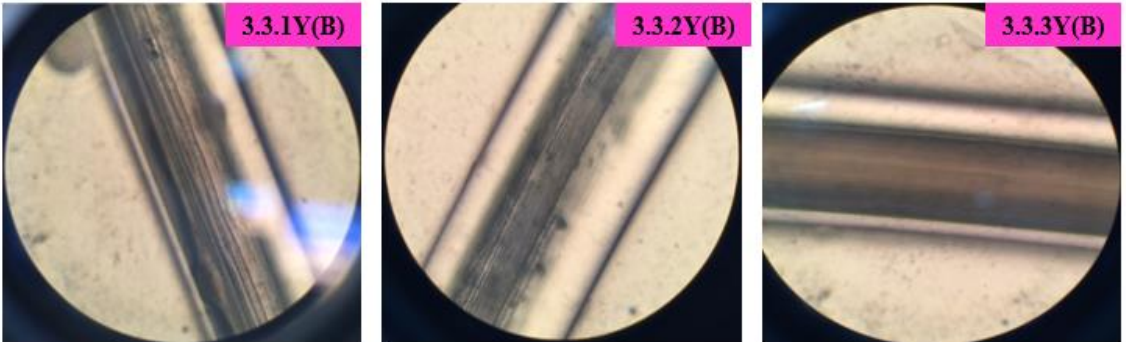
Şekil 4.24. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)



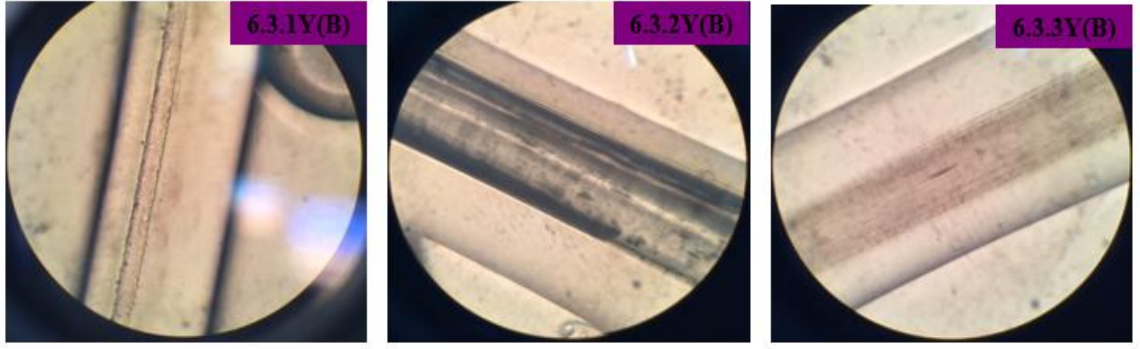
Şekil 4.25. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)



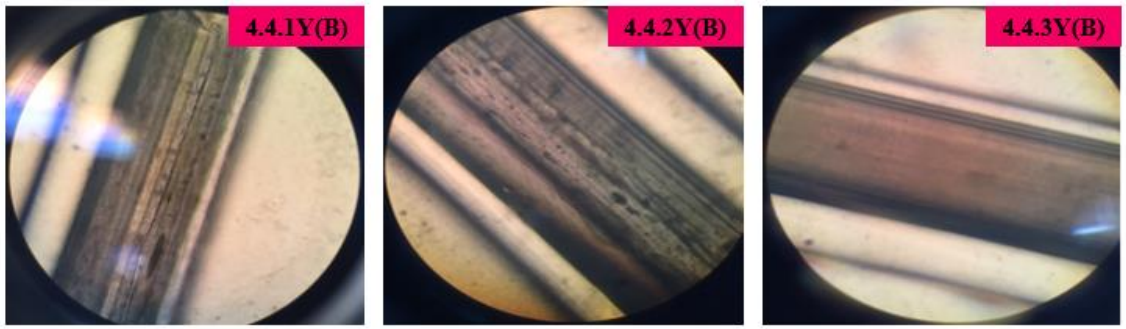
Şekil 4.26. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)



Şekil 4.27. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)



Şekil 4.28. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)



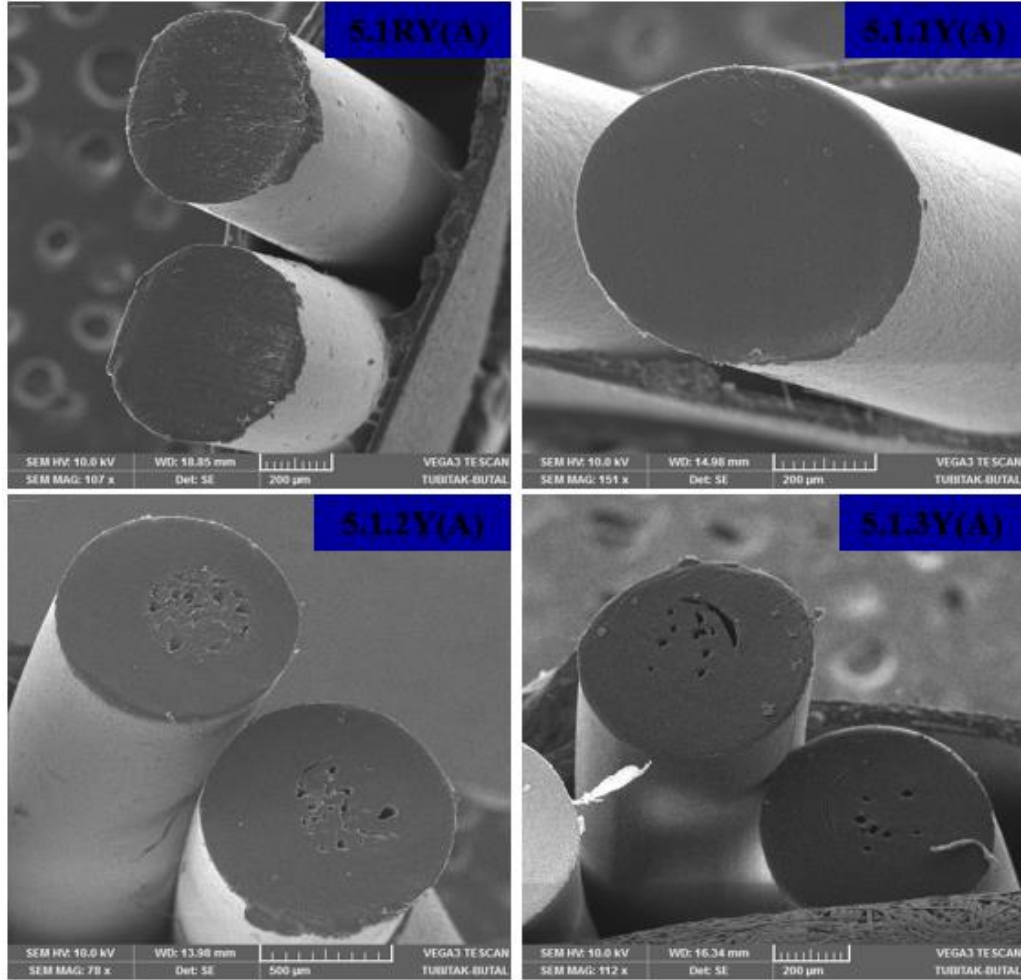
Şekil 4.29. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin boyuna kesit optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 40x)

4.4. SEM Analizi Sonuçları

Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin bir kısmına ait SEM analizi görüntü sonuçları Şekil 4.30 ve 4.31’de sunulmuştur. Üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit yapısının oldukça homojen ve yuvarlak kesitin düzgün oluştuğu görülmektedir. İç/dış polipropilen polimeri ile üretilen referans bikomponent iplikler (5.1RY(A) ve 5.2RY(A)) aynı malzemeden üretildiği için tek bileşenli bir lif gibi görüntü vermektedir.

Şekil 4.30 incelendiğinde %1 katkı oranıyla üretilen ipliklerde köpük polimer katkısı oldukça düşük olduğu için iç yapıda köpük polimere dair bir görüntü denk gelmemiştir. Enine kesit görüntüsü neredeyse referans bikomponent iplikle aynıdır. Optik mikroskop görüntülerinde de benzer şekilde (Şekil 4.14) %1 katkılı iplikte köpük polimerden kaynaklı hava kabarcıkları görünmemekteydi. %2 ve %3 katkılı bikomponent ipliklerde

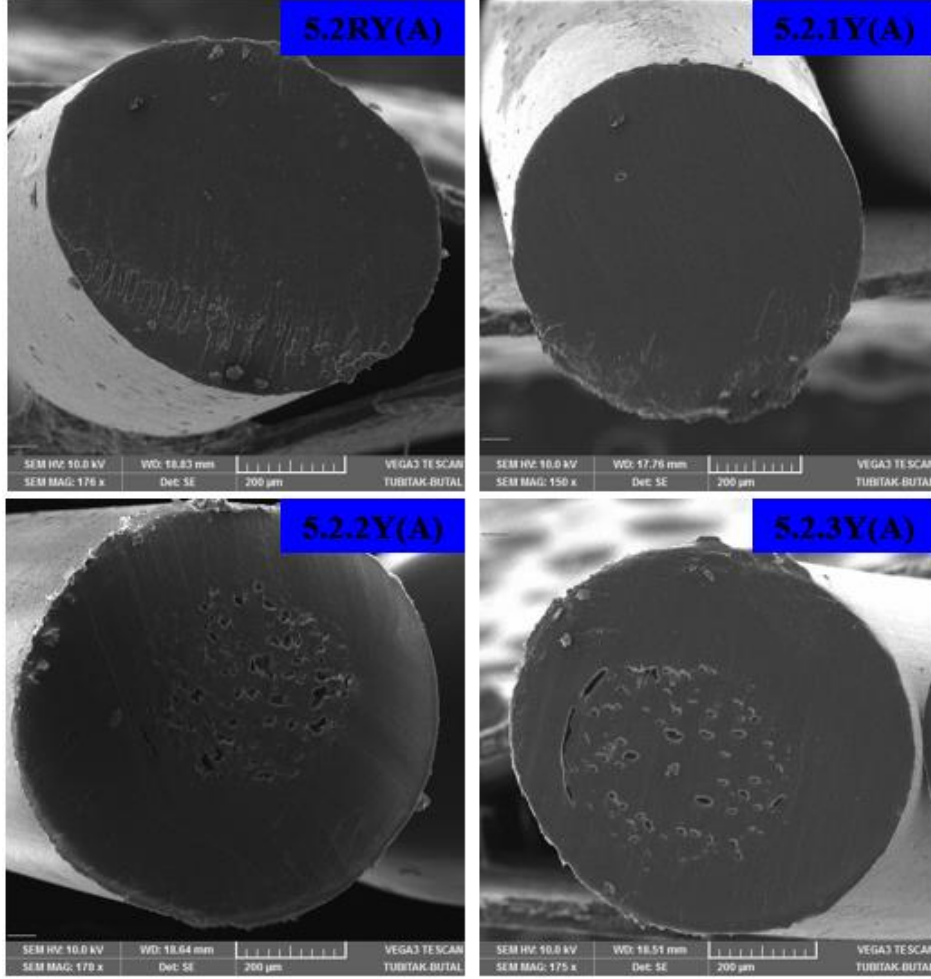
ise iç yapıda köpük polimerin genişlemesinden kaynaklı hava boşluklarının oluştuğunu özellikle %3 katkılı ipliklerde bazı bölgelerde genişmeden kaynaklı iç/dış kesit sınırında ufak bir ayrılmanın başladığı görülmektedir.



Şekil 4.30. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri (Büyütme oranları: 5.1RY(A): 107x, 5.11Y(A):151x, 5.12Y(A):78x, 5.13Y(A): 112x)

Şekil 4.31 incelendiğinde %1 katkı oranıyla üretilen ipliklerde köpük polimer katkısı oldukça düşük olduğu için iç yapıda köpük polimere dair görüntü bir yerde belli olmaktadır. Optik mikroskop görüntülerinde de benzer şekilde (Şekil 4.14) %1 katkılı iplikte köpük polimerden kaynaklı hava kabarcıkları çok az görünmekteydi. %2 ve %3 katkılı bikomponent ipliklerde ise iç yapıda köpük polimerin genişlemesinden kaynaklı hava boşluklarının oluştuğu görülmektedir. Şekil 4.30 ile kıyaslandığında 5/2 ekstrüder oranında az da olsa daha fazla iç malzeme beslendiği için genişmeden kaynaklı hava

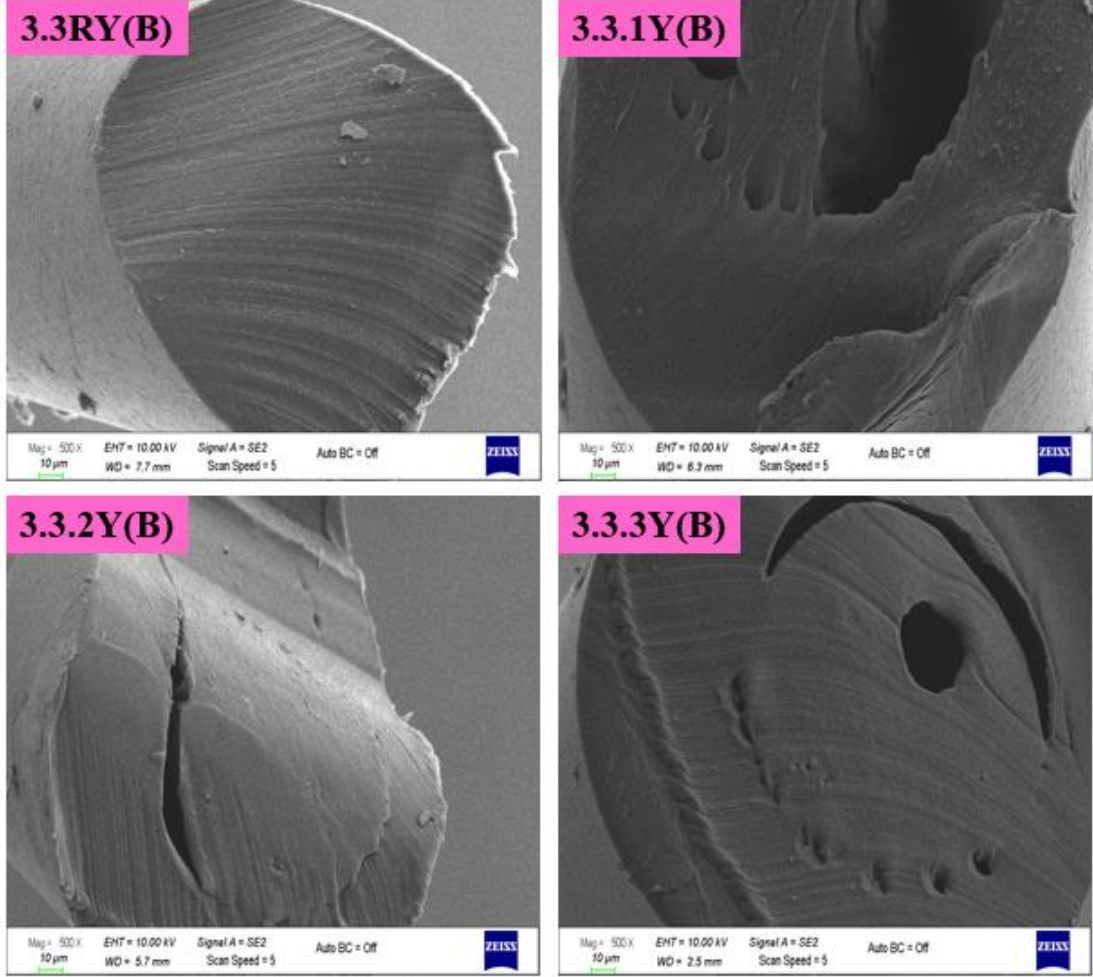
boşlukları daha fazladır. Yine aynı şekilde %3 katkılı ipliklerde genişmeden kaynaklı iç/dış kesit sınırında ufak bir ayrılmanın başladığı görülmektedir.



Şekil 4.31. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri (Büyütme oranları: 5.2RY(A): 176x, 5.2.1Y(A): 150x, 5.2.2Y(A): 178x, 5.2.3Y(A): 175x)

Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerden 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen ipliklere ait SEM analizi görüntüleri Şekil 4.32’de sunulmuştur. Üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit yapısının oldukça homojen ve yuvarlak kesitin düzgün oluştuğu görülmektedir. İç/dış polipropilen polimeri ile üretilen referans bikomponent iplik (3.3RY(B)) aynı malzemedan üretildiği için tek bileşenli bir lif gibi görüntü vermektedir. %1 ve %3 katkı ile üretilen ipliklerde hava boşlukları belli olmaktadır özellikle %3 katkılı iplikte bir miktar iç/dış polimer kesit sınırında ayrılma görülmektedir. %2’lik katkı oranında ise köpük polimerden kaynaklı hava boşluğu görülmemekte burada

da iç/dış yapı arasında bir miktar ayrılma görülmektedir. İki üretim metodu arası kıyas yapacak olursak Metot A ile üretilen liflerde köpük polimer etkisi daha barizdir.



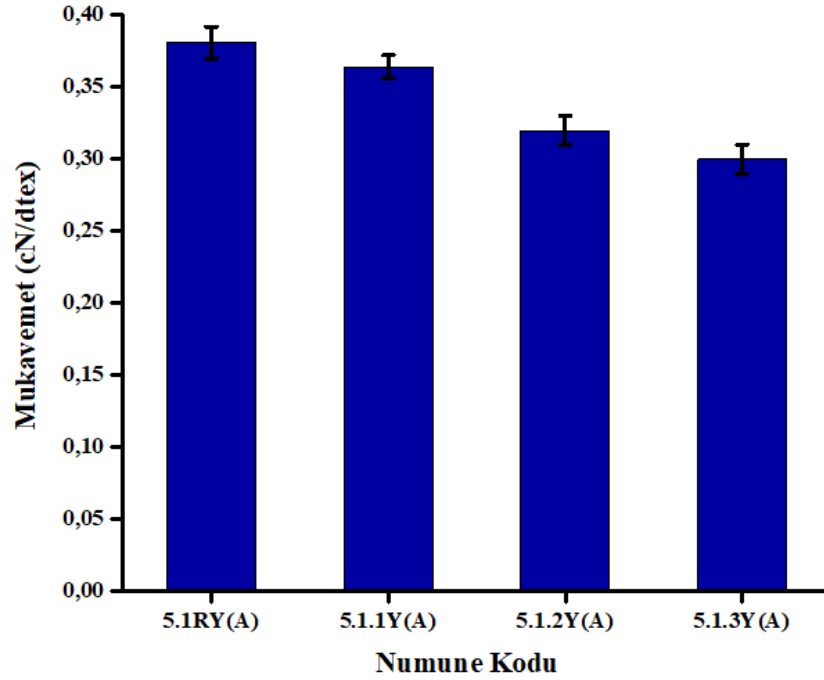
Şekil 4.32. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin enine kesit SEM görüntüleri (Büyütme oranı: 500x)

4.5. Mukavemet ve Uzama Test Sonuçları

Metot A üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet test sonuçları hem Çizelge 4.3' te hem de sırasıyla Şekil 4.33 4.34 ve 4.35'te sunulmuştur. Üç farklı dış/iç ekstrüder besleme oranlarında üretilen ipliklerin mukavemet sonuçları incelendiğinde referans (%100 PP/PP) bikomponent ipliklere göre mukavemet değerleri azalmıştır.

Çizelge 4.3. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçları

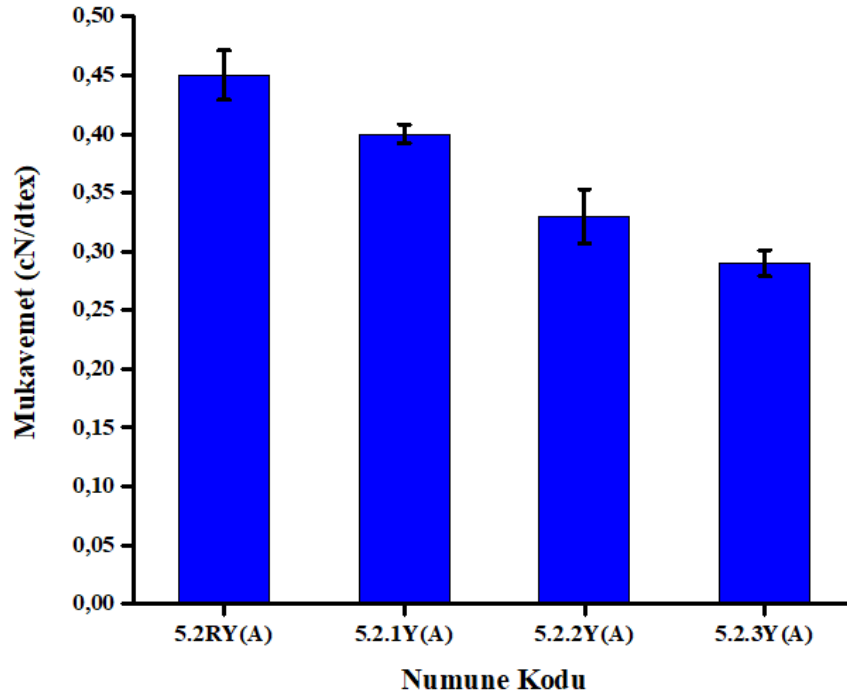
Numune Kodu	Mukavemet (cN/dtex)		Uzama (%)	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
5.1RY(A)	0,38	0,01	5,83	0,91
5.1.1Y(A)	0,36	0,01	46,09	4,49
5.1.2Y(A)	0,32	0,01	52,78	4,75
5.1.3Y(A)	0,30	0,01	64,03	15,48
5.2RY(A)	0,45	0,02	5,95	0,49
5.2.1Y(A)	0,40	0,01	59,99	4,27
5.2.2Y(A)	0,33	0,02	66,99	8,77
5.2.3Y(A)	0,29	0,01	88,00	11,53
4.2RY(A)	0,57	0,02	5,43	0,96
4.2.1Y(A)	0,34	0,02	44,02	2,71
4.2.2Y(A)	0,29	0,02	48,38	2,92
4.2.3Y(A)	0,27	0,01	55,64	3,48



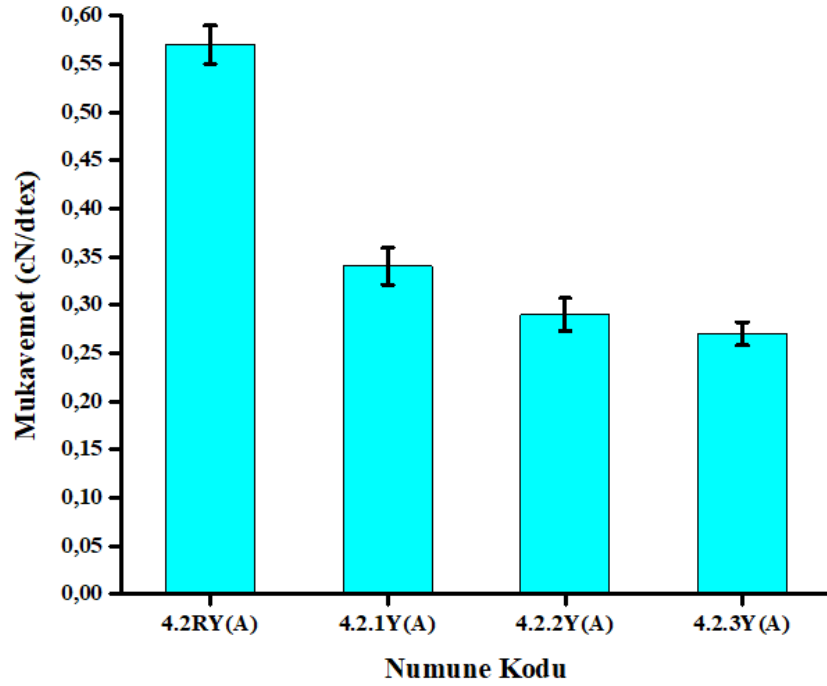
Şekil 4.33. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi

5.1RY(A) kodlu referans ipliğin ortalama mukavemet değeri 0,38 cN/dtex' tir. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, referans ipliğe göre %1, 2 ve 3 katkı oranlarında sırasıyla; %4,5, %16 ve %21,3 oranlarında mukavemet değerlerinde azalma görülmüştür.

5.2RY(A) kodlu referans ipliğin ortalama mukavemet değeri 0,45 cN/dtex' tir. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, referans ipliğe göre %1, 2 ve 3 katkı oranlarında sırasıyla; %11,1, %26,6 ve %35,5 oranında mukavemet değerlerinde azalma görülmüştür. 4.2RY(A) kodlu referans ipliğin ortalama mukavemet değeri 0.57 cN/dtex' tir. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerde, referans ipliğe göre %1, 2 ve 3 katkı oranlarında sırasıyla; %40,4, %49,1 ve %52,6 oranında mukavemet değerlerinde azalma görülmüştür. Mukavemet değerindeki en büyük azalma yaklaşık %52 oranındadır ve en yüksek katkı oranında (%3), 4.2.3Y(A) kodlu numunede görülmüştür.

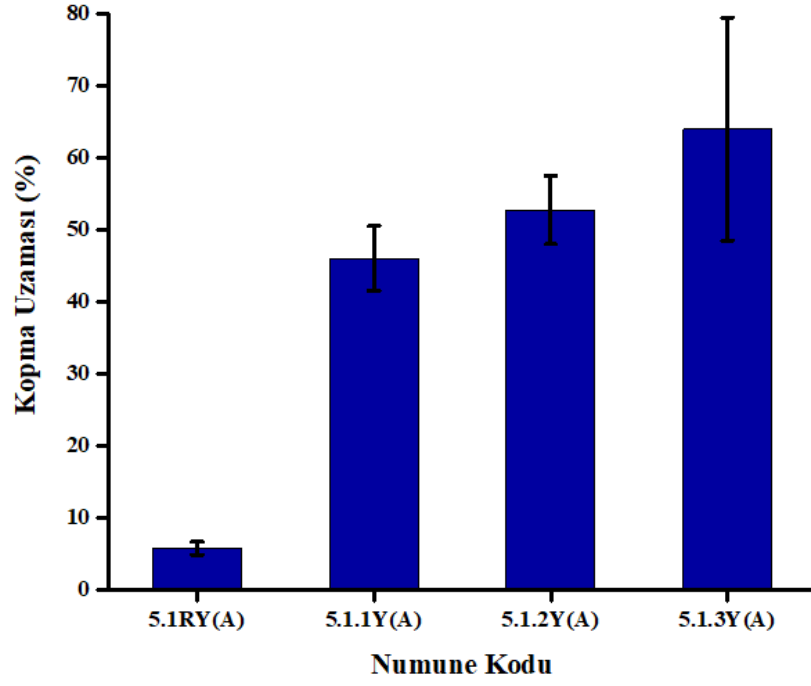


Şekil 4.34. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi

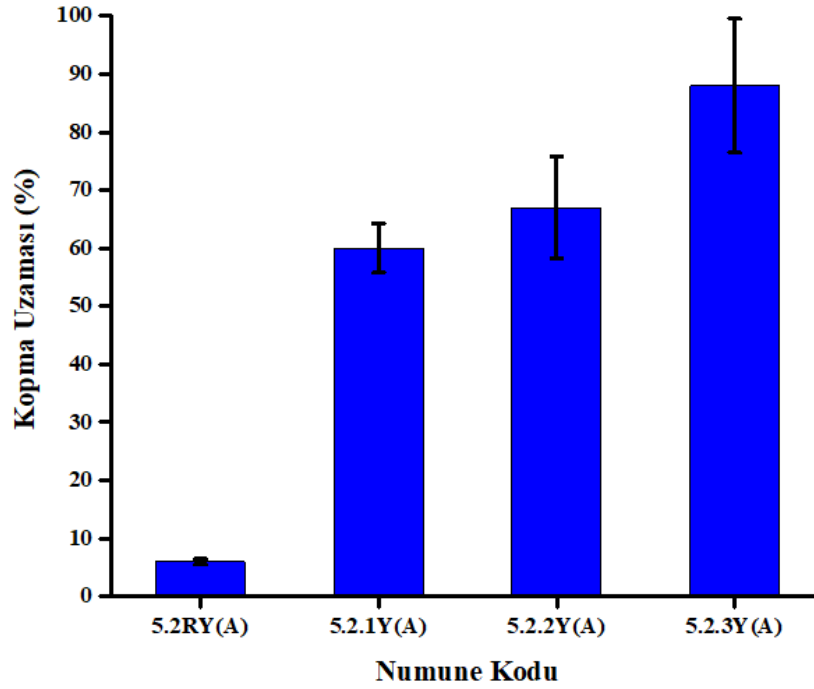


Şekil 4.35. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi

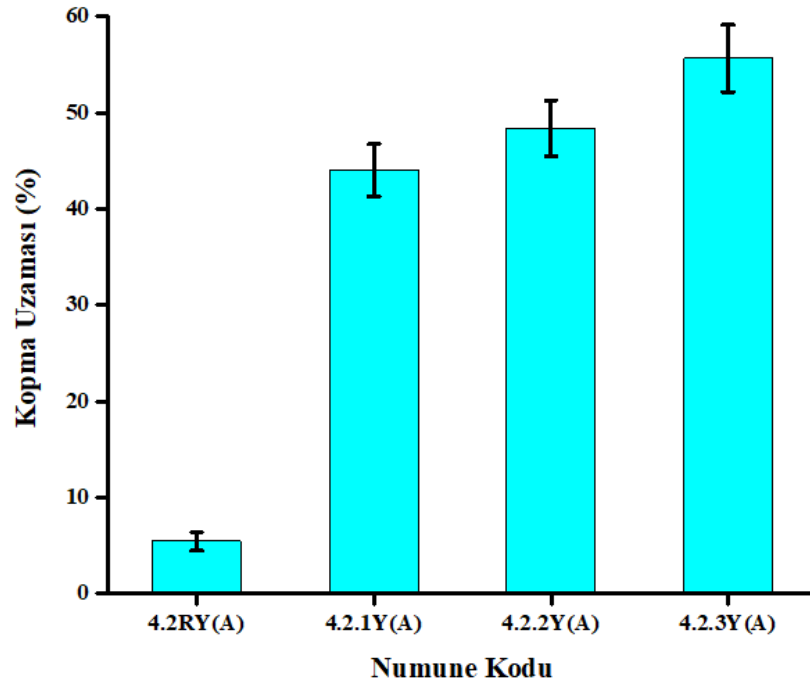
% Kopma uzaması grafikleri incelendiğinde (Şekil 4.36, 4.37 ve 4.38), uzama değerlerinin mukavemet değerlerindeki azalmayla ters orantılı olarak arttığı görülmektedir. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi incelendiğinde, referans iplik ortalama %5,83 uzama değerine sahipken, artan katkı oranıyla ortalama uzama değerleri sırasıyla %46, %52,78 ve %64'tür. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi incelendiğinde, referans iplik ortalama %5,95 uzama değerine sahipken, artan katkı oranıyla ortalama uzama değerleri sırasıyla, %59,99, %66,99 ve %88'dir. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi incelendiğinde, referans iplik ortalama %5,43 uzama değerine sahipken, artan katkı oranıyla ortalama uzama değerleri sırasıyla %44,02, %48,38 ve %55,64'tür. Referans ipliklerin % uzama değerlerindeki standart sapma çok azdır ancak katkı ilavesiyle standart sapma değerleri de yükselmiştir.



Şekil 4.36. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi



Şekil 4.37. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi



Şekil 4.38. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi

Çizelge 4.4. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Parametre		Mukavemet (cN/dtex)		Uzama (%)	
Katkı Oranı	0	0,00*	0,47 d	0,00*	5,62 a
	1		0,37 c		49,50 b
	2		0,31 b		57,17 c
	3		0,29 a		68,92 d
Besleme Oranı	4-2	0,00*	0,37 b	0,00*	38,98 a
	5-1		0,34 a		42,36 a
	5-2		0,37 b		54,58 b
Katkı Oranı*Besleme Oranı		0,00*		0,00*	

(a), (b), (c) ve (d) SNK testine göre istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

*%5 anlamlılık seviyesi

İplik mukavemet ve uzama değerlerine katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin etkisi ANOVA ve SNK testleri ile de değerlendirildiğinde 0,05 anlamlılık seviyesinde hem katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin de mukavemet ve uzama üzerine

etkisi olduğu istatistiksel olarak da ispatlanmıştır. Çizelge 3.5’te mukavemet ve uzama değişkenleri için verilen alternatif hipotezler kabul edilmiştir.

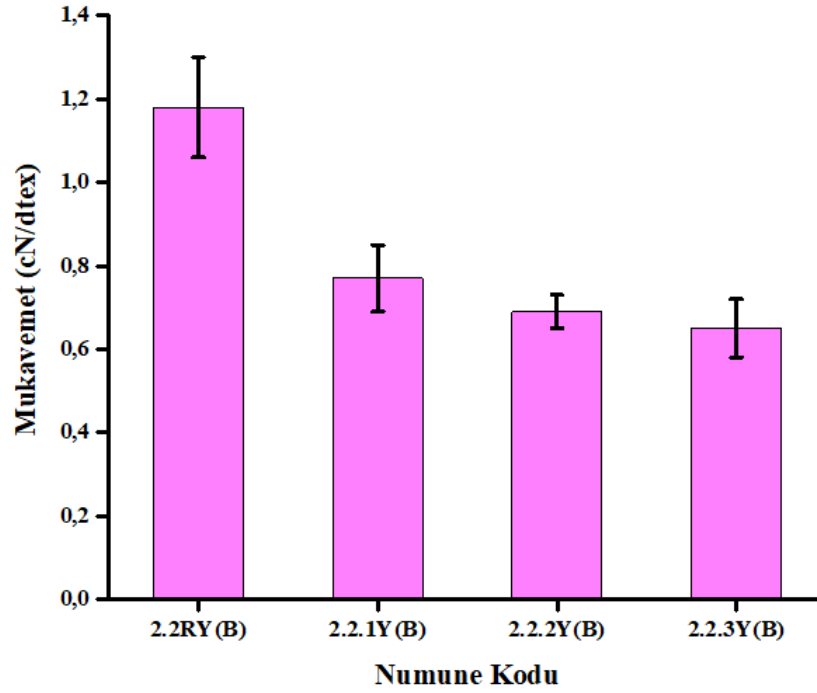
Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama test sonuçları hem Çizelge 4.5’te hem de sırasıyla Şekil 4.39, 4.40, 4.41, 4.42 ve 4.43’te sunulmuştur. Mukavemet değerlerindeki genel değişim değerlendirildiğinde katkı ilavesiyle mukavemet değerlerinin azaldığı söylenebilir.

Çizelge 4.5. Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçları

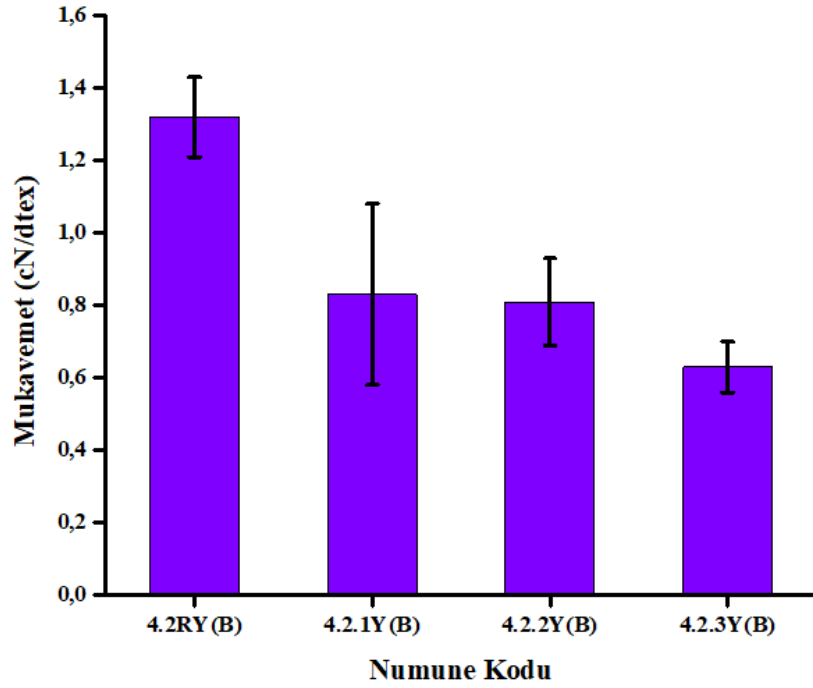
Numune Kodu	Mukavemet (cN/dtex)		Uzama (%)	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
2.2RY(B)	1,18	0,12	437,25	28,19
2.2.1Y(B)	0,77	0,08	489,98	34,36
2.2.2Y(B)	0,69	0,04	504,11	37,61
2.2.3Y(B)	0,65	0,07	516,07	37,28
4.2.RY(B)	1,32	0,11	518,05	75,60
4.2.1Y(B)	0,83	0,25	607,41	66,67
4.2.2Y(B)	0,81	0,12	626,79	65,36
4.2.3Y(B)	0,63	0,07	632,02	88,59
3.3RY(B)	1,03	0,08	423,35	75,36
3.3.1Y(B)	0,96	0,08	512,51	40,76
3.3.2Y(B)	0,92	0,05	622,63	23,56
3.3.3Y(B)	0,75	0,11	782,23	72,07
6.3RY(B)	1,12	0,07	543,35	57,96
6.3.1Y(B)	0,83	0,18	557	63,04
6.3.2Y(B)	0,82	0,09	657,15	62,44
6.3.3Y(B)	0,76	0,03	881,52	40,01
4.4.RY(B)	1,34	0,05	580,20	83,09
4.4.1Y(B)	0,86	0,07	586,79	57,83
4.4.2Y(B)	0,71	0,12	631,59	52,08
4.4.3Y(B)	0,50	0,08	717,50	69,38

0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi incelendiğinde 2.2RY(B) kodlu referans ipliğin ortalama mukavemet değeri 1,18 cN/dtex’ tir. Artan katkı oranıyla birlikte sırasıyla 0,77, 0,69, ve

0,65 cN/dtex mukavemet değerleri elde edilmiştir. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi 4.2RY(B) kodlu referans ipliğin ortalama mukavemet değeri 1,32 cN/dtex' tir. Artan katkı oranıyla birlikte sırasıyla 0,83, 0,81 ve 0,63 cN/dtex mukavemet değerleri elde edilmiştir.

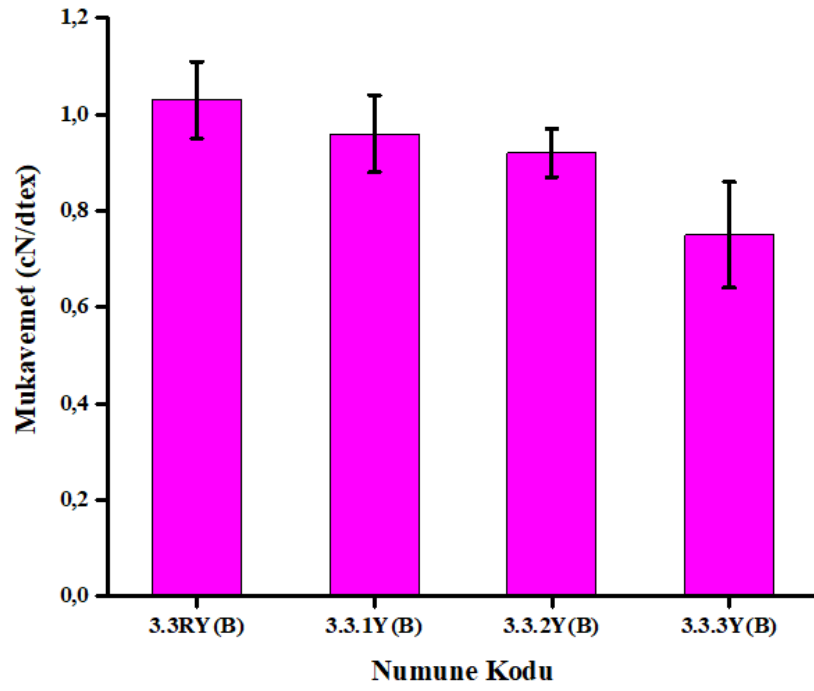


şekil 4.39. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi

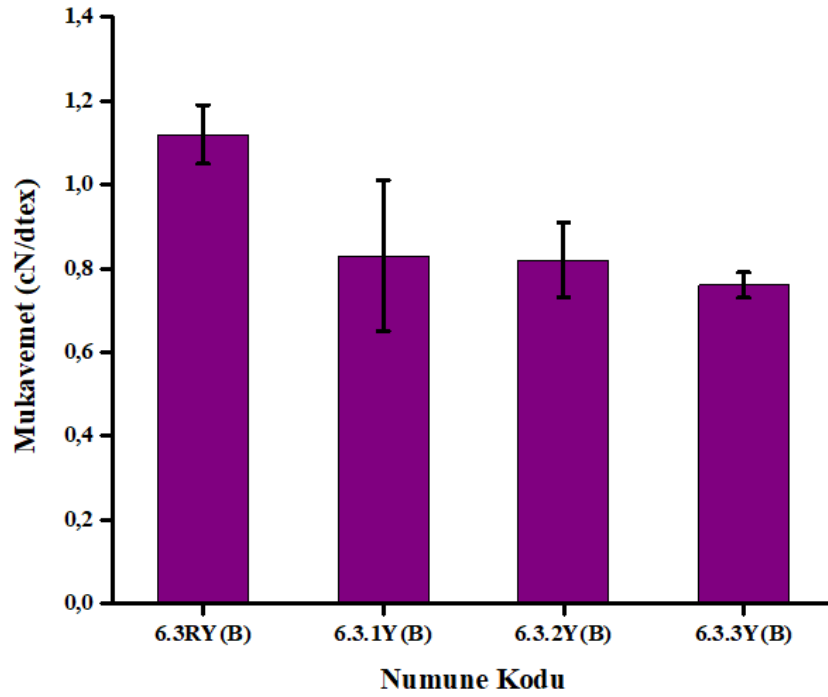


Şekil 4.40. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi

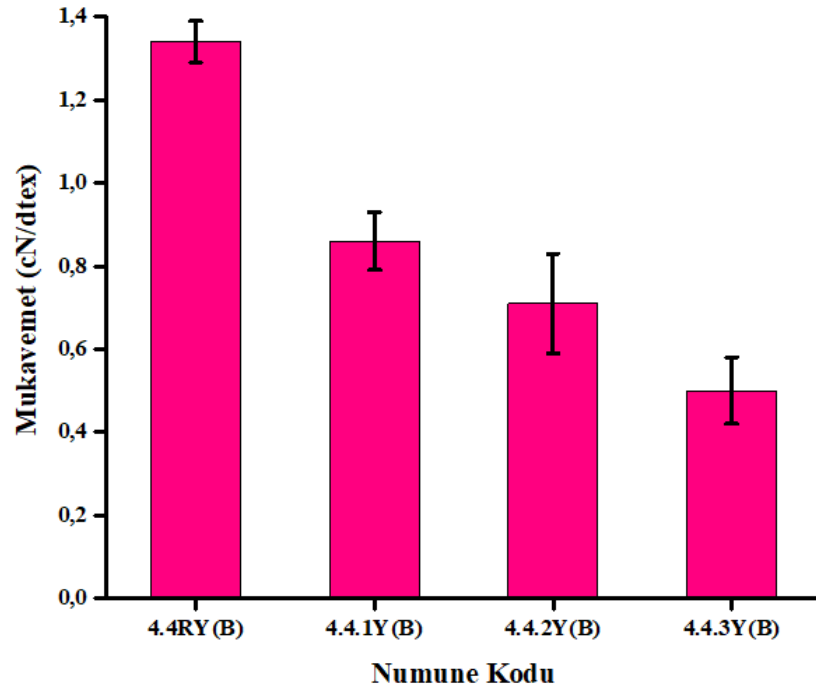
0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi incelendiğinde 3.3RY(B) kodlu referans ipliğin ortalama mukavemet değeri 1,03 cN/dtex' tir. Artan katkı oranıyla birlikte sırasıyla 0,96, 0,92 ve 0,75 cN/dtex mukavemet değerleri elde edilmiştir. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi incelendiğinde 6.3RY(B) kodlu referans ipliğin ortalama mukavemet değeri 1,12 cN/dtex' tir. Artan katkı oranıyla birlikte sırasıyla 0,83, 0,82 ve 0,76 cN/dtex mukavemet değerleri elde edilmiştir. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi incelendiğinde 4.4RY(B) kodlu referans ipliğin ortalama mukavemet değeri 1,34 cN/dtex' tir. Artan katkı oranıyla birlikte sırasıyla 0,86, 0,71 ve 0,5 cN/dtex mukavemet değerleri elde edilmiştir. Mukavemet değerindeki en büyük azalma yaklaşık %62,6 oranındadır ve en yüksek katkı oranında (%3), 4.4.3Y(B) kodlu numunede görülmüştür.



Şekil 4.41 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi

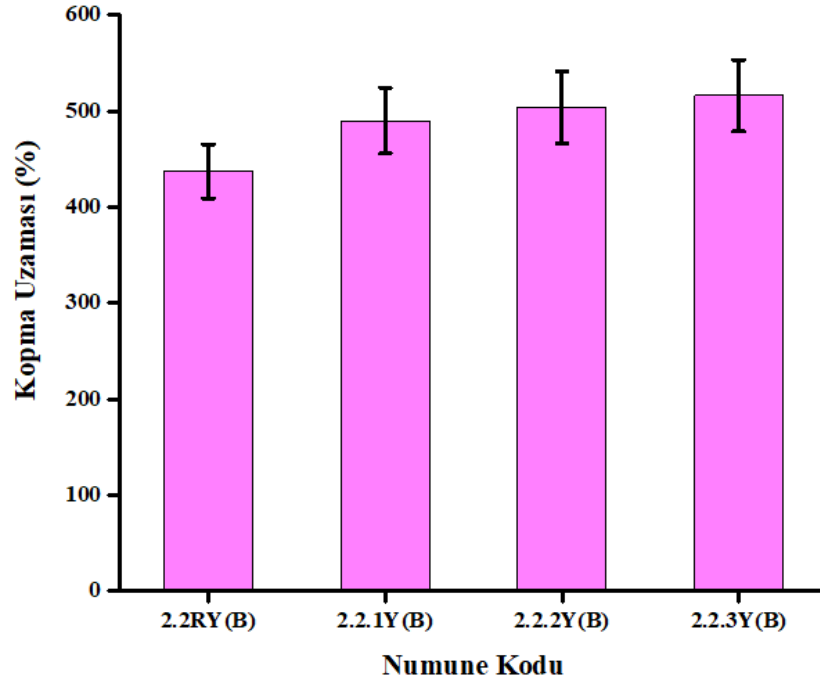


Şekil 4.42. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi



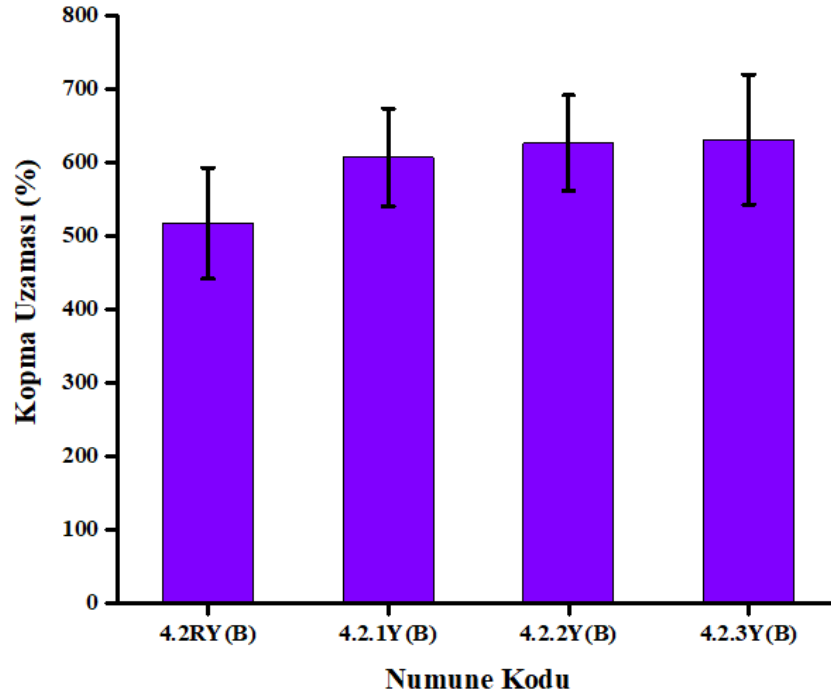
Şekil 4.43. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı mukavemet değişimi

% Kopma uzaması grafikleri incelendiğinde (Şekil 4.44, 4.45, 4.46, 4.47 ve 4.48), uzama değerlerinin hem referans numunelerde hem de katkılı numunelerde oldukça yüksek olduğu görülmektedir. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi incelendiğinde 2.2RY(B) kodlu referans ipliğin %437,25, katkılı ipliklerinse sırasıyla %489,98, %504,11 ve %516,07 uzama değerine sahip olduğu görülmektedir.

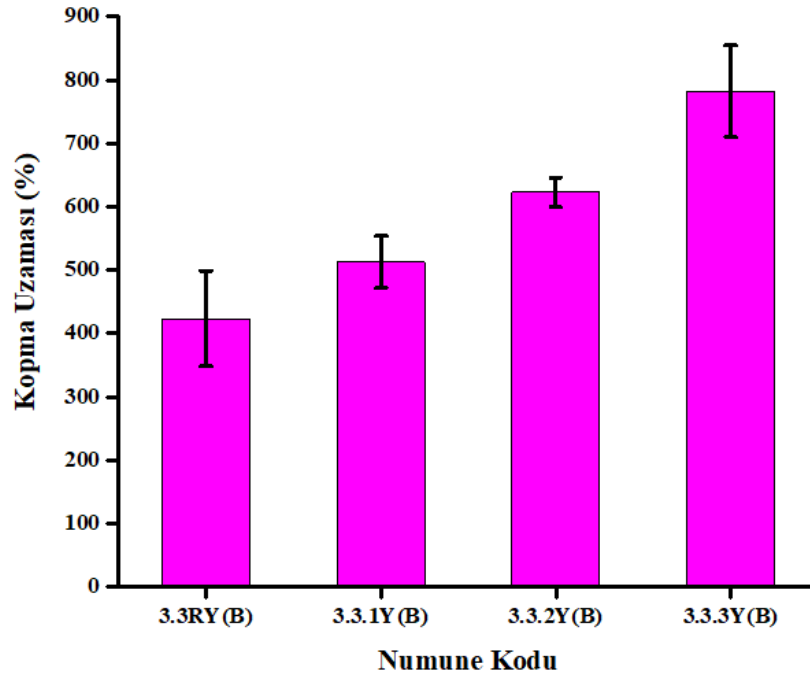


Şekil 4.44 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi

0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi incelendiğinde 4.2RY(B) kodlu referans ipliğin %518,05 katkılı ipliklerinse sırasıyla %607,41, %626,79 ve %632,02 uzama değerine sahip olduğu görülmektedir. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi incelendiğinde 3.3RY(B) kodlu referans ipliğin %423,35 katkılı ipliklerinse sırasıyla %512,51, %622,63 ve %782,23 uzama değerine sahip olduğu görülmektedir.

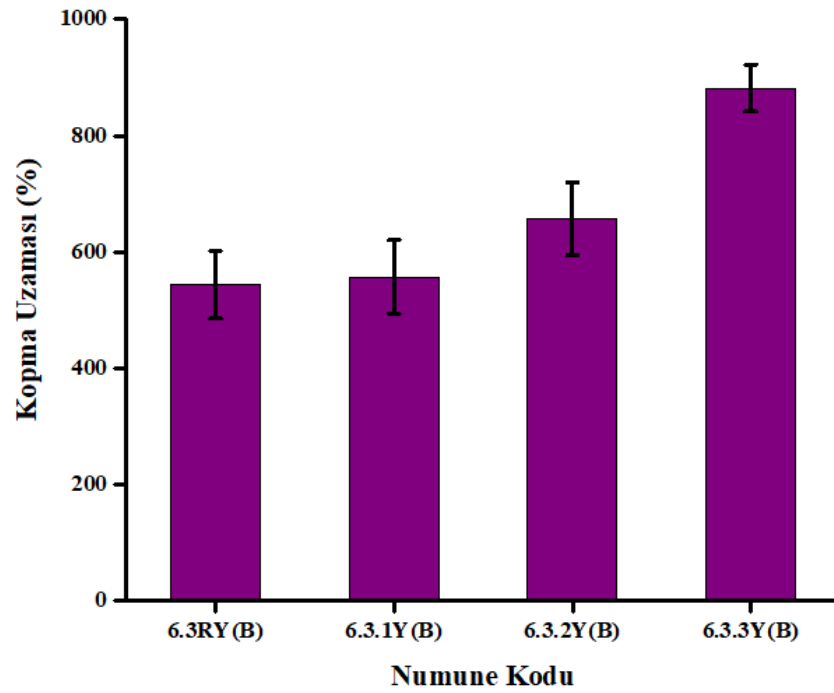


Şekil 4.45. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi

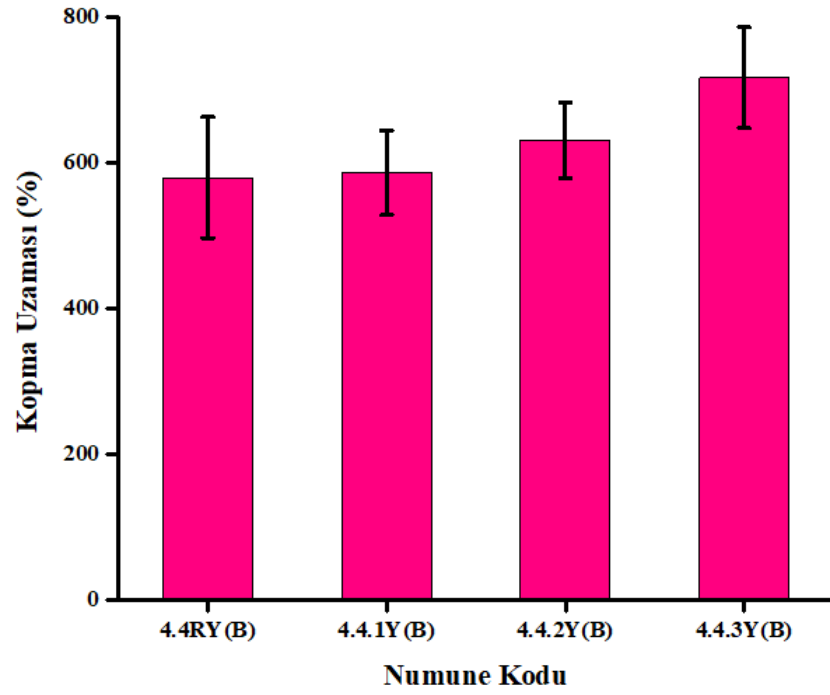


Şekil 4.46. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi

0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi incelendiğinde 6.3RY(B) kodlu referans ipliğin %543,35 katkılı ipliklerinse sırasıyla %557, %657,15 ve %881,52 uzama değerine sahip olduğu görülmektedir. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi incelendiğinde 4.4RY(B) kodlu referans ipliğin %580,2 katkılı ipliklerinse sırasıyla %586,79, 631,59 ve %717,5 uzama değerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.47. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi



Şekil 4.48. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin katkı oranına bağlı % kopma uzaması değişimi

Çizelge 4.6. Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Parametre		Mukavemet (cN/dtex)		Uzama (%)	
Katkı Oranı	0	0,00*	1,20 c	0,00*	500 a
	1		0,85 b		550 b
	2		0,79 b		608 c
	3		0,66 a		705 d
Besleme Oranı	0.2-0.2	0,14*	0,82 a	0,00*	486 a
	0.4-0.2		0,89 a		596 b
	0.3-0.3		0,91 a		585 b
	0.6-0.3		0,88 a		659 c
	0.4-0.4		0,85 a		628 bc
Katkı Oranı * Besleme Oranı		0,00*		0,00*	

(a), (b) ve (c) SNK testine göre istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

*%5 anlamlılık seviyesi

İplik mukavemet ve uzama değerlerine katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin etkisi ANOVA ve SNK testleri ile de değerlendirildiğinde 0,05 anlamlılık seviyesinde

hem katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin de mukavemet ve uzama üzerine etkisi olduğu istatistiksel olarak da ispatlanmıştır. Çizelge 3.5'te mukavemet ve uzama değişkenleri için verilen alternatif hipotezler kabul edilmiştir.

Metot A ve Metot B ile üretilen referans ve köpük polimer katkılı bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçları değerlendirildiğinde Metot B ile üretilen ipliklerin mukavemet değerleri daha yüksek fakat mukavemete bağlı standart sapma değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Aynı şekilde % uzama değerleri ve buna bağlı standart sapma değerleri Metot A ile üretilen bikomponent ipliklere göre oldukça yüksektir. Metot A ile üretilen bikomponent iplikler daha düşük mukavemete sahip ancak mukavemet değerlerindeki varyasyon oldukça düşüktür. Ayrıca bu yöntem ile üretilen bikomponent ipliklerde % uzama değerleri de diğerine kıyasla çok düşüktür. Uzama değerlerindeki varyasyon da diğer iplik grubuna kıyasla çok daha azdır. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin mukavemet ve uzama sonuçlarının daha stabil olduğu görülmektedir. Mukavemet değerlerindeki azalma da Metot B ile üretilen ipliklerde daha yüksektir.

Köpük polimer katkısıyla birlikte mukavemet değerlerindeki azalma birkaç sebeple açıklanabilir. Literatürde katkılı bikomponent ipliklerle ilgili bazı çalışmalarda (Celen ve Ulcay, 2019; Lund ve Hagström, 2011; Hu, Chang ve Liang; 2018) bu çalışmaya benzer şekilde katkı ilavesiyle birlikte mukavemetin azaldığı belirtilmiştir. Köpük polimerin ısıyla genişemesinden dolayı, köpük polimer ve polipropilen polimeri arasındaki düşük etkileşim nedeniyle mukavemet azalmış olabilir. Bikomponent lif üretiminde iki polimerin birbiri ile etkileşiminin yüksek olması gerekir ki iyi fiziksel ve mekanik özellikler elde edilebilsin. Hu, Chang ve Liang (2018) çalışmalarında bikomponent liflerin mekanik özelliklerini geliştirmek için iki polimer arasında güçlü bir etkileşimin olması gerektiğini belirtmiştir.

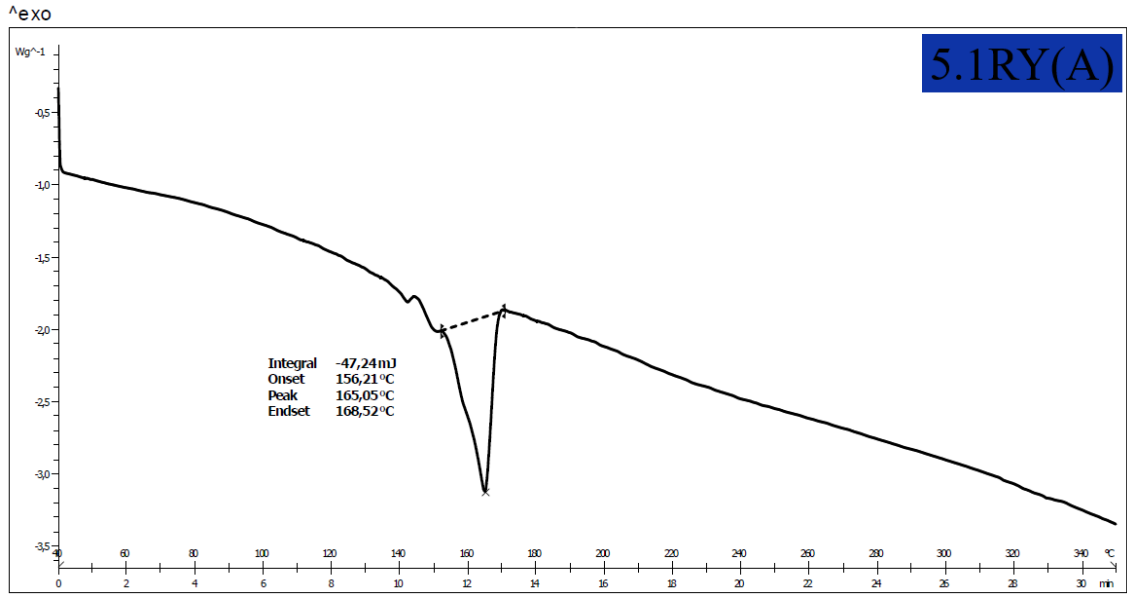
Mukavemet değerlerini etkileyecek faktörlerden biri de çekim oranıdır. Maqsood ve Seide (2019) çalışmalarında bikomponent liflerin mekanik özelliklerini belirleyen en önemli faktörün çekim oranı olduğunu belirtmiştir. Materyal ve Yöntem bölümünde de daha önce bahsedildiği gibi tez çalışmasında laboratuvar tipi bikomponent iplik üretim

makinası kullanılmıştır ve bu makine ile Spinboy makineler ya da sanayi tipi üretim makinelerindeki gibi bir çekim hızına çıkılamamaktadır. Bu nedenle referans bikomponent ipliklerde dahi zaten yüksek mukavemet değerleri elde edilememiştir. Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerdeki mukavemetin biraz daha yüksek olmasının az da olsa daha yüksek çekim hızı uygulanmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

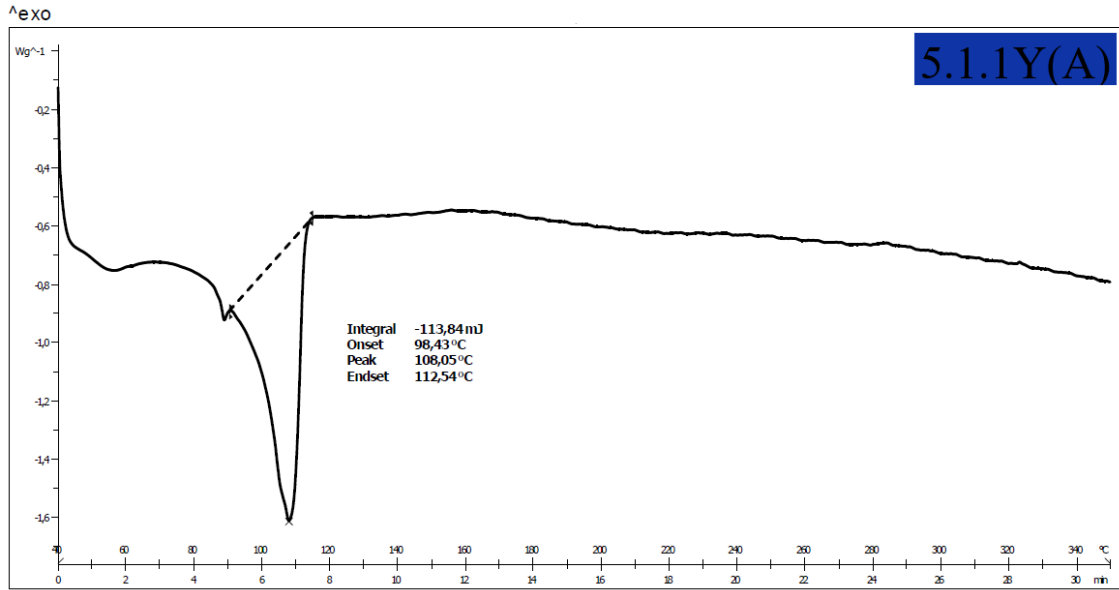
Mukavemet özelliklerini etkileyecek en önemli parametrelerden biri de oryantasyondur (Yıldırım ve Ulcay, 2014). Bikomponent lif üretiminde de soğutma oranı her bir komponentin oryantasyonunu belirleyen önemli bir parametredir (Dasdemir, Maze, Anantharamaiah ve Pourdeyhimi, 2012). Çalışmada kullanılan üretim makinesinde soğutma parametrelerine müdahale edilememektedir. Soğutma havası ve sıcaklığı sabit olduğundan etkili ve hızlı bir soğutma işlemi elde edilememektedir ve bu nedenle de ipliklerin yeterince oryante olamadığı düşünülmektedir. Yetersiz oryantasyon da mukavemet özelliklerini negatif etkilemektedir.

4.6. Bikomponent İpliklerin DSC Analiz Sonuçları

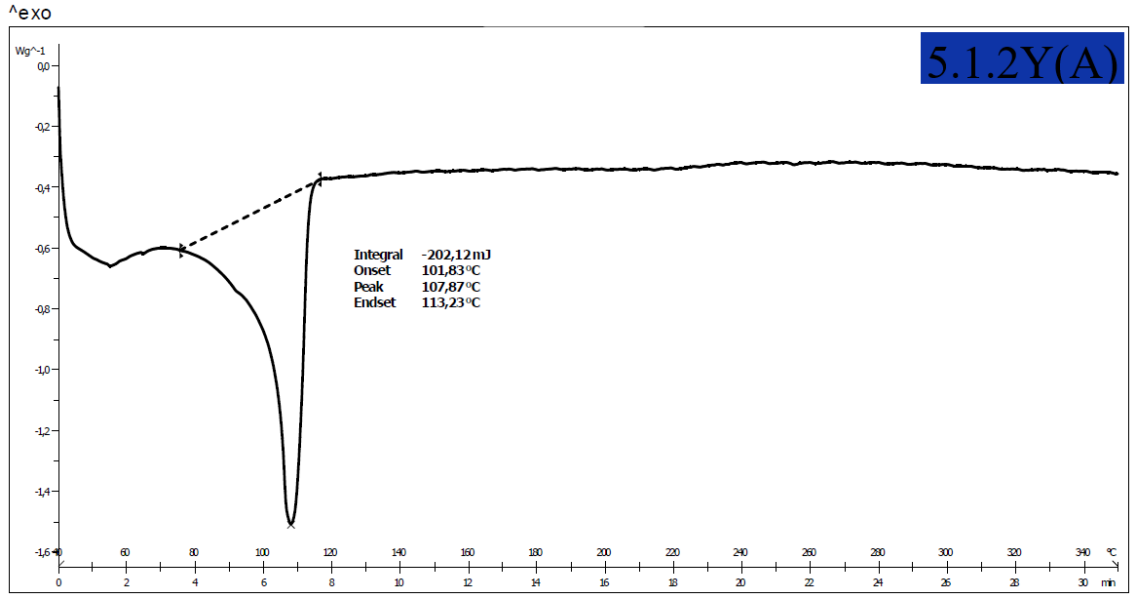
5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrisi sırasıyla Şekil 4.49, 4.50, 4.51 ve 4.52’de sunulmuştur. 5.1RY(A) kodlu referans bikomponent ipliklerin erime piki beklenildiği gibi 165°C’ de görülmüştür. %1 köpük polimer katkısıyla birlikte bikomponent ipliklerin erime piki 110°C civarında görülmüştür. Artan katkı oranı ilavesiyle birlikte erime pik sıcaklıklarında herhangi bir değişim gözlenmemiştir.



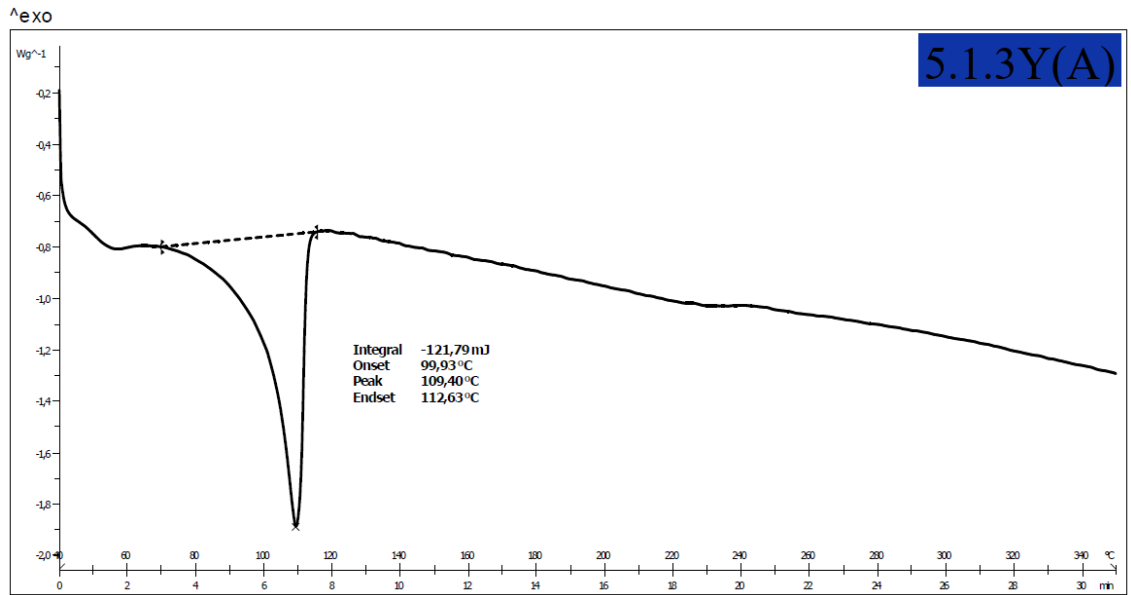
Şekil 4.49. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.50. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



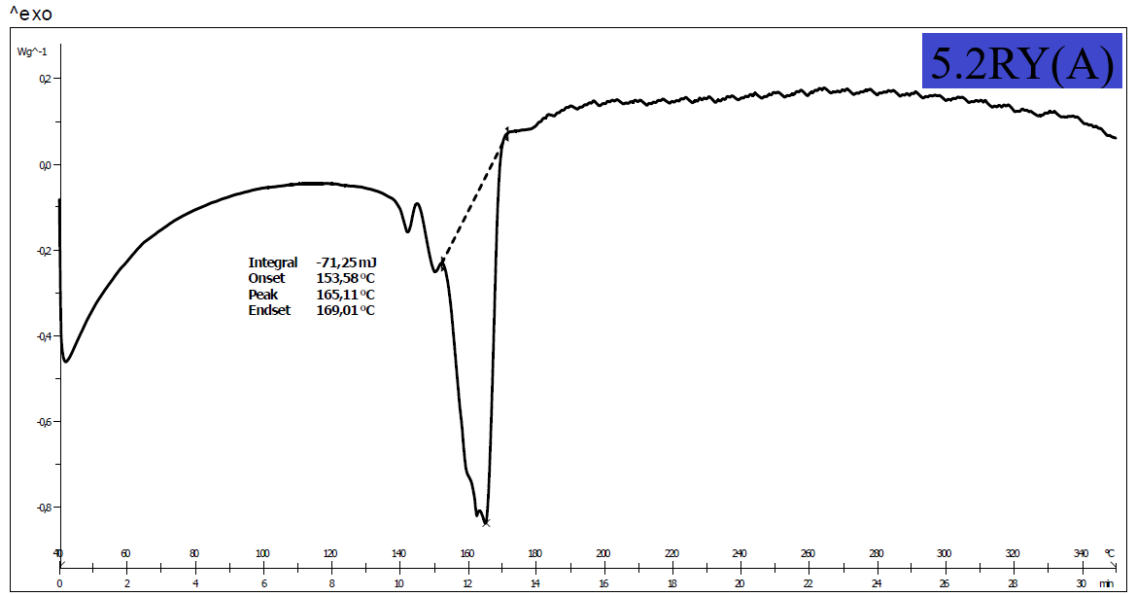
Şekil 4.51. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



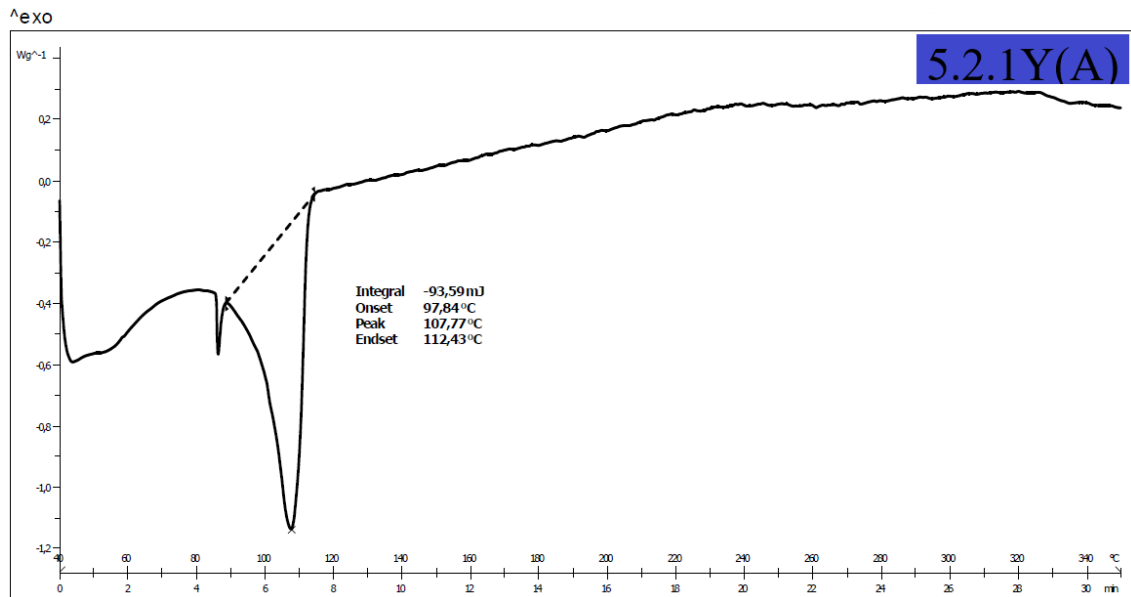
Şekil 4.52. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrisi sırasıyla Şekil 4.53, 4.54, 4.55 ve 4.56’da sunulmuştur. 5.2RY(A) kodlu referans bikomponent ipliklerin erime piki beklenildiği gibi 165°C’ de görülmüştür. %1 köpük polimer katkısıyla birlikte bikomponent ipliklerin erime piki 110°C civarında görülmüştür. Artan

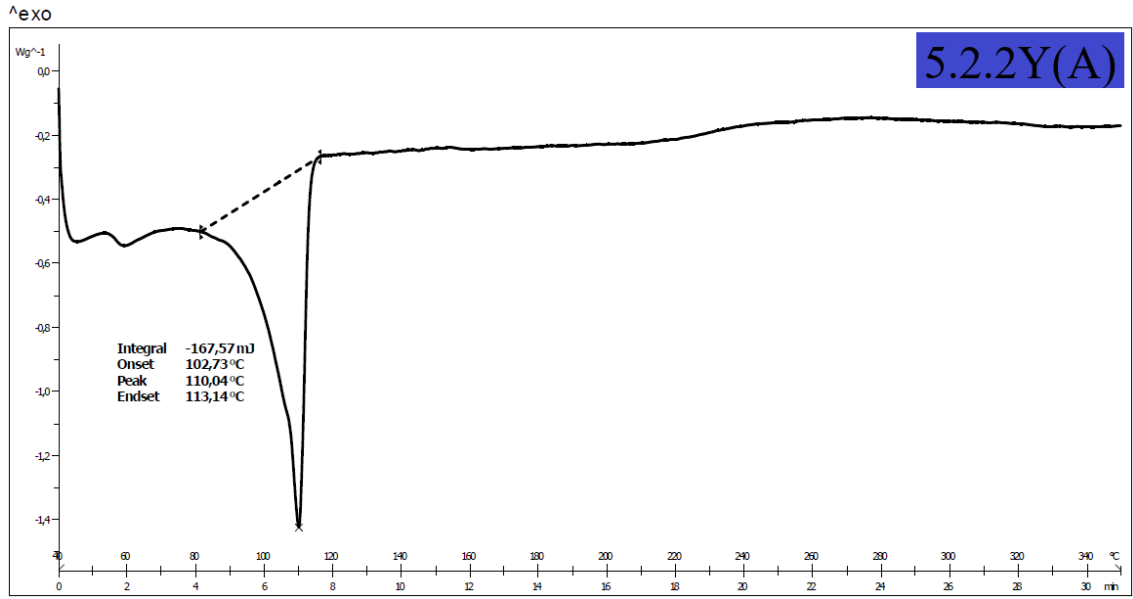
katkı oranı ilavesiyle birlikte erime pik sıcaklıklarında herhangi bir değişim gözlenmemiştir.



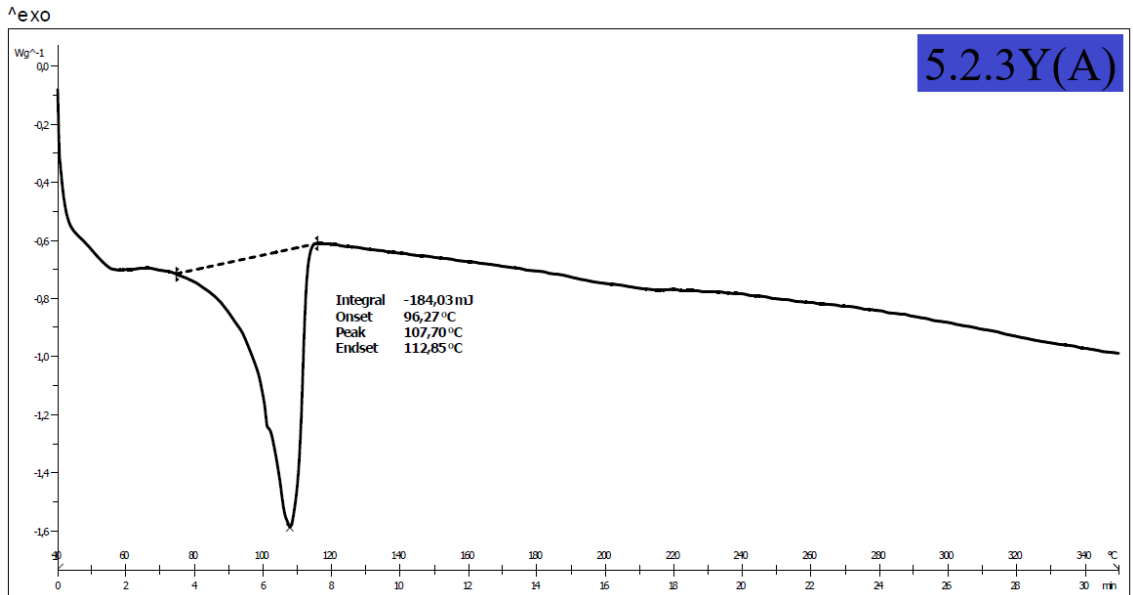
Şekil 4.53. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.54. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



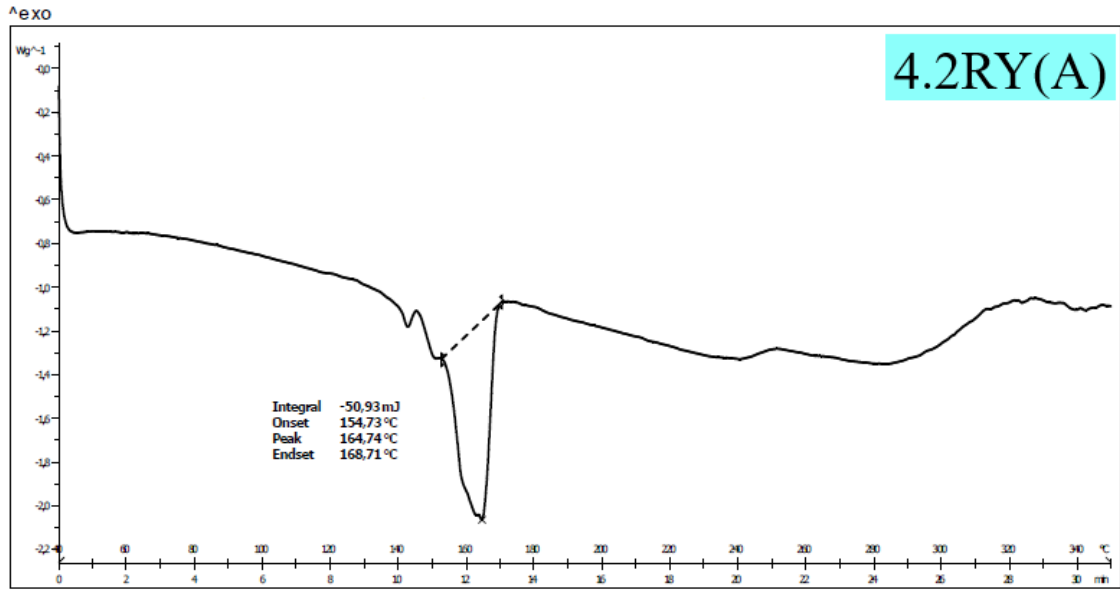
Şekil 4.55. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



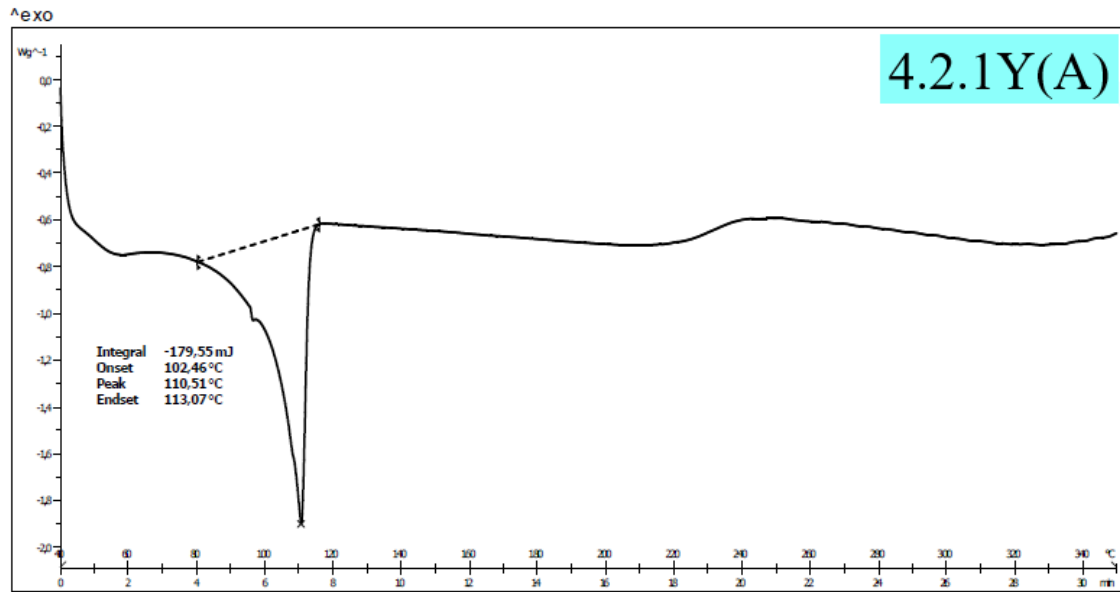
Şekil 4.56. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrisi sırasıyla Şekil 4.57, 4.58, 4.59 ve 4.60'ta sunulmuştur. 4.2RY(A) kodlu referans bikomponent ipliklerin erime piki beklenildiği gibi 165°C' de görülmüştür. %1 köpük polimer katkısıyla birlikte bikomponent ipliklerin erime piki 110°C civarında görülmüştür. Artan

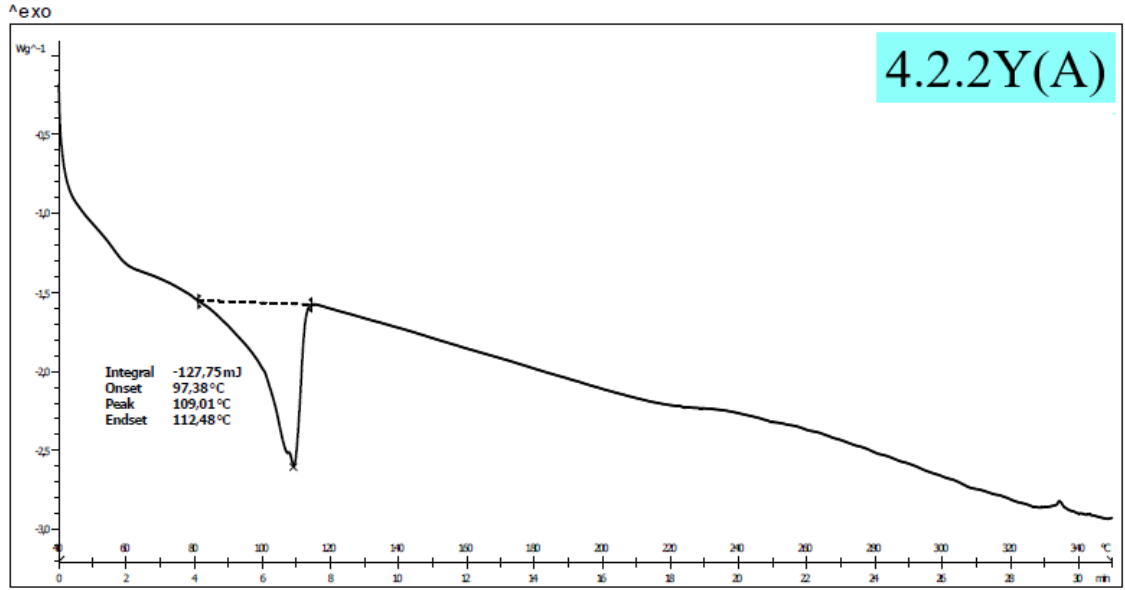
katkı oranı ilavesiyle birlikte erime pik sıcaklıklarında herhangi bir değişim gözlenmemiştir.



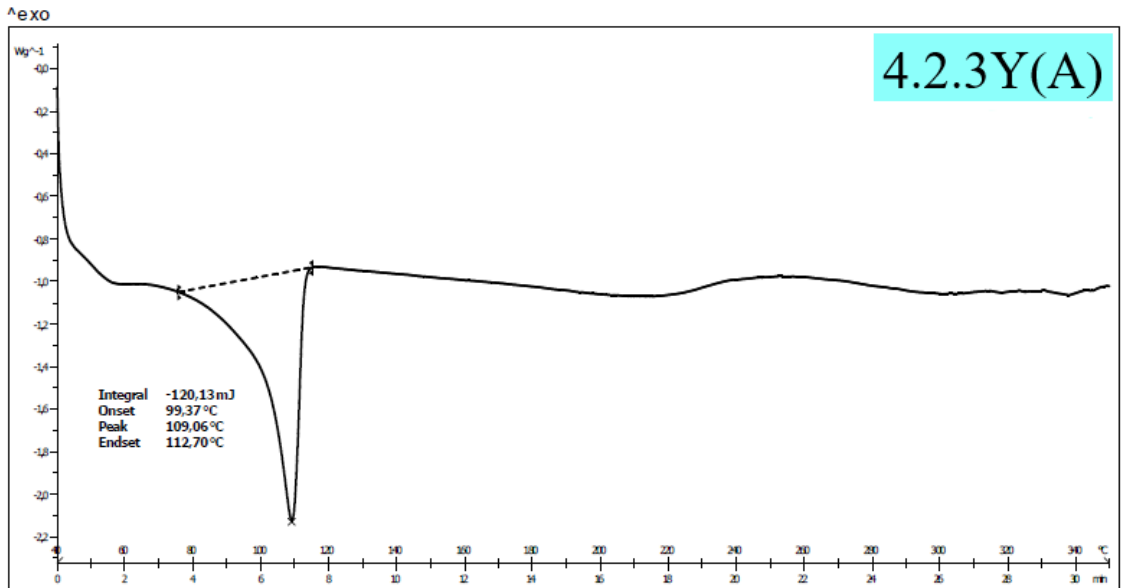
Şekil 4.57. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.58. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.59. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.60. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

Üç farklı ekstrüder hız oranlarında üretilen bikomponent ipliklerin her birinde benzer DSC eğrileri elde edilmiştir. PP/PP iç/dış bikomponent referans iplikler, aynı polimerin birbirine yüksek adezyonu ve uyumundan dolayı monofilament PP ipliği gibi davranmış ve tek bir noktada, 160-170 °C aralığında erime piki göstermiştir. Köpük polimer katkısıyla birlikte erime sıcaklığı yaklaşık 55 °C kadar düşüş göstermiştir. Fakat artan

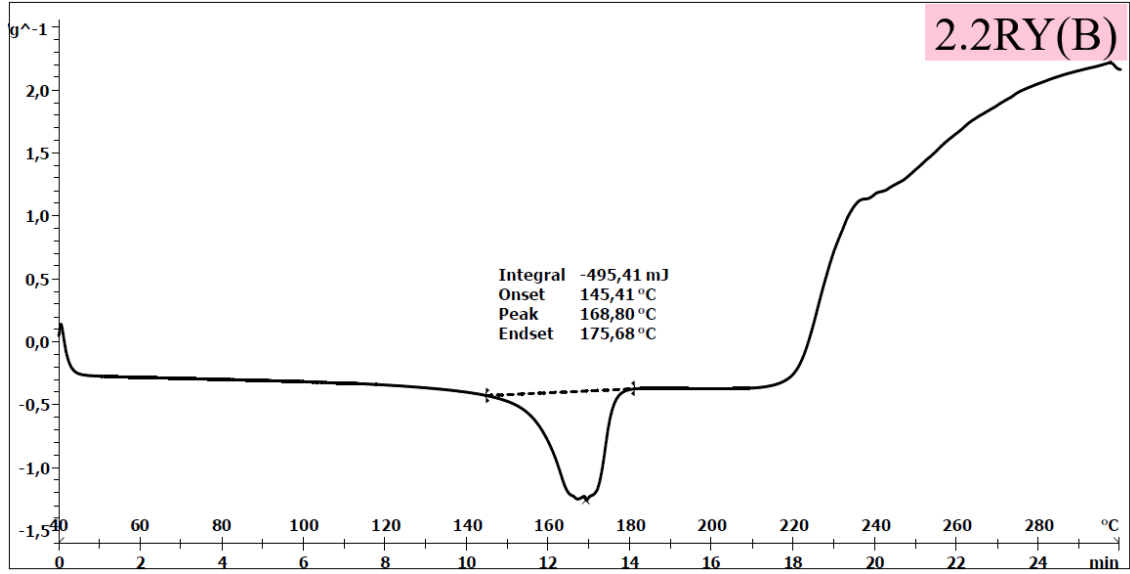
katkı oranıyla birlikte azalma olmamış, katkılı bikomponent iplikler neredeyse aynı noktada erime piki göstermiştir. Erime sıcaklığını etkileyen faktörlerin başında moleküller arası bağ kuvvetleri gelmektedir. Ayrıca yapıda bulunan yabancı maddeler de erime sıcaklığını azaltmaktadır (Hockenberger, 2004). Köpük polimer katkısı ve sıcaklıkla beraber köpük polimerin genleşmesi nedeniyle iç ve dış polimer arası etkileşimin azaldığı ve buna bağlı olarak da bağ kuvvetlerinin zayıfladığı sonucuna varılmıştır. Bu durum da erime sıcaklıklarını düşürmüştür.

Çizelge 4.7’de Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrilerinden elde edilen ve Eşitlik (1)’e göre hesaplanan kristalizasyon oranları sunulmuştur. Referans numunelere göre erime sıcaklıklarındaki azalmaya karşı kristalizasyon oranlarında artış görülmektedir. Kristalizasyon oranları; 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen katkılı ipliklerde referans ipliğe göre sırasıyla, %0,6, %11,5 ve %12, 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen katkılı ipliklerde referans ipliğe göre sırasıyla, %8, %10,9 ve %15,6, 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen katkılı ipliklerde referans ipliğe göre sırasıyla, %12,3, %10,86 ve %15,1 artmıştır. Köpük polimer katkısı bikomponent ipliklerin kristallenme davranışını olumsuz etkilememiş aksine iyileştirmiştir.

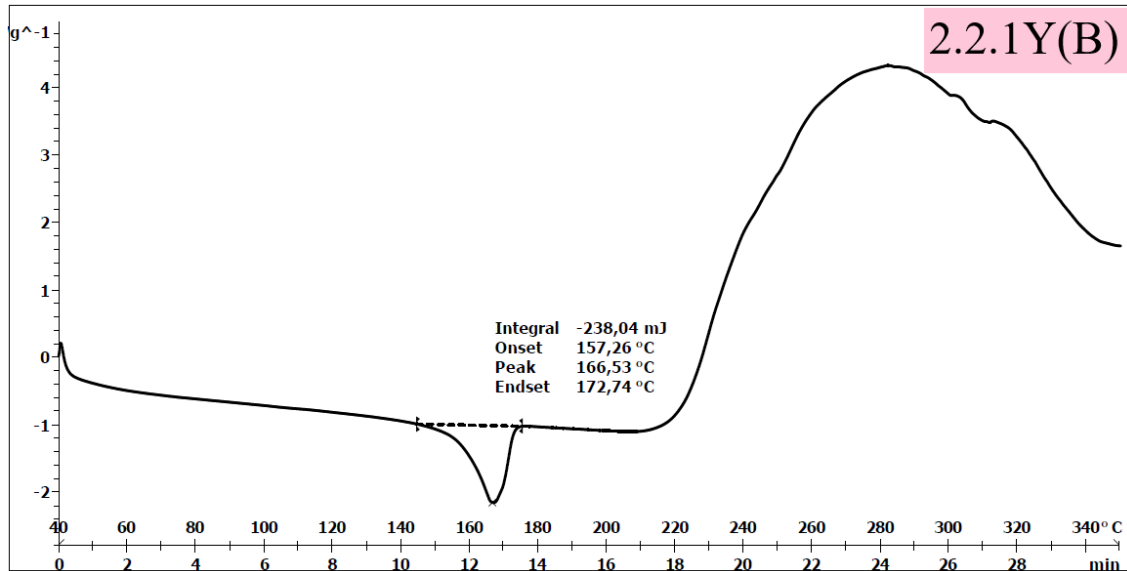
Çizelge 4.7. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrilerinden elde edilen sonuçlar

Numune Kodu	Başlangıç Sıcaklığı (°C)	Bitiş Sıcaklığı (°C)	Erime Sıcaklığı (°C)	Kristalizasyon Oranı (%)
5.1RY(A)	156,21	168,52	165,05	27,16
5.1.1Y(A)	98,43	112,54	108,05	27,76
5.1.2Y(A)	101,83	113,23	107,87	38,73
5.1.3Y(A)	99,93	112,63	109,40	39,20
5.2RY(A)	153,58	169,01	165,11	22,63
5.2.1Y(A)	97,84	112,43	107,77	30,74
5.2.2Y(A)	102,73	113,14	110,04	33,57
5.2.3Y(A)	96,27	112,85	107,70	38,30
4.2RY(A)	154,73	168,71	164,74	24,59
4.2.1Y(A)	102,46	113,07	110,51	36,89
4.2.2Y(A)	97,38	112,48	109,01	35,45
4.2.3Y(A)	99,37	112,70	109,06	39,73

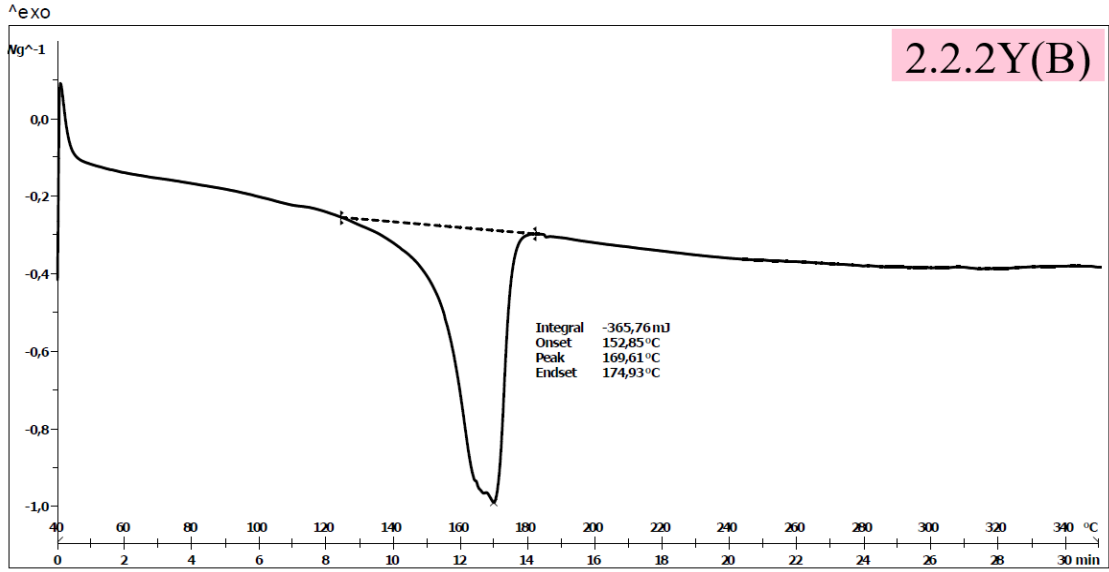
0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrisi sırasıyla Şekil 4.61, 4.62, 4.63 ve 4.64'te sunulmuştur. 2.2RY(B) kodlu referans bikomponent ipliklerin erime piki beklenildiği gibi 168°C' de görülmüştür. %1 köpük polimer katkısıyla birlikte bikomponent ipliklerin erime piki 166 °C civarında görülmüştür. %2 ve %3 katkılı ipliklerin erime sıcaklıkları sırasıyla 169 ve 163 °C'dir.



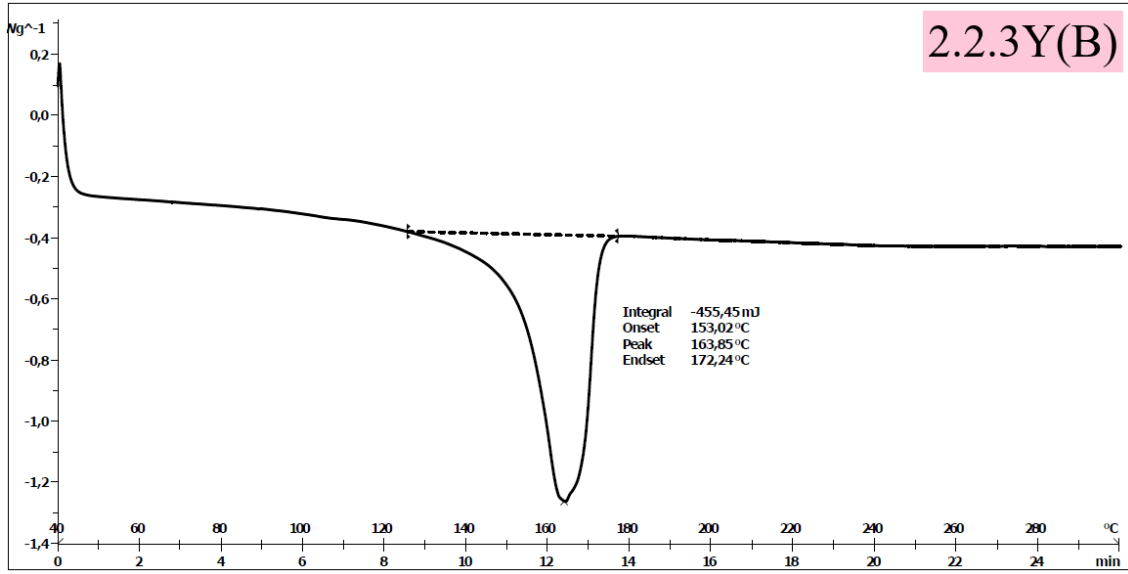
Şekil 4.61. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.62. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

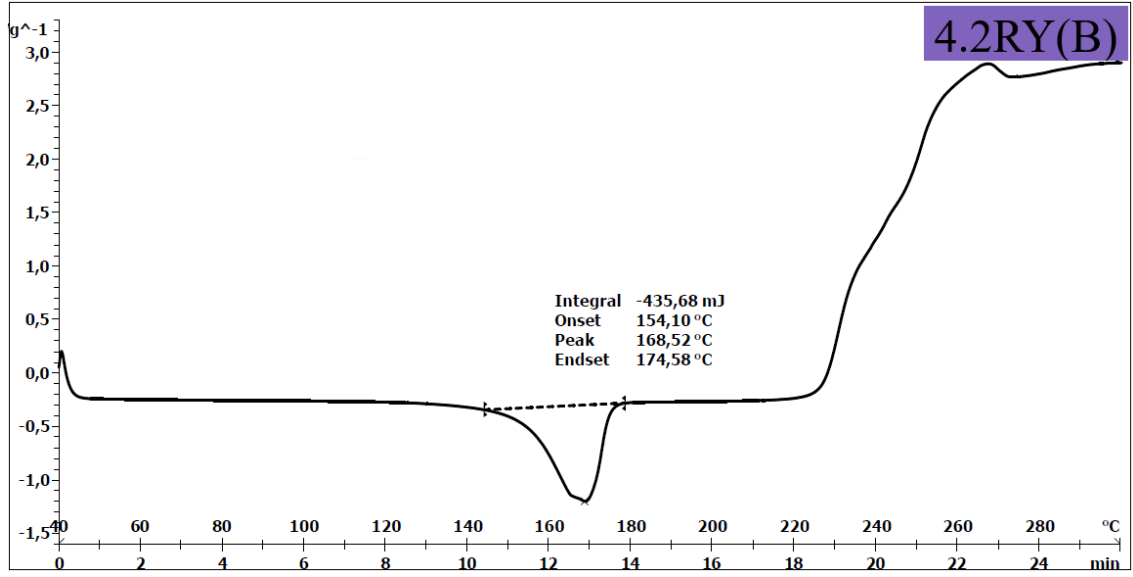


Şekil 4.63. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

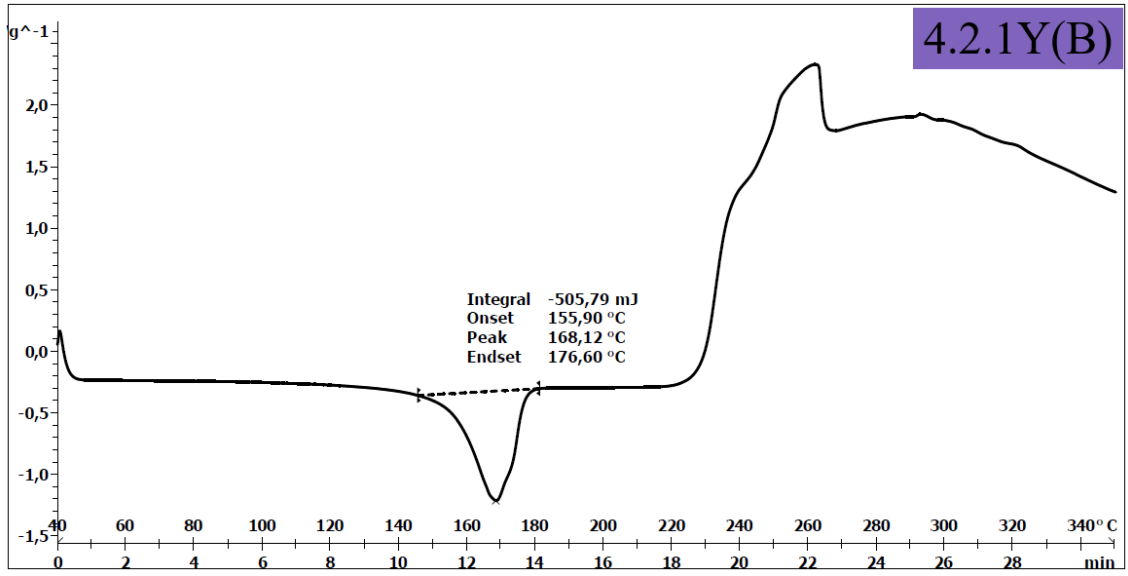


Şekil 4.64. 0.2/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

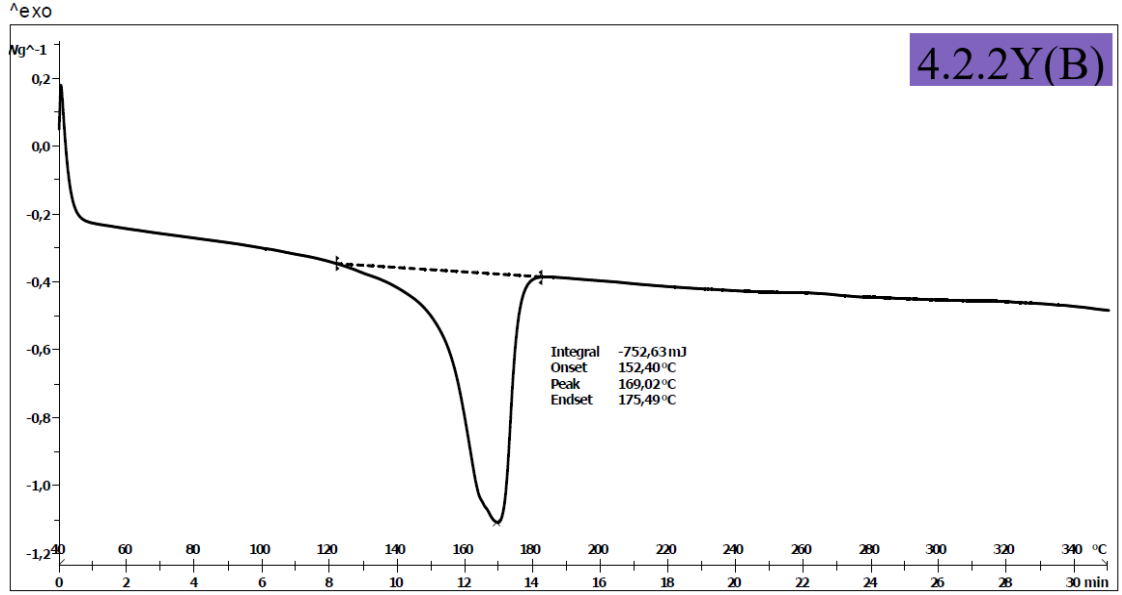
0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrisi sırasıyla Şekil 4.65, 4.66, 4.67 ve 4.68’de sunulmuştur. 4.2RY(B) kodlu referans bikomponent ipliklerin erime piki beklenildiği gibi 168°C’ de görülmüştür. %1 köpük polimer katkısıyla birlikte bikomponent ipliklerin erime piki 168 °C civarında görülmüştür. %2 ve %3 katkılı ipliklerin erime sıcaklıkları sırasıyla 169 ve 163 °C’dir.



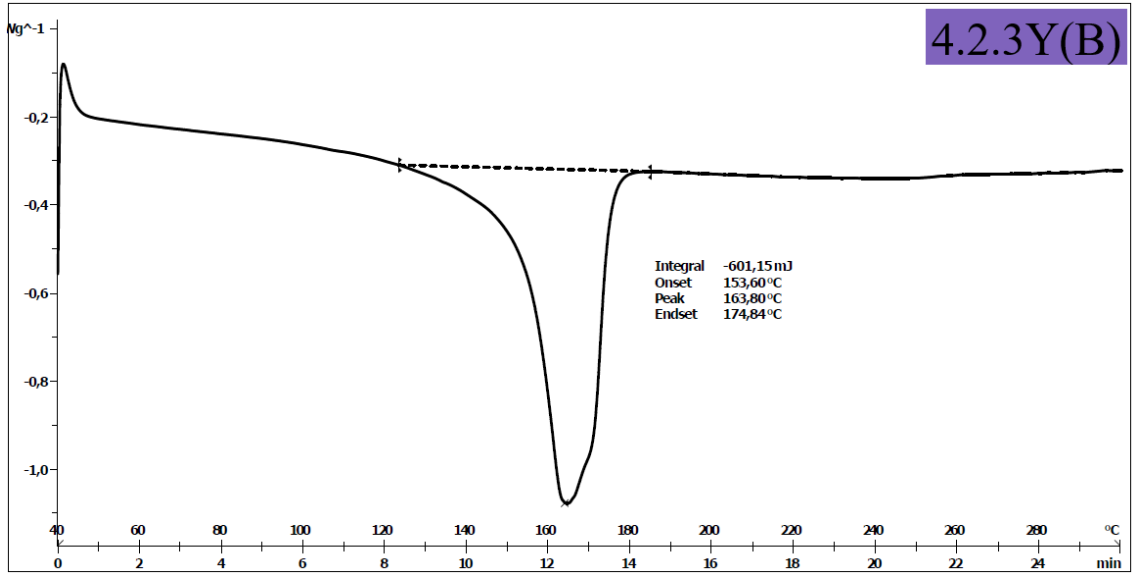
Şekil 4.65. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.66. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

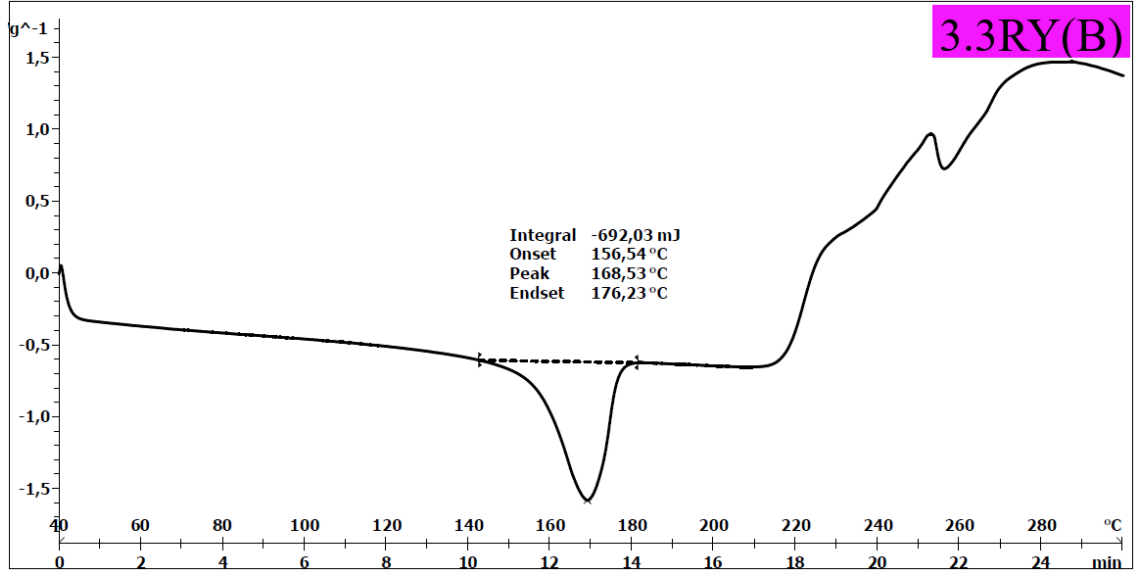


Şekil 4.67. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

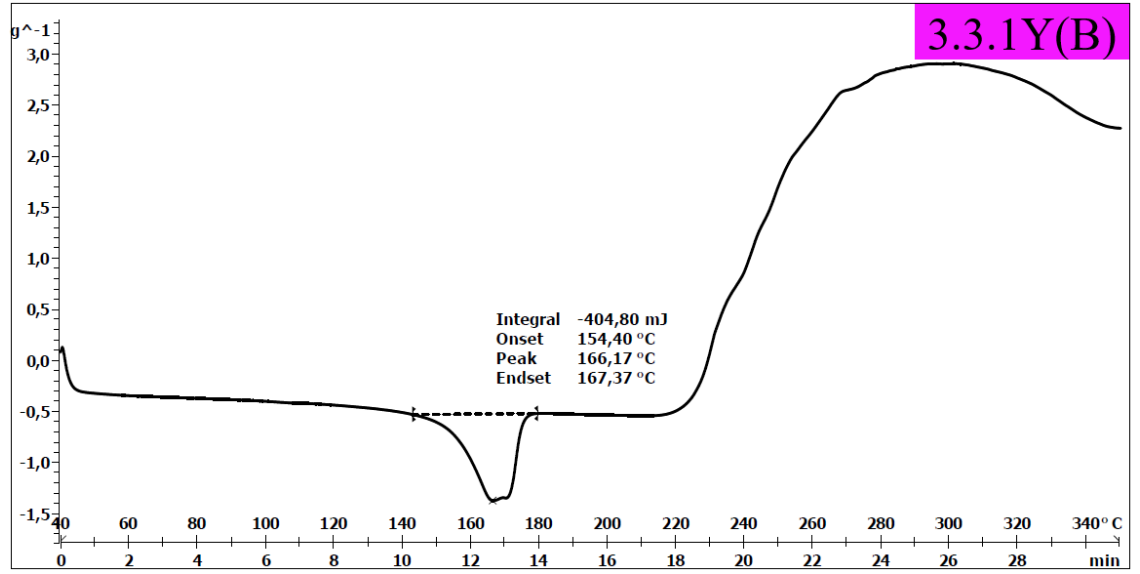


Şekil 4.68. 0.4/0.2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

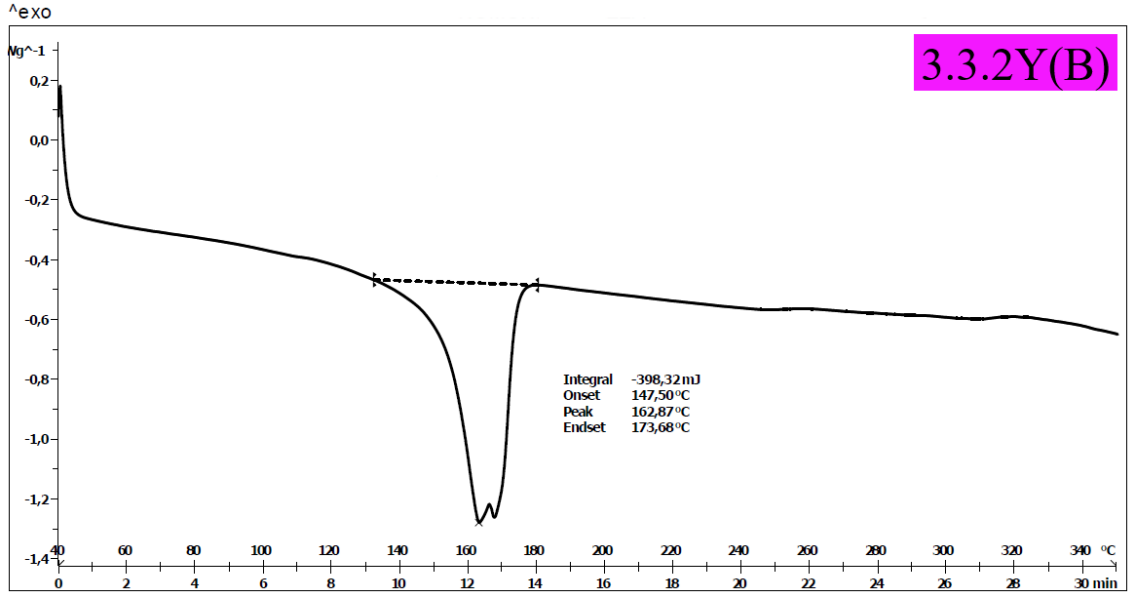
0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrisi sırasıyla Şekil 4.69, 4.70, 4.71 ve 4.72’de sunulmuştur. 3.3RY(B) kodlu referans bikomponent ipliklerin erime piki beklenildiği gibi 168°C’ de görülmüştür. %1 köpük polimer katkısıyla birlikte bikomponent ipliklerin erime piki 166 °C civarında görülmüştür. %2 ve %3 katkılı ipliklerin erime sıcaklıkları sırasıyla 162 ve 166 °C’dir.



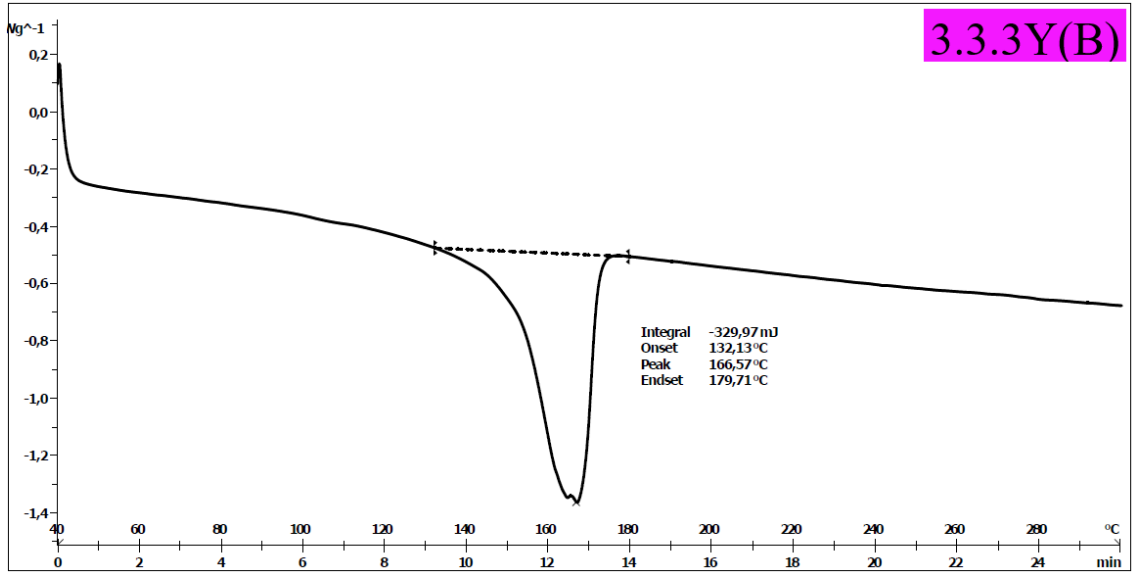
Şekil 4.69. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.70. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

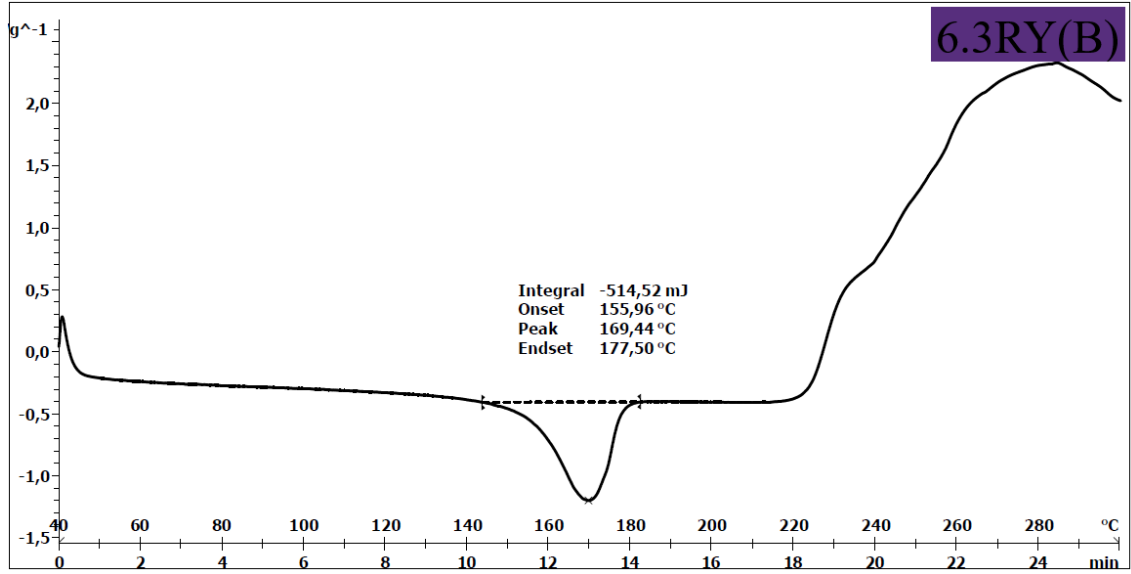


Şekil 4.71. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

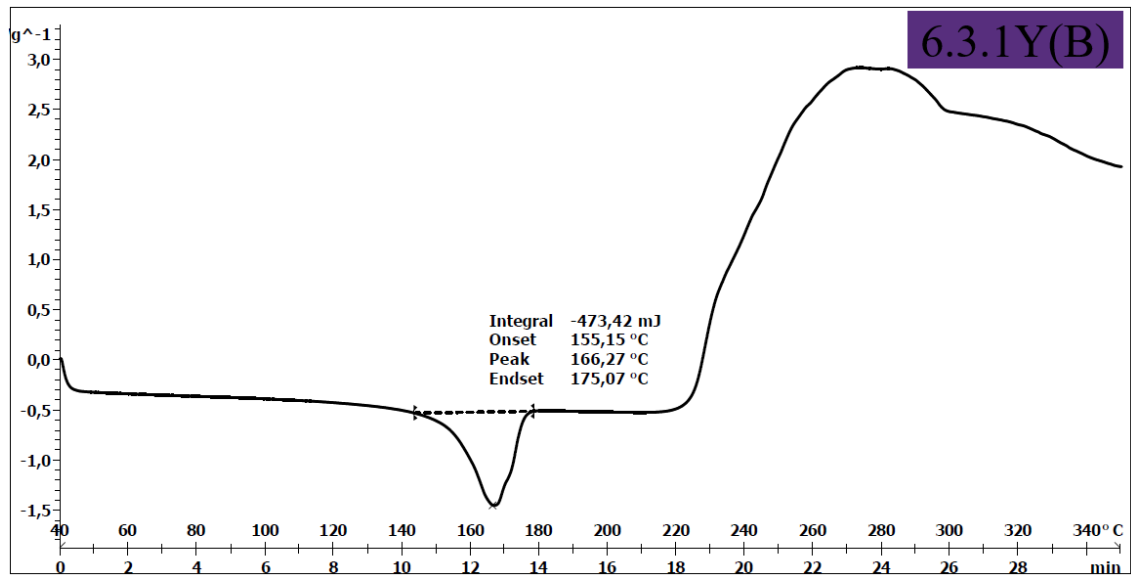


Şekil 4.72. 0.3/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

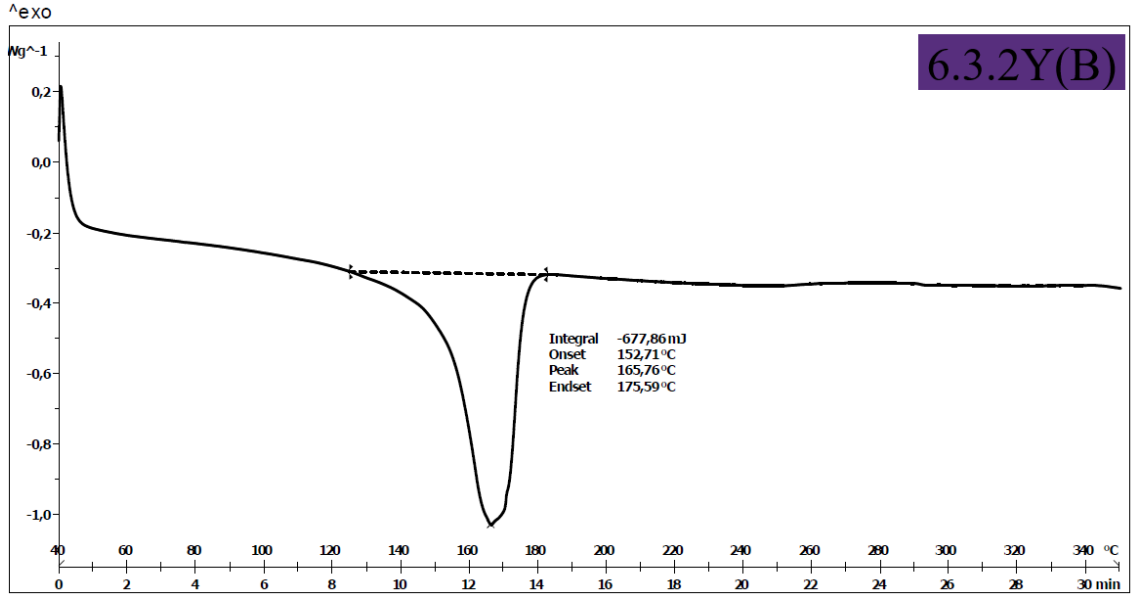
0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrisi sırasıyla Şekil 4.73, 4.74, 4.75 ve 4.76'da sunulmuştur. 6.3RY(B) kodlu referans bikomponent ipliklerin erime piki beklenildiği gibi 169°C'de görülmüştür. %1 köpük polimer katkısıyla birlikte bikomponent ipliklerin erime piki 166 °C civarında görülmüştür. %2 ve %3 katkılı ipliklerin erime sıcaklıkları sırasıyla 165 ve 163 °C'dir.



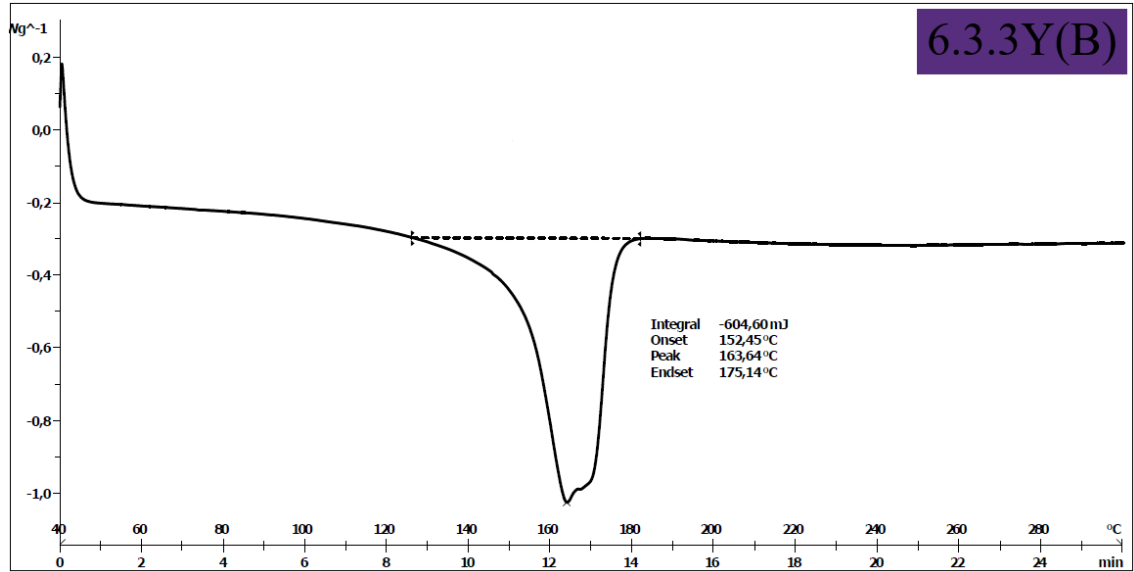
Şekil 4.73. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.74. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

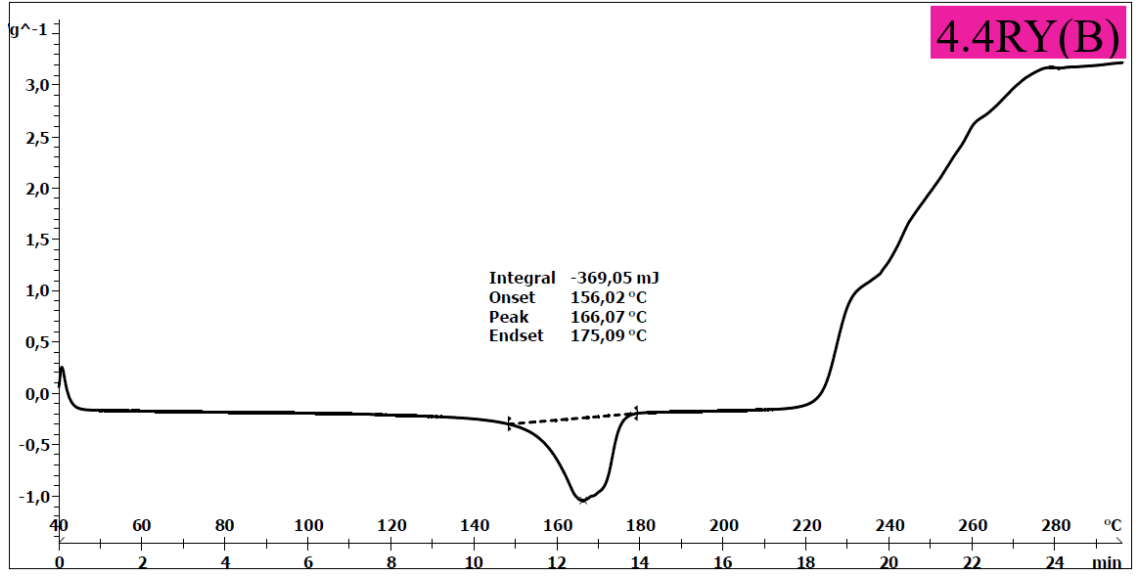


Şekil 4.75. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkıli bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

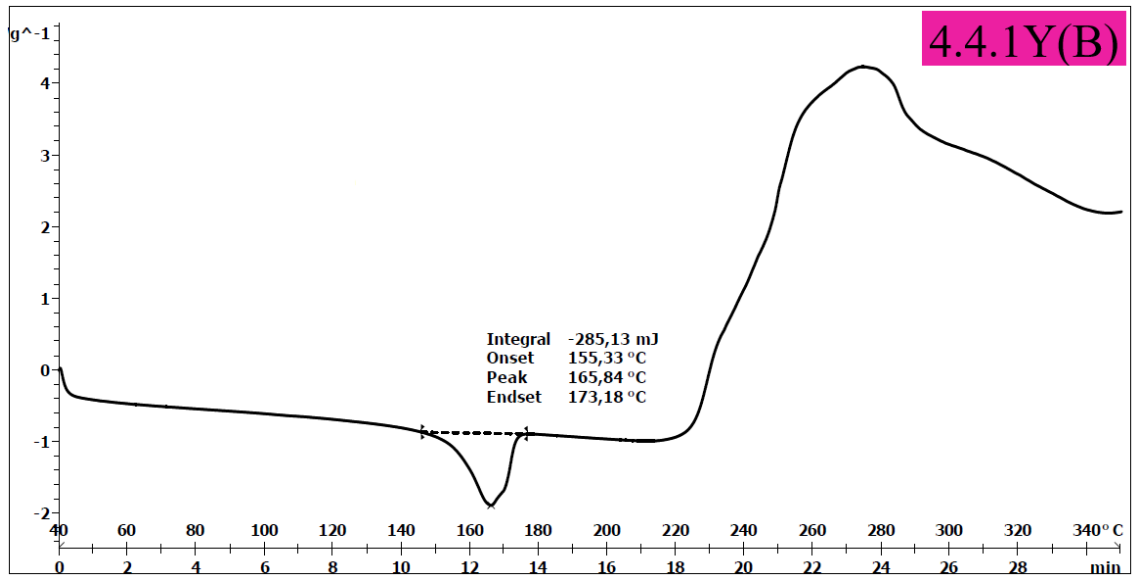


Şekil 4.76. 0.6/0.3 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkıli bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

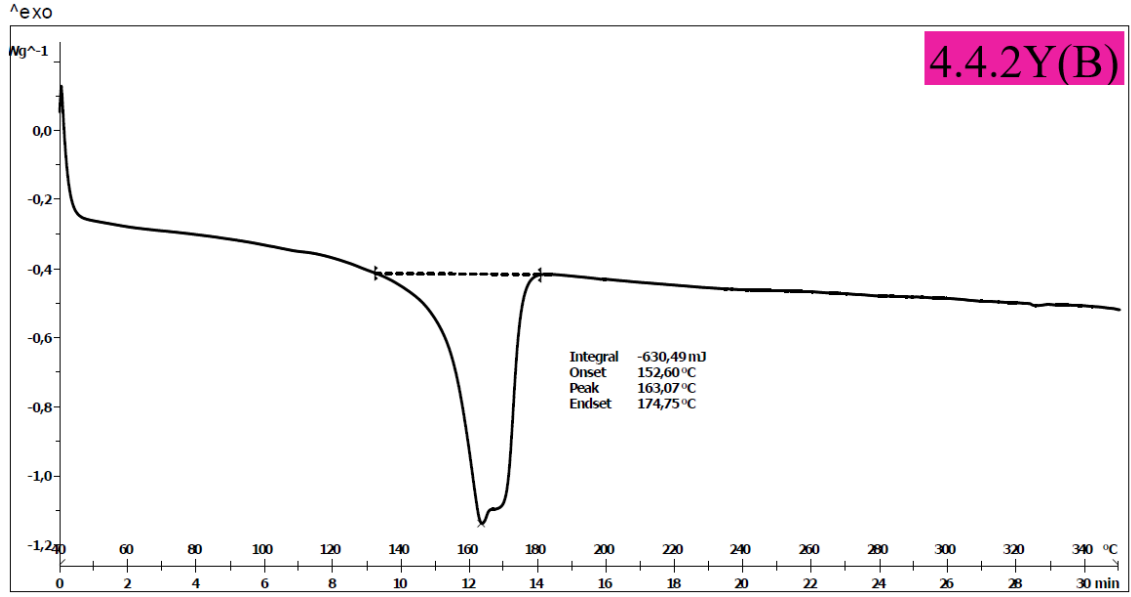
0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrisi sırasıyla Şekil 4.77, 4.78, 4.79 ve 4.80'de sunulmuştur. 4.4RY(B) kodlu referans bikomponent ipliklerin erime piki beklenildiği gibi 166°C' de görülmüştür. %1 köpük polimer katkısıyla birlikte bikomponent ipliklerin erime piki 165 °C civarında görülmüştür. %2 ve %3 katkıli ipliklerin erime sıcaklıkları sırasıyla 163 ve 162 °C'dir.



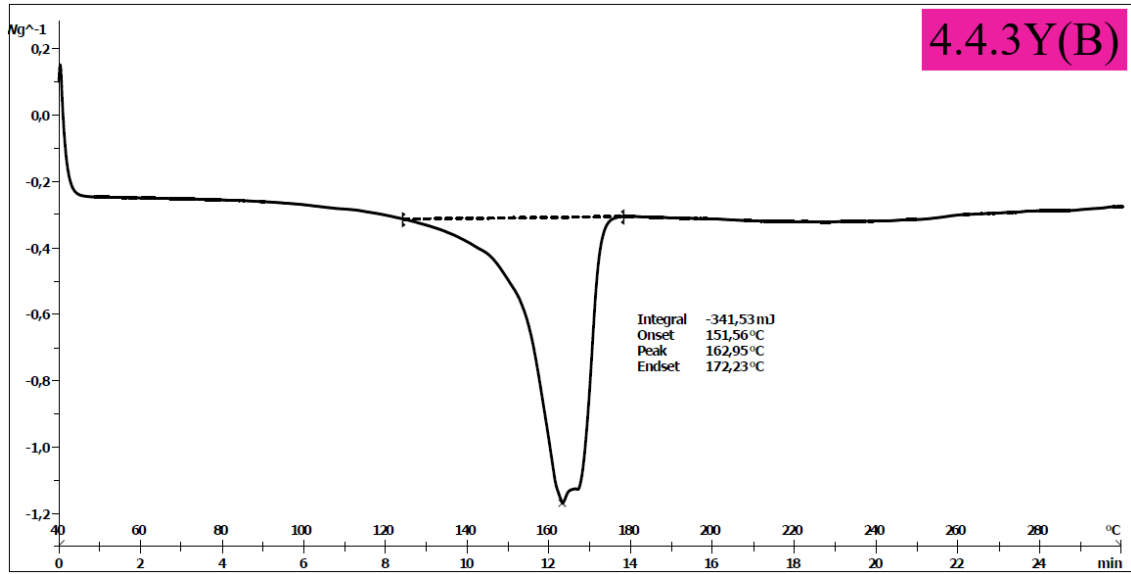
Şekil 4.77. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen referans bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.78. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %1 katkılı bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.79. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %2 katkıli bikomponent ipliklerin DSC eğrisi



Şekil 4.80. 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen %3 katkıli bikomponent ipliklerin DSC eğrisi

Beş farklı ekstrüder hız oranlarında üretilen bikomponent ipliklerin her birinde benzer DSC eğrileri elde edilmiştir. PP/PP iç/dış bikomponent referans iplikler, aynı polimerin birbirine yüksek adezyonu ve uyumundan dolayı monofilament PP ipliği gibi davranmış ve tek bir noktada, 160-170 °C aralığında erime piki göstermiştir. Köpük polimer katkısıyla birlikte erime sıcaklığında en fazla 5 °C kadar düşüş olmuş, bu düşüş de

genellikle en yüksek katkı oranı olan %3'te elde edilmiştir. Diğer katkı oranlarındaki erime sıcaklıkları neredeyse referans iplikle aynıdır. Erime sıcaklığını etkileyen faktörlerin başında moleküller arası bağ kuvvetleri geldiğini ve katkı maddelerin de erime sıcaklığını azalttığını Metot A ile üretilen ipliklerin DSC analizi yorumlarında belirtilmişti. Köpük polimer katkısı ve sıcaklıkla beraber köpük polimerin genişmesi nedeniyle iç ve dış polimer arası etkileşim bir miktar azalmış ve buna bağlı olarak da en yüksek katkı oranında erime sıcaklıkları bir miktar düşmüştür.

Çizelge 4.8'de Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrilerinden elde edilen ve Eşitlik (1)'e göre hesaplanan kristalizasyon oranları sunulmuştur. Referans numunelere göre erime sıcaklıklarındaki azalmaya karşı kristalizasyon oranları neredeyse aynı değerdedir. Sadece 0.4/0.4 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen katkılı ipliklerde referans ipliğe göre sırasıyla, %3,8, %4,1 ve %7,9 oranlarında kristalizasyon oranları artmıştır. Köpük polimer katkısı bikomponent ipliklerin kristallenme davranışını olumsuz etkilememiştir.

Çizelge 4.8. Metot B ile üretilen bikomponent ipliklerin DSC eğrilerinden elde edilen sonuçlar

Numune Kodu	Başlangıç Sıcaklığı (°C)	Bitiş Sıcaklığı (°C)	Erime Sıcaklığı (°C)	Kristalizasyon Oranı (%)
2.2RY(B)	145,41	175,68	168,80	36,70
2.2.1Y(B)	157,26	172,74	166,53	36,30
2.2.2Y(B)	152,85	174,93	169,61	35,90
2.2.3Y(B)	153,02	172,24	163,85	39,40
4.2.RY(B)	154,10	174,80	168,52	36,20
4.2.1Y(B)	155,90	176,60	168,12	35,50
4.2.2Y(B)	152,40	175,49	169,02	38,30
4.2.3Y(B)	153,60	174,84	163,80	38,80
3.3RY(B)	156,54	176,23	168,53	37,80
3.3.1Y(B)	154,40	167,37	166,17	36,70
3.3.2Y(B)	147,50	173,68	162,87	38,10
3.3.3Y(B)	132,13	179,71	166,57	38,20
6.3RY(B)	155,96	177,50	169,44	34,10
6.3.1Y(B)	155,15	175,07	166,27	37,10

6.3.2Y(B)	152,71	175,59	165,76	37,60
6.3.3Y(B)	152,45	175,14	163,64	37,80
4.4.RY(B)	156,02	175,09	166,07	32,20
4.4.1Y(B)	155,33	173,18	165,84	36,00
4.4.2Y(B)	152,60	174,75	163,07	36,30
4.4.3Y(B)	151,56	172,23	162,95	40,10

4.7. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örme Kumaşların Kalınlık ve Birim Alan Ağırlığı (Gramaj) Sonuçları

Çizelge 4.9’da Metot A ile üretilen örme kumaşların sıklık, kalınlık ve gramaj değerleri sunulmuştur. Örme kumaşların gramaj değerleri artan katkı oranı ve besleme oranı ile artış göstermiştir. İplik numara sonuçları (Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8) ile orantılı sonuçlar elde edilmiştir. Katkı oranı artışı ile benzer şekilde kalınlık değerleri de bir miktar artmıştır.

Çizelge 4.9. Metot A ile üretilen örme kumaşların kumaş sıklığı, gramaj ve kalınlık sonuçları

Kumaş Kodu	Sıra Sıklığı (1/cm)	Çubuk Sıklığı (1/cm)	Gramaj (g/m ²)		Kalınlık (mm)	
			Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
5.1RF(A)	4	4	494,63	0,24	5,55	0,05
5.1.1F(A)			882,33	0,57	4,47	0,12
5.1.2F(A)			1015,68	0,12	4,94	0,02
5.1.3F(A)			1163,02	0,11	5,75	0,07
5.2RF(A)	4	4	668,16	0,16	5,72	0,15
5.2.1F(A)			888,26	1,41	4,17	0,03
5.2.2F(A)			1036,17	0,08	4,74	0,02
5.2.3F(A)			1249,79	0,18	4,86	0,02
4.2RF(A)	4	4	609,66	0,05	5,15	0,05
4.2.1F(A)			979,33	0,21	4,64	0,02
4.2.2F(A)			1024,72	0,16	4,95	0,01
4.2.3F(A)			1351,25	0,16	5,30	0,13

Çizelge 4.10. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerden oluşturulan örme kumaşların kalınlık ve gramaj sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Parametre		Gramaj (g/m ²)		Kalınlık (mm)	
Katkı Oranı	0	0,00*	590 a	0,00*	5,47 d
	1		916 b		4,43 a
	2		1025 c		4,88 b
	3		1254 d		5,30 c
Besleme Oranı	4-2	0,00*	991 c	0,00*	5,01 b
	5-1		888 a		5,18 c
	5-2		960 b		4,87 a
Katkı Oranı*Besleme Oranı		0,00*	0,00*		

(a), (b), (c) ve (d) SNK testine göre istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

*%5 anlamlılık seviyesi

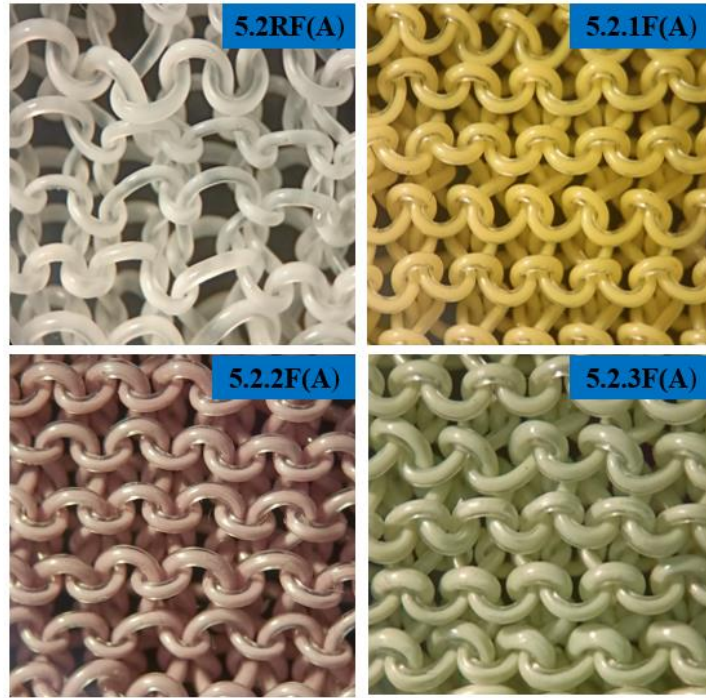
Örme kumaşların kalınlık ve gramaj değerlerine katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin etkisi ANOVA ve SNK testleri ile de değerlendirildiğinde 0,05 anlamlılık seviyesinde hem katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin de kalınlık ve gramaj üzerine etkisi olduğu istatistiksel olarak da ispatlanmıştır. Çizelge 3.6'da kalınlık ve gramaj değişkenleri için verilen alternatif hipotezler kabul edilmiştir.

4.8. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örme Kumaşların Optik Mikroskop Görüntüleri

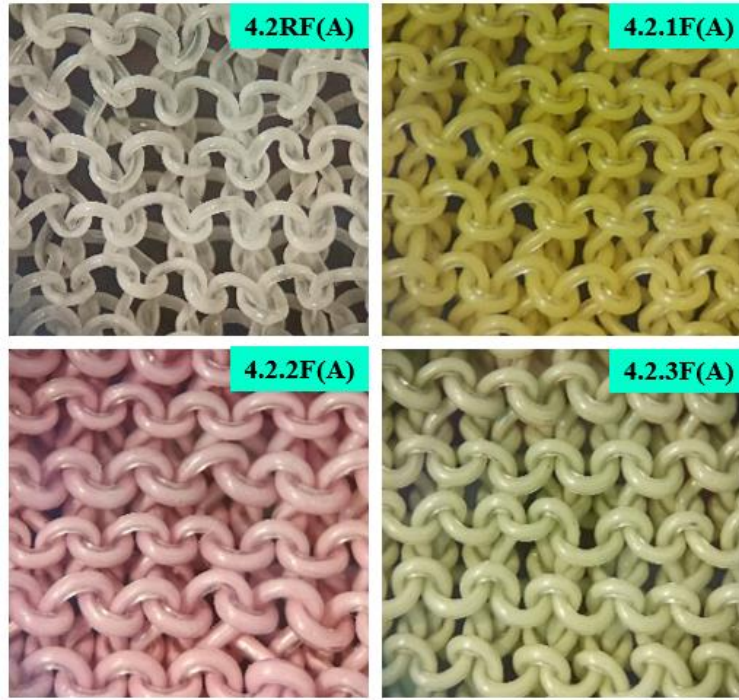
Şekil 4.81, 4.82 ve 4.83 örme kumaşlara ait optik mikroskop görüntülerini sunmaktadır. Kumaşların optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde haroşa örgü yapısının düzgün bir şekilde oluştuğu görülmektedir. Katkılı bikomponent ipliklerin iki bileşenli yapısı da belli olmaktadır. Referans bikomponent ipliklerin iplik numaraları katkılı bikomponent ipliklere göre küçük olduğu için bu ipliklerden örülen yüzeylerin daha boşluklu ve gözenekli yapıya sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.81. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 10x)



Şekil 4.82. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 10x)



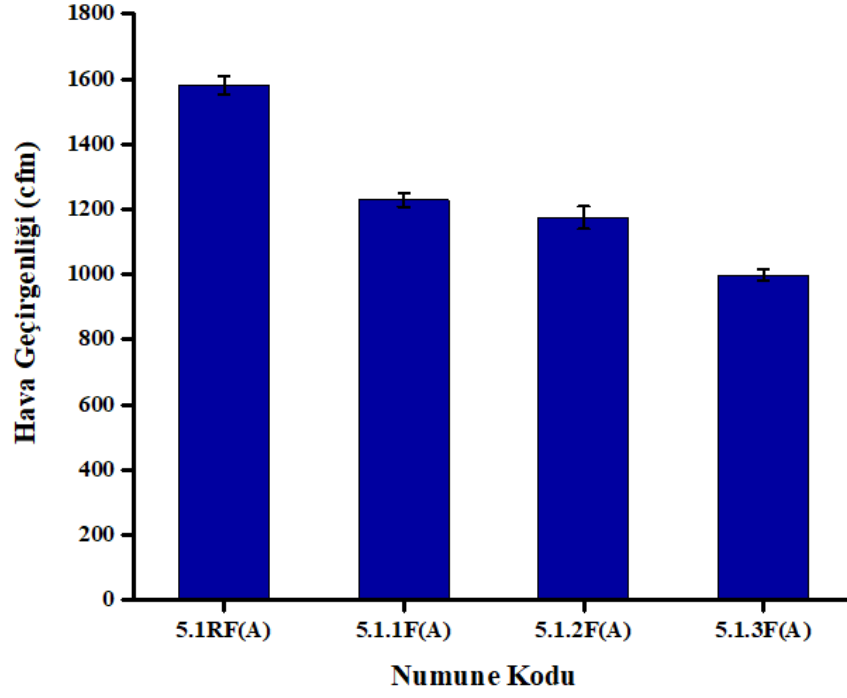
Şekil 4.83. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin optik mikroskop görüntüleri (Büyütme oranı: 10x)

4.9. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örme Kumaşların Hava Geçirgenliği Sonuçları

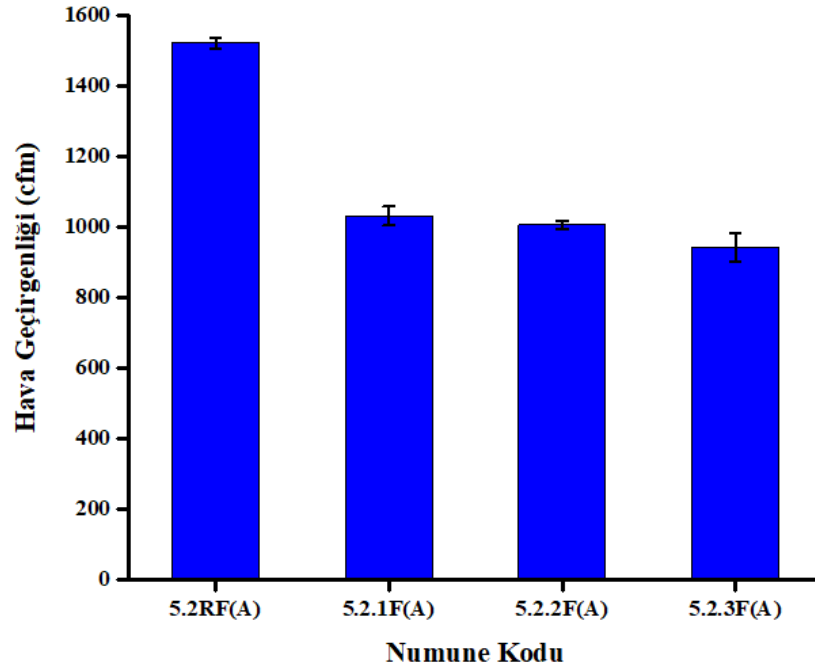
TS 391'in ifadesine göre hava geçirgenliği, deney numunesinin alanı, deney numunesinin iki yüzü arasındaki basınç farkı ve zaman parametrelerine bağlı olarak deney numunesinden dik olarak geçen hava akımının hızıdır. Hava geçirgenliği; havanın lif, iplik ve kumaş yapısı içerisinden geçebilme yeteneğidir. Birim basınçta, birim alandan, belirli zamanda geçen havanın miktarı ölçülmektedir. Hava geçirgenliği temelde kumaşın gramajı ve yapısal parametrelerine (kalınlık, iplik numarası, gözeneklilik gibi) bağlıdır (Bozdoğan, 2009).

Bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.84, 4.85 ve 4.86), bikomponent iplik numaralarıyla (Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8) doğru orantılı sonuçlar elde edilmiştir. İplik numarası artışıyla birlikte üretilen kumaşlardaki gözenekler küçülmekte ve hava geçirgenlik değerleri azalmaktadır. İplik numarası arttıkça iplikler örme kumaşlarda daha fazla bir alan kaplamakta ve daha örtücü olmaktadır. Kumaşların gramaj değerleri de (Çizelge 4.10) iplik numarası ile doğru

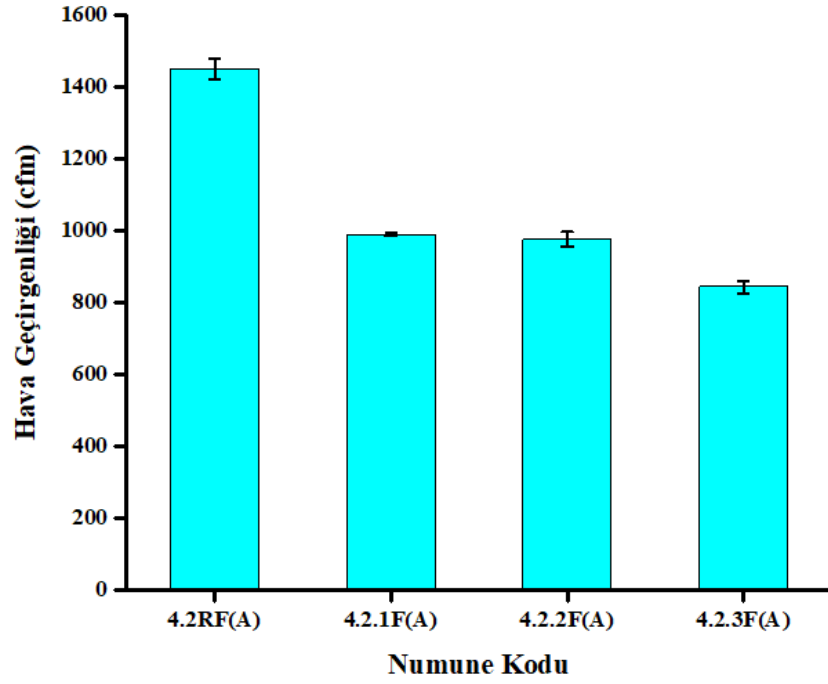
orantılı arttığından, gramaj ve hava geçirgenliği değerleri arasındaki ilişki de benzer şekildedir.



Şekil 4.84. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği sonuçları



Şekil 4.85. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği sonuçları



Şekil 4.86. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği sonuçları

Çizelge 4.11. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerden oluşturulan örme kumaşların hava geçirgenliği sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Parametre		Hava Geçirgenliği (cfm)	
Katkı Oranı	0	0,00*	1530 d
	1		1124 c
	2		1077 b
	3		915 a
Besleme Oranı	4-2	0,00*	1082 a
	5-1		1255 c
	5-2		1146 b
Katkı Oranı*Besleme Oranı		0,00*	

(a), (b), (c) ve (d) SNK testine göre istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

*%5 anlamlılık seviyesi

Örme kumaşların hava geçirgenliği değerlerine katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin etkisi ANOVA ve SNK testleri ile değerlendirildiğinde 0,05 anlamlılık seviyesinde hem katkı oranının, besleme oranının ve kesişimlerinin de hava geçirgenliği

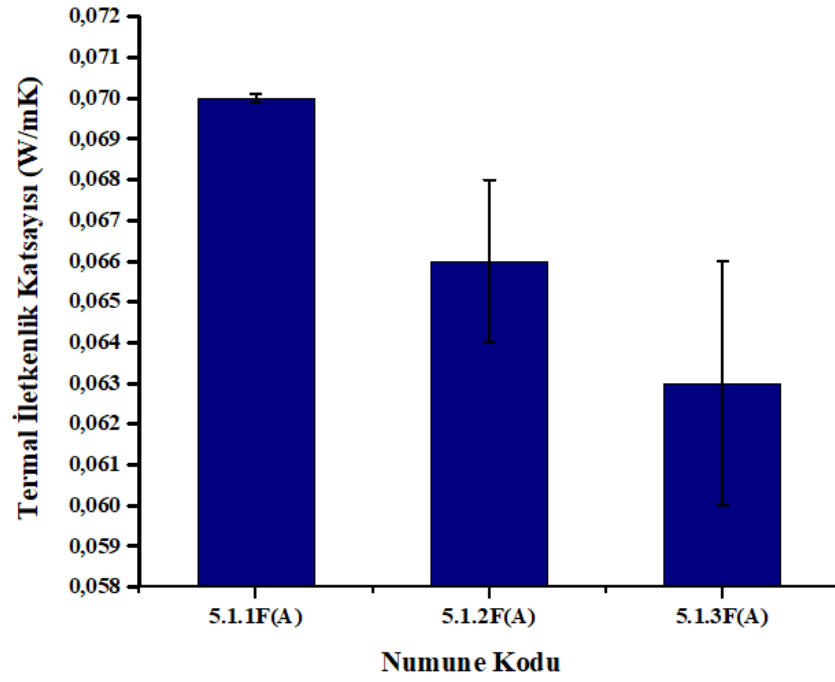
üzerine etkisi olduğu istatistiksel olarak da ispatlanmıştır. Çizelge 3.6'da hava geçirgenliği değişkeni için verilen alternatif hipotezler kabul edilmiştir.

4.10. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örme Kumaşların Termal İletkenlik Katsayısı Sonuçları

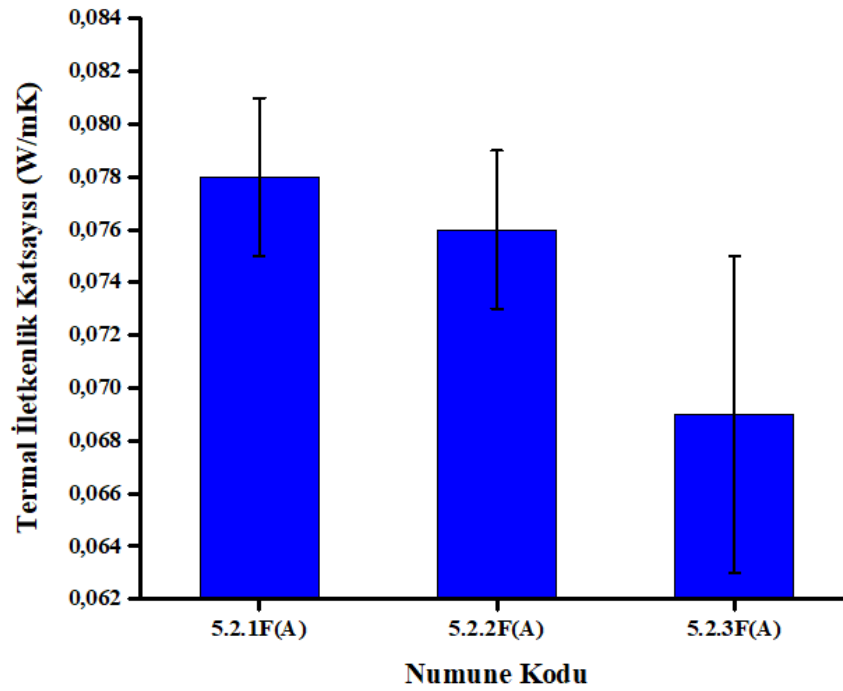
Bikomponent ipliklerden örülen köpük katkılı bikomponent ipliklerin QTM-710 cihazında JIS R 2618 standardına göre ölçülen termal iletkenlik katsayısı sonuçları sırasıyla Şekil 4.87, 4.88 ve 4.89'da sunulmuştur. Bu sonuçlar her bir numuneden onar ölçüm alındıktan sonra elde edilen ortalama değerlerdir.

Referans bikomponent ipliklerden örülen yüzeyler, bu ipliklerin numara değerlerinin katkılı bikomponent ipliklere göre oldukça küçük olması nedeniyle oldukça seyrek ve gözenekli bir kumaş yapısı oluşturmaktadır (Şekil 4.81, 82 ve 83). Gözenekli yapı da hava boşluğuna sebep olmaktadır. Tekstil malzemeleri için, kumaş yapısındaki durgun hava, iletkenlik değeri için en önemli faktördür, çünkü durgun hava tüm liflere kıyasla en düşük ısıl iletkenlik ($\lambda_{\text{hava}} = 0,025 \text{ W/mK}$) değerine sahiptir (Oglakcioglu, Celik, Ute, Marmarali ve Kadoglu, 2009). Referans bikomponent ipliklerden üretilen numunelerin termal iletkenlik katsayısı değerleri her iki yönteme göre de $0,050 \pm 0,002 \text{ W/mK}$ çıkmıştır. Bu nedenle termal iletkenlik katsayısı kıyaslarında katkılı ipliklerin kendi arasında değerlendirilmesinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

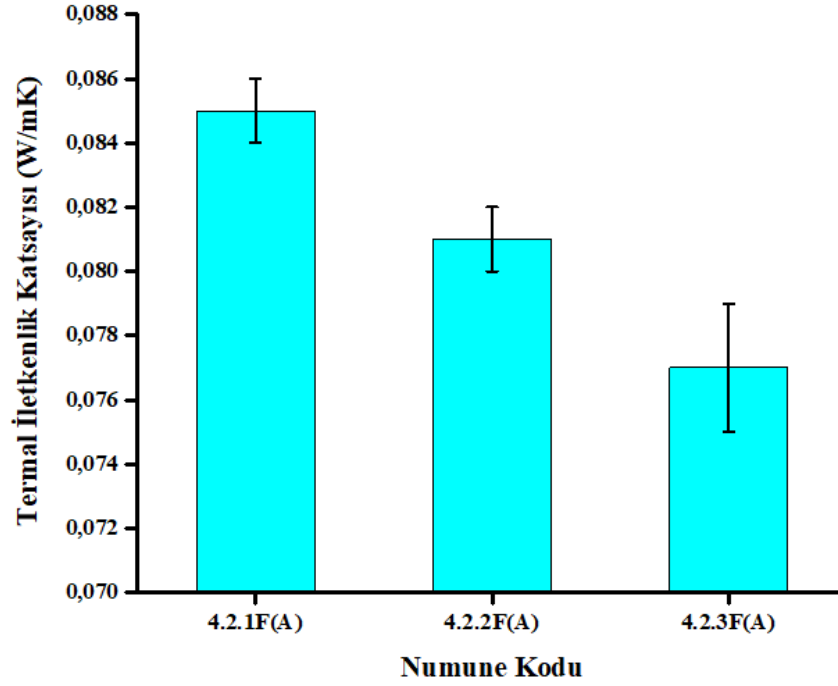
5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin termal iletkenlik katsayısı sonuçları 5.1.1F(A), 5.1.2F(A), 5.1.3F(A) kodlu numuneler için sırasıyla 0,070, 0,066 ve 0,063 W/mK'dir. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin termal iletkenlik katsayısı sonuçları 5.2.1F(A), 5.2.2F(A), 5.2.3F(A) kodlu numuneler için sırasıyla 0,078, 0,076 ve 0,069 W/mK'dir. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin termal iletkenlik katsayısı sonuçları 4.2.1F(A), 4.2.2F(A), 4.2.3F(A) kodlu numuneler için sırasıyla 0,085, 0,081 ve 0,077 W/mK'dir. Katkı oranı arttıkça termal iletkenlik katsayısı değerleri azalmıştır. Bu standarda göre ölçülen numunelerde en yüksek termal iletkenlik katsayısı değeri 5.1.3F(A) kodlu numunede yani en yüksek katkı oranında 0,063 W/mK olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.87. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin JIS R 2618 standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları

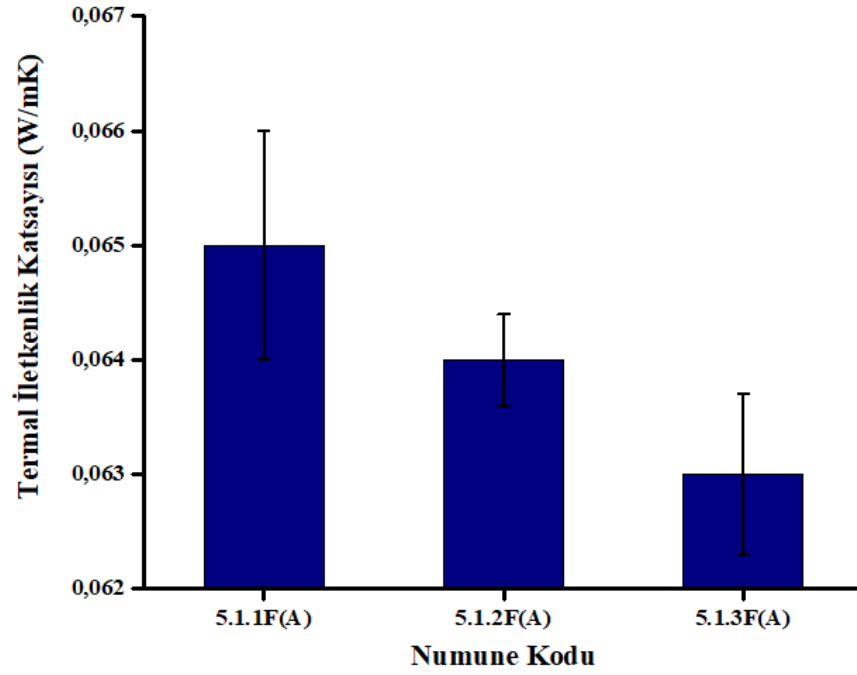


Şekil 4.88. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin JIS R 2618 standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları

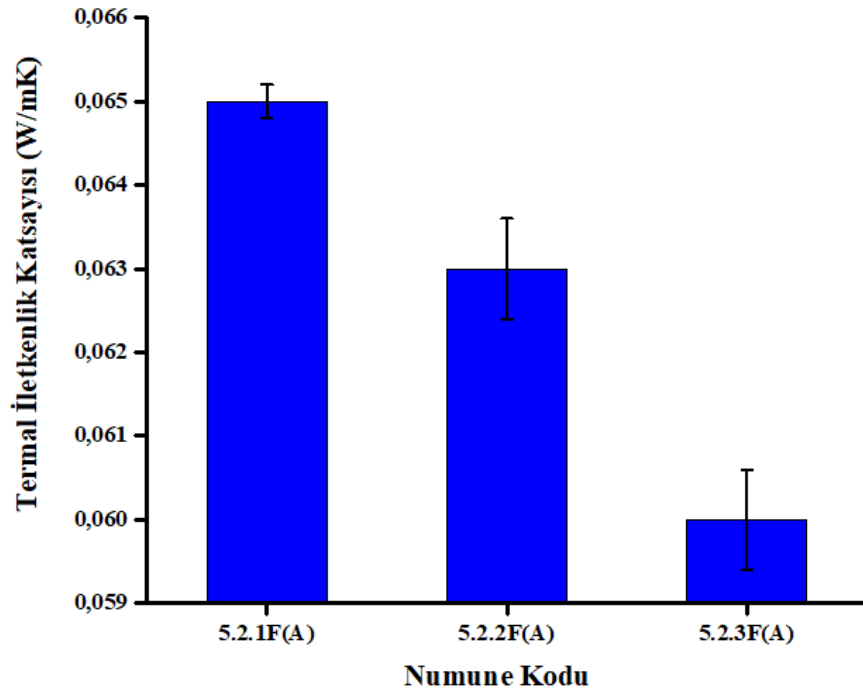


Şekil 4.89. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin JIS R 2618 standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları

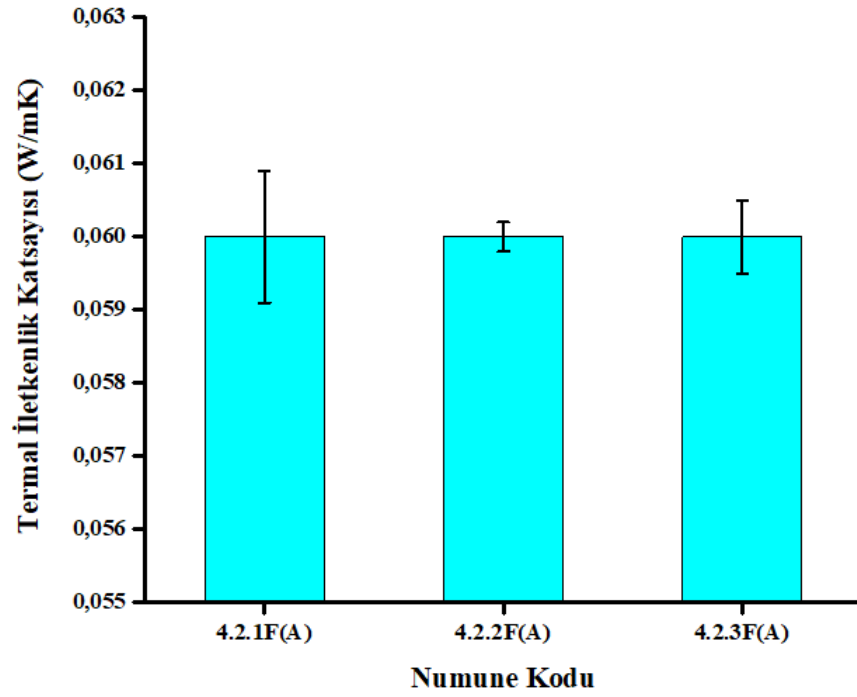
Bikomponent ipliklerden örülen köpük katkılı bikomponent ipliklerin Alambeta test standardına göre ölçülen termal iletkenlik katsayısı sonuçları sırasıyla Şekil 4.90, 4.91 ve 4.92’de sunulmuştur. Bu sonuçlar her bir numuneden onar ölçüm alındıktan sonra elde edilen ortalama değerlerdir. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin termal iletkenlik katsayısı sonuçları 5.1.1F(A), 5.1.2F(A), 5.1.3F(A) kodlu numuneler için sırasıyla 0,065, 0,064 ve 0,063 W/mK’dir. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin termal iletkenlik katsayısı sonuçları 5.2.1F(A), 5.2.2F(A), 5.2.3F(A) kodlu numuneler için sırasıyla 0,065, 0,063 ve 0,060 W/mK’dir. Bu iki numune grubunda katkı oranı arttıkça termal iletkenlik katsayısı değerleri azalmıştır. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin termal iletkenlik katsayısı sonuçları 4.2.1F(A), 4.2.2F(A), 4.2.3F(A) kodlu numuneler için sırasıyla 0,060, 0,060 ve 0,060 W/mK’dir. Katkı oranı artışı ile numuneler arasında termal iletkenlik katsayısı değişmemiştir. Bu standarda göre ölçülen numunelerde en yüksek termal iletkenlik katsayısı değeri 4.2.1F(A), 4.2.2F(A), 4.2.3F(A) ve 5.2.3F(A) kodlu numunelerde 0,060 W/mK olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.90. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin Alambeta test standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları



Şekil 4.91. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin Alambeta test standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları



Şekil 4.92. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin Alambeta test standardına göre termal iletkenlik katsayısı sonuçları

Çizelge 4.12. Metot A ile üretilen bikomponent ipliklerden oluşturulan örme kumaşların iki farklı standarda göre yapılan termal iletkenlik katsayısı sonuçları için istatistiksel analiz (ANOVA ve SNK) sonuçları

Parametre		Termal iletkenlik katsayısı (λ) (Alambeta test standardı)	Termal iletkenlik katsayısı (λ) (JIS R 2618 standardı)
Katkı Oranı	1	0,00*	0,063 c
	2		0,062 b
	3		0,061 a
Besleme Oranı	4-2	0,00*	0,060 a
	5-1		0,064 c
	5-2		0,063 b
Katkı Oranı*Besleme Oranı		0,00*	0,96*

(a), (b) ve (c) SNK testine göre istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

*%5 anlamlılık seviyesi

Örme kumaşların termal iletkenlik katsayısı değerlerine katkı oranının ve besleme oranının etkisi ANOVA ve SNK testleri ile de değerlendirildiğinde 0,05 anlamlılık seviyesinde katkı oranının ve besleme oranının her iki standarda göre elde edilen termal

iletkenlik katsayısı değerleri üzerinde etkisi olduğu istatiksels olarak da ispatlanmıştır. Çizelge 3.6'da termal iletkenlik katsayısı değişkeni için verilen alternatif hipotezler kabul edilmiştir. Birlikte keşişimlerinin etkisi incelendiğinde ise, Alambeta test standardına göre alternatif hipotez kabul edilirken, diğer standarda göre orijinal hipotez kabul edilmiştir.

Isı iletkenliği, ısı yalıtım malzemesini değerlendirmek için en önemli parametre olarak kabul edilir. Termal iletkenliğe sahip bir malzeme 0,070 W/mK'den dşuk bir termal iletkenlik katsayısına sahipse ısı yalıtkanı olarak kabul edilebilir (Asdrubali, D'Alessandro ve Schiavoni, 2015). İki farklı termal iletkenlik katsayısı standardına göre yapılan ölüm sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde her iki standarda göre de artan katkı oranı ile termal iletkenlik katsayısı değerleri azalmıştır. QTM-710 cihazında JIS R 2618 standardına göre yapılan ölümlerde, 5/1 dış/iç ekstruder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hepsi, 5/2 dış/iç ekstruder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerden ise sadece 5.2.3F(A) kodlu numune ısı yalıtım malzemesi olarak nitelendirilebilir. 4/2 dış/iç ekstruder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin termal iletkenlik katsayısı değerleri ise ısı yalıtım malzemesi için kabul edilebilir aralıkların üzerinde çıkmıştır. Alambeta test cihazında yapılan termal iletkenlik katsayısı ölümlerine göre ise tüm numuneler ısı yalıtım malzemesi olarak nitelendirilebilir.

Termal iletkenlik katsayısı ölümlerinde kalınlık önemli bir parametredir. Milenkovi Skundric, Sokolovic ve Nikolic (1999) kumaş kalınlığının kumaş boyunca ısı transferini etkileyen ana faktörlerden biri olduğunu kanıtlamıştır. Her iki standardın termal iletkenlik katsayısı hesaplamasındaki eşişlikler dikkate alındığında (Denklem (3.2) ve (3.3)) JIS R 2618 standardında numune kalınlığı göz ardı edilmektedir. Bu nedenle Alambeta test cihazındaki standardın ve buna bağlı sonuçların bu numuneler için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. QTM cihazında yapılan ölümlerdeki istatiksels analizde de katkı oranının termal iletkenlik katsayısı değerine etkisi olduğu sonucuna varılmış ancak SNK testinde sonuçlar birbirinden farklı değildir.

Kapalı hücreli köpük polimerlerin mühendislik uygulamalarında en yaygın kullanılan ısı yalıtım malzemesi olduğu bilinmektedir (Alvarez-Lainez, Rodriguez-Perez ve De Saja, 2008). Bikomponent iplik yapısına katılan düşük yoğunluklu polietilen köpük ilavesi, bikomponent ipliğin yapısında ve dolayısıyla da bu ipliklerden örülen yüzeylerin yapısındaki toplam gözenekliliği arttırmıştır. Benzer şekilde Karaca, Omeroglu ve Akcam (2016) çalışmalarında da geliştirilmiş perlit katkısı poliester ipliklerin termal yalıtım özellikleri iyileşmiştir.

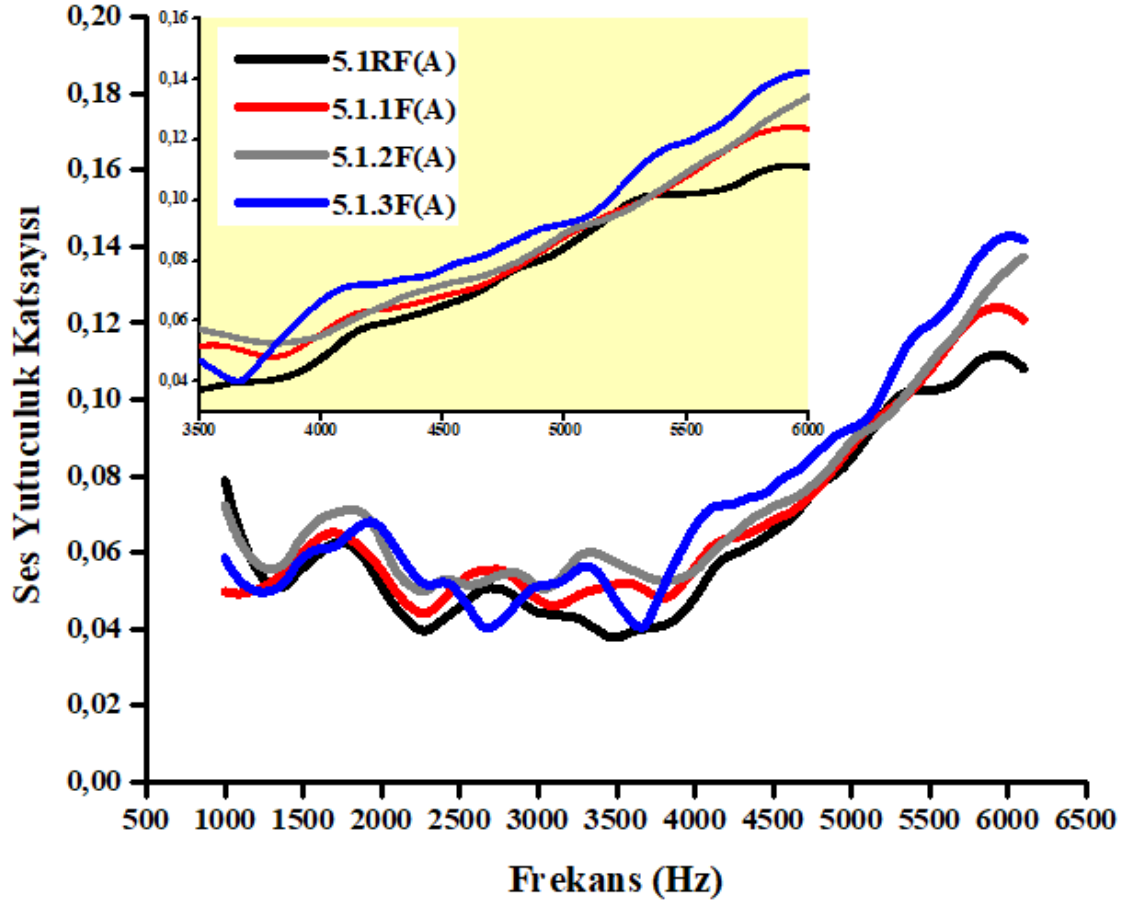
4.11. Bikomponent İpliklerden Üretilen Örme Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Sonuçları

Bikomponent ipliklerden örülen referans ve köpük katkılı örme yüzeylerin ASTM E1050-12 standardına göre 1000 Hz ile 6100 Hz frekans aralığında ölçülen ses yutuculuk katsayısı sonuçları sırasıyla Şekil 4.93, 4.94 ve 4.95'te sunulmuştur. Bu sonuçlar her bir numuneden en az üçer ölçüm alındıktan sonra elde edilen ortalama değerlerdir.

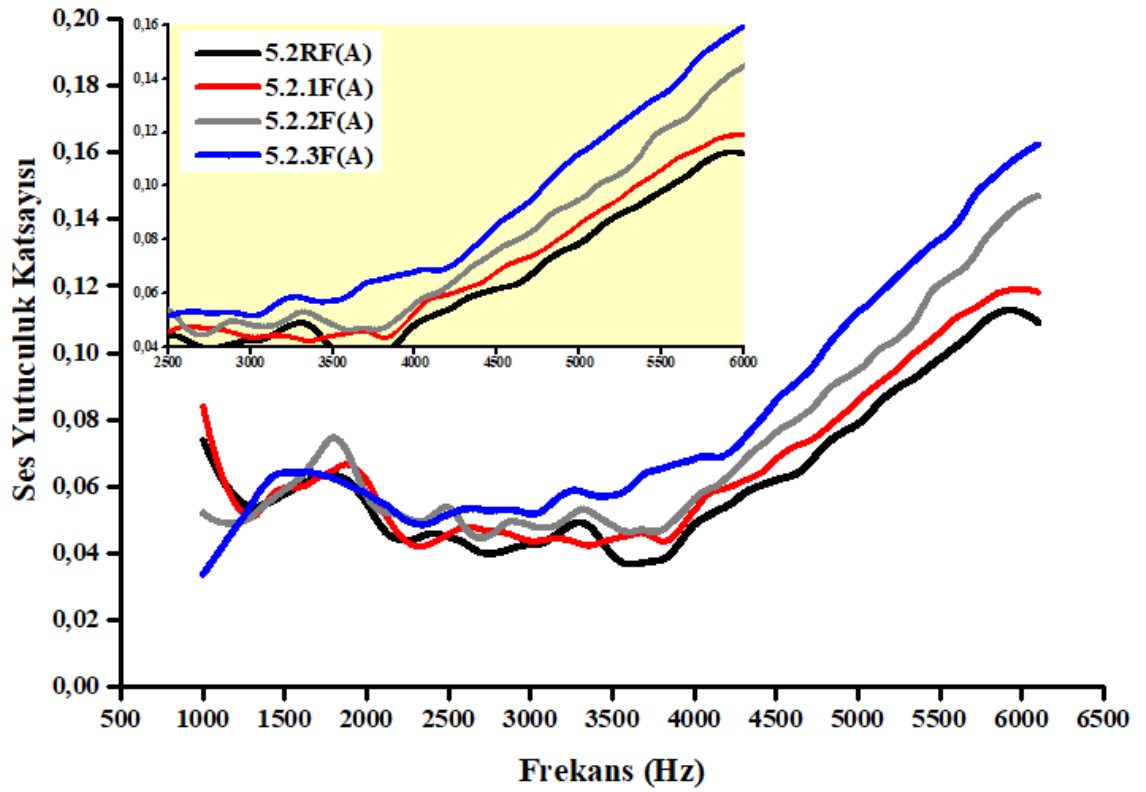
Şekil 4.93 incelendiğinde kumaşların 3500 Hz frekans değerine kadar 0,05 ile 0,08 aralığında bir ses yutuculuk katsayısına sahip olduğu ve değerlerin neredeyse birbiriyle aynı olduğu görülmektedir. 3500 Hz frekans değerinden sonra ses yutuculuk katsayılarında artış gözlenmiştir. 6100 Hz frekansında 5.1.RF(A), 5.1.1F(A), 5.1.2F(A), 5.1.3(A) kodlu kumaşlar için sırasıyla elde edilen ses yutuculuk katsayısı değerleri; 0,108, 0,120, 0,137 ve 0,141'dir. Referans kumaşa göre ses yutuculuk katsayısı değeri en yüksek katkı oranı ile üretilen ipliklerden örülen kumaşta (5.1.3F(A)) ve 6100 Hz frekansında %31 oranında artmıştır.

Şekil 4.94 incelendiğinde kumaşların 2000 Hz frekans değerine kadar 0,04 ile 0,08 aralığında bir ses yutuculuk katsayısına sahip olduğu ve değerlerin neredeyse birbiriyle aynı olduğu görülmektedir. 2000 Hz -3500 Hz frekans aralığında artan katkı oranı ile ses yutuculuk eğrileri arasında farklar oluşmaya başlamakta ve 3500Hz frekans değerinden sonra ses yutuculuk katsayılarında artış gözlenmiştir. 6100 Hz frekansında 5.2.RF(A), 5.2.1F(A), 5.2.2F(A), 5.2.3F(A) kodlu kumaşlar için sırasıyla elde edilen ses yutuculuk katsayısı değerleri; 0,109, 0,118, 0,147 ve 0,162'dir. Referans kumaşa göre ses yutuculuk

katsayısı değeri en yüksek katkı oranı ile üretilen ipliklerden örülen kumaşta (5.2.3F(A)) ve 6100 Hz frekansında %47 oranında artmıştır.

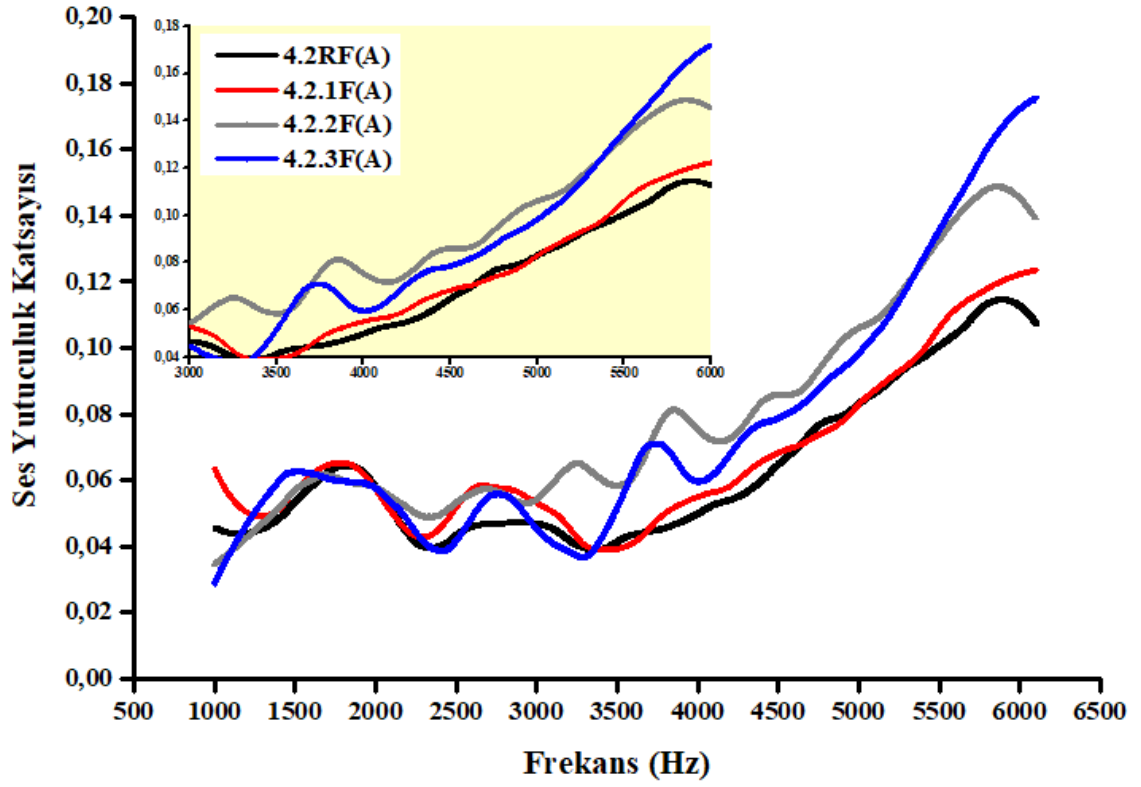


Şekil 4.93. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin ses yutuculuk katsayısı sonuçları



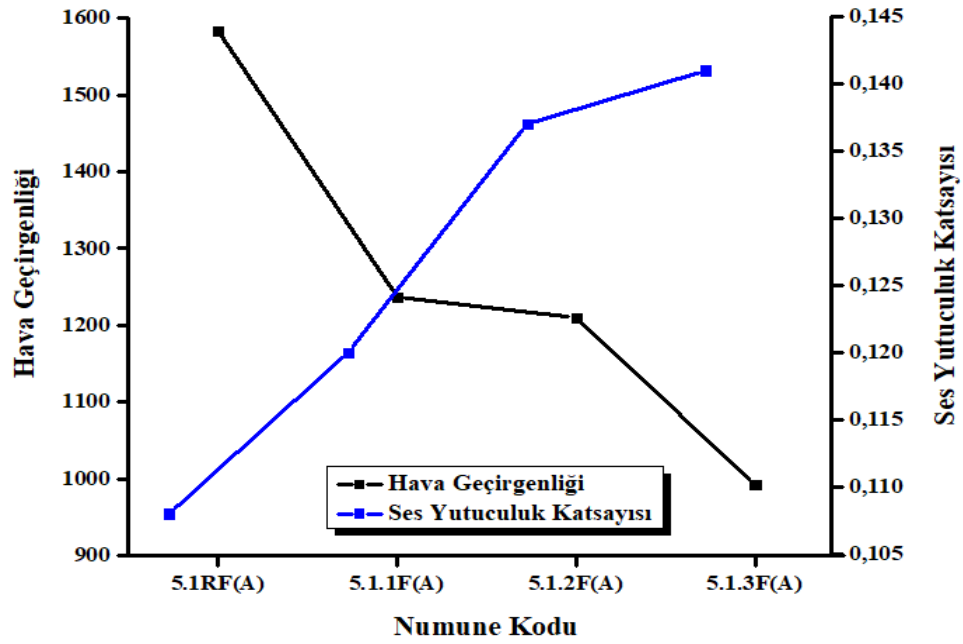
Şekil 4.94. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin ses yutuculuk katsayısı sonuçları

Şekil 4.95 incelendiğinde kumaşların 3000 Hz frekans değerine kadar 0,03 ile 0,07 aralığında bir ses yutuculuk katsayısına sahip olduğu ve değerlerin neredeyse birbiriyle aynı olduğu görülmektedir. 3000 Hz frekans değerinden sonra ses yutuculuk katsayısı değerleri artmaya başlamaktadır. 6100 Hz frekansında 4.2.RF(A), 4.2.1F(A), 4.2.2F(A), 4.2.3F(A) kodlu kumaşlar için sırasıyla elde edilen ses yutuculuk katsayısı değerleri 0,107, 0,123, 0,139 ve 0,175' tir. Referans kumaşa göre ses yutuculuk katsayısı değeri en yüksek katkı oranı ile üretilen ipliklerden örülen kumaşta (4.2.3F(A)) ve 6100 Hz frekansında %64 oranında artmıştır.

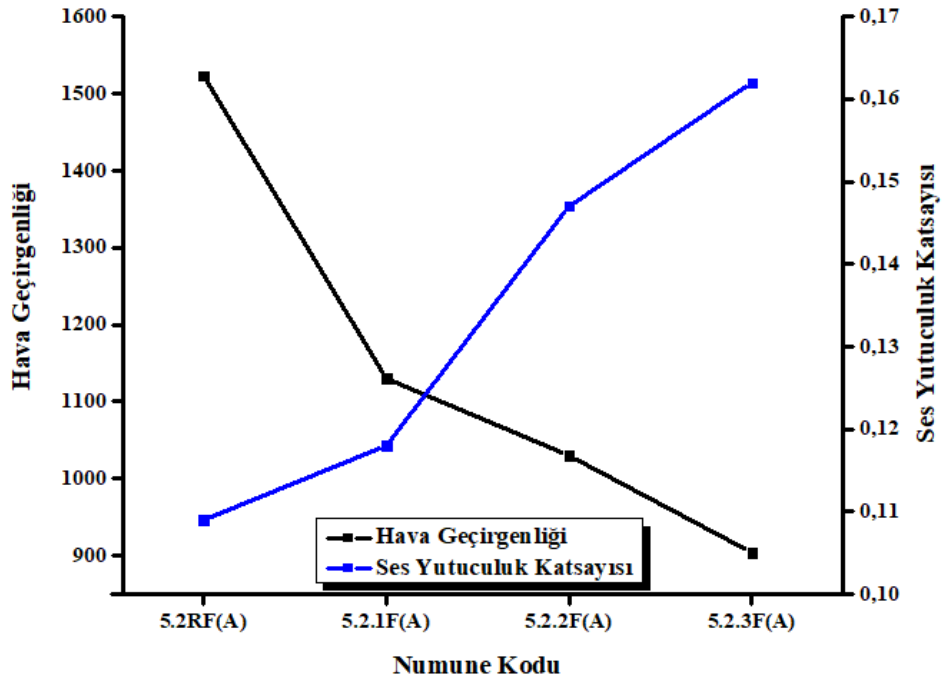


Şekil 4.95. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin ses yutuculuk katsayısı sonuçları

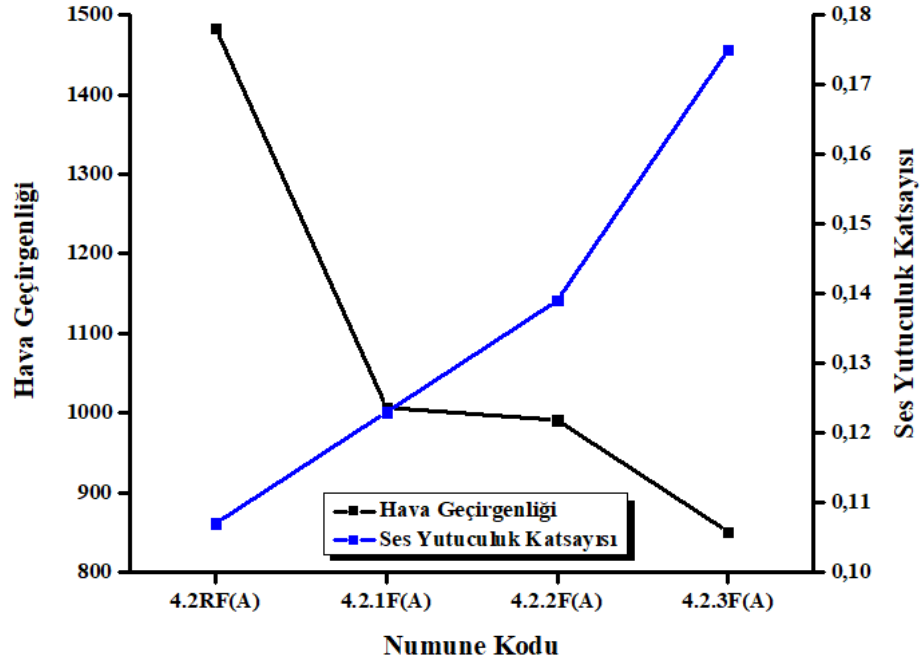
Hava geçirgenlik özelliği dolaylı olarak ses yalıtım özelliklerini de etkilemektedir. Kumaş yapısında daha kalın numarada iplik kullanıldığında kumaş gözenekleri küçülmekte ve hava geçirgenlik değerleri buna bağlı olarak azalmaktadır ve neticede daha yüksek ses yutum katsayısı elde edilmektedir. (Süvari, 2020). Şekil 4.96, 4.97 ve 4.98 'de hava geçirgenliği değerleri ile en yüksek frekanstaki ses yutum katsayısı arasındaki ilişki incelenmiştir. Beklenildiği şekilde hava geçirgenliği azaldıkça ses yutum katsayısı değerleri artmıştır.



Şekil 4.96. 5/1 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği ile ses yutuculuk katsayısı arasındaki ilişki



Şekil 4.97. 5/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği ile ses yutuculuk katsayısı arasındaki ilişki



Şekil 4.98. 4/2 dış/iç ekstrüder besleme oranında üretilen bikomponent ipliklerden üretilen yüzeylerin hava geçirgenliği ile ses yutuculuk katsayısı arasındaki ilişki

İyi akustik özellikleri elde etmek için malzemelerin gözenekli yapıda olması gerekir. (Berardi ve Iannace, 2015). Literatürden elde edilen bilgiler ışığında da gözenekli yapıları nedeniyle köpük polimerlerden ses yutum uygulamalarında yararlandığı bilinmektedir (Atiénzar-Navarro, Del Rey, Alba, Sánchez-Morcillo ve Picó, 2020; Azahari, Rus, Kormin ve Zaliran, 2017; Tongtong, Shuming, Wenbo, Yebin ve Jiang, 2019). Bu çalışmaların çoğunda köpük polimer yapısına belli oranlarda lif katkısı ile ya da kumaş yapılarının entegre edilmesiyle ses yalıtım özellikleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Saf köpük yapısına tekstil malzemeleri (lif, iplik, kumaş) belli oranlarda dahil edildiği için ve tekstil malzemeleri de gözenekli yapılarından dolayı total gözenekliliğe olumlu katkı sağladığı için literatürde daha yüksek ses yutuculuk katsayısı değerlerine ulaşılmıştır. Bu çalışmada ise düşük yoğunluklu polietilen köpük gözenekli yapısı nedeniyle bikomponent lif içerisinde gözenekli yapı oluşturmuş ve artan katkı oranı ile birlikte de ses yutuculuk katsayısında en yüksek %64 oranında iyileşme sağlamıştır.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında birçok sektörde geniş kullanım alanına sahip düşük yoğunluklu polietilen köpük polimerinin tekstil sektöründe sentetik iplik üretiminde kullanılabilirliği ve bu ipliklerden üretilen örme kumaşların yalıtım özellikleri ilk kez araştırılmıştır.

Bu amaçla sentetik iplik üretiminde pek çok avantaj sağlayan eriyikten çekim bikomponent iplik üretimi ile köpük polietilen katkılı bikomponent iplikler üretilmiştir. İç içe bikomponent lif üretim tekniği kullanılarak %1, 2 ve 3 olmak üzere üç farklı katkı oranında köpük polimer iç yapıda kullanılmıştır. Üretilen bikomponent ipliklerin iplik numarası, mukavemet, uzama gibi fiziksel özellikleri test edilmiş, yüzey ve iç yapı görünümü optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiş, diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi ile termal davranışı değerlendirilmiştir. Bikomponent ipliklerden örme kumaş yüzeyleri elde edilmiş, bu kumaşların fiziksel özelliklerinin (sıklık, kalınlık, gramaj, hava geçirgenliği) yanı sıra termal iletkenlik katsayısı ve ses yutuculuk özellikleri incelenmiştir. Test sonuçlarının etkisi aynı zamanda istatistiksel olarak da değerlendirilmiş, varyans analizi ve SNK (Student-Newman Keuls) testi uygulanmıştır.

Çalışma sonuçlarından köpük polietilen polimerinin bikomponent iplik üretiminde katkı olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Katkılı bikomponent ipliklerin mekanik özelliklerinde bir miktar azalma olsa da bu beklenen bir sonuçtur. Mikroskobik incelemelerde iplik yapısının düzgün ve homojen bir şekilde elde edildiği görülmektedir. Bikomponent ipliklerden üretilen örme yüzeylerin termal iletkenlik katsayıları artan katkı oranı ile düşüş göstermiş ve üretilen kumaşlar ilgili standarda göre termal yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir durumdadır. Ses yutum katsayıları da değerlendirildiğinde köpük polimer ilavesinin akustik özellikleri iyileştirdiği görülmüştür. Düşük yoğunluklu polietilen köpüğün sağladığı pek çok avantaj ve bu çalışmada da vermiş olduğu olumlu sonuçlar nedeniyle termal ve akustik izolasyon sağlayan tekstil uygulamalarında umut vadeden bir malzeme olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abdelfattah, A., Ghalia, E. I. ve Eman, R. M. (2011).** Using nonwoven hollow fibers to improve cars interior acoustic properties. *Life Science Journal*, 8(1), 344-351.
- Abreu, M. J., Catarino, A. ve Tama, D. (2018).** Evaluating the effect of fabric type on thermal insulation properties of sports clothing. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 460(1), 012005. Doi: 10.1088/1757-899X/460/1/012005.
- Afzal, A., Ahmad, S., Rasheed, A., Ahmad, F., Iftikhar, F. ve Nawab, Y. (2017).** Influence of fabric parameters on thermal comfort performance of double layer knitted interlock fabrics. *Autex Research Journal*, 17(1), 20-26. Doi: 10.1515/aut-2015-0037
- Al Jahwari, F., Huang, Y., Naguib, H. E. ve Lo, J. (2016).** Relation of impact strength to the microstructure of functionally graded porous structures of acrylonitrile butadiene styrene (ABS) foamed by thermally activated microspheres. *Polymer*, 98, 270-281. Doi: 10.1016/j.polymer.2016.06.045
- Al-Homoud, M. S. (2005).** Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and environment*, 40(3), 353-366. Doi: 10.1016/j.buildenv.2004.05.013
- Alvarez-Lainez, M., Rodriguez-Perez, M. A. ve De Saja, J. A. (2008).** Thermal conductivity of open-cell polyolefin foams. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 46(2), 212-221. Doi: 10.1002/polb.21358
- Álvarez-Láinez, M., Rodríguez-Pérez, M. A. ve de Saja, J. A. (2014).** Acoustic absorption coefficient of open-cell polyolefin-based foams. *Materials Letters*, 121, 26-30. Doi: 10.1016/j.matlet.2014.01.061
- Anonim (2017).** Erişim adresi: <http://batisove.org/pdf/r17.pdf>
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F. ve Schiavoni, S. (2015).** A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 4, 1-17. Doi: 10.1016/j.susmat.2015.05.002
- Atiénzar-Navarro, R., Bonet-Aracil, M. A. R. I. L. É. S., Gisbert-Payá, J., del Rey, R. ve Picó, R. (2020).** Sound absorption of textile fabrics doped with microcapsules. *Applied Acoustics*, 164, 107285. Doi: 10.1016/j.apacoust.2020.107285
- Atiénzar-Navarro, R., Del Rey, R., Alba, J., Sánchez-Morcillo, V. J. ve Picó, R. (2020).** Sound Absorption Properties of Perforated Recycled Polyurethane Foams Reinforced with Woven Fabric. *Polymers*, 12(2), 401. Doi: 10.3390/polym12020401
- Azahari, M. S. M., Rus, A. Z. M., Kormin, S. ve Zaliran, M. T. (2017).** Acoustic properties of polymer foam composites blended with different percentage loadings of natural fiber. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 244(1) 012009. Doi: 10.1088/1757-899X/244/1/012009

Azdast, T. ve Hasanzadeh, R. (2018). Tensile and morphological properties of microcellular polymeric nanocomposite foams reinforced with multi-walled carbon nanotubes. *International Journal of Engineering*, 31(3), 504-510.

Azmi, M. A. (2012). Rigid polyurethane foam reinforced coconut coir fiber properties. *International Journal of Integrated Engineering*, 4(1).

Barbosa, R. C. N., Campilho, R. D. S. G. ve Silva, F. J. G. (2018). Injection mold design for a plastic component with blowing agent. *Procedia Manufacturing*, 17, 774-782. Doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.128

Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S. ve Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The lancet*, 383(9925), 1325-1332. Doi: 10.1016/S0140-6736(13)61613-X

Berardi, U. ve Iannace, G. (2015). Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications. *Building and Environment*, 94, 840-852. Doi: 10.1016/j.buildenv.2015.05.029

Berardi, U., & Iannace, G. (2017). Predicting the sound absorption of natural materials: Best-fit inverse laws for the acoustic impedance and the propagation constant. *Applied Acoustics*, 115, 131-138. Doi: 10.1016/j.apacoust.2016.08.012

Bergstrom, J.C. ve Randall, A. (2016). *Resource economics: an economic approach to natural resource and environmental policy*. Yer: Edward Elgar Publishing.

Bicomponent Fibers (2018). Erişim adresi: <http://www.engr.utk.edu/mse/Textiles/Bicomponent%20fibers.htm>

Binaların Isı Yalıtımı (2016). Erişim adresi: www.mmoizmir.org

Black, F. (1986). Noise. *The journal of finance*, 41(3), 528-543. Doi: 10.1111/j.1540-6261.1986.tb04513.x

Bozdoğan, F (2009). *Fiziksel Tekstil Muayeneleri (Kumaş Testleri)*. Yer: E.Ü Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını.

Cai, M., He, H., Zhang, X., Yan, X., Li, J., Chen, F., Yuan, D. ve Ning, X. (2019). Efficient synthesis of PVDF/PI side-by-side bicomponent nanofiber membrane with enhanced mechanical strength and good thermal stability. *Nanomaterials*, 9(1), 39. Doi: 10.3390/nano9010039

Canbolat, Ş. (2013). *Termal ve akustik izolasyon sağlayan duvar kumaşı eldesi* (Yüksek lisans tezi) <https://acikerisim.uludag.edu.tr/handle/11452/6429> veri tabanından erişildi.

Celen, R. ve Ulcay, Y. (2019). Investigating electromagnetic shielding effectiveness of knitted fabrics made by barium titanate/polyester bicomponent yarn. *Journal of*

Engineered Fibers and Fabrics, 14, 1558925019837806. Doi: 10.1177/1558925019837806

Celen, R. ve Ulçay, Y. Investigation of electromagnetic shielding and solar properties of woven fabrics made by barium titanate/polyester bicomponent yarns. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 30(4), 251-261. Doi: 10.32710/tekstilvekonfeksiyon.633386

Chang-Dong Patrick L. (2006). *Extrusion processing of low-bulk density, microcellular, open-cell thermoplastic foams.* (PhD Thesis). Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto.

Chen, Y., Yuan, F., Su, Q., Yu, C., Zhang, K., Luo, P., Hu, D. ve Guo, Y. (2020). A novel sound absorbing material comprising discarded luffa scraps and polyester fibers. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118917. Doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118917

Choi, Y. B. ve Kim, S. Y. (1999). Effects of interface on the dynamic mechanical properties of PET/nylon 6 bicomponent fibers. *Journal of applied polymer science*, 74(8), 2083-2093.
Doi:10.1002/(SICI)1097-4628(19991121)74:8<2083::AID_APP25>3.0.CO;2-G

Crone, T. (1956). *Architectural Construction, Second Edition*, Yer: Wiley, New York.

Dai, Z., Su, J., Zhu, X., Xu, K., Zhu, J., Huang, C. ve Ke, Q. (2018). Multifunctional polyethylene (PE)/polypropylene (PP) bicomponent fiber filter with anchored nanocrystalline MnO₂ for effective air purification. *Journal of Materials Chemistry A*, 6(30), 14856-14866. Doi: 10.1039/C8TA03683G

Dasdemir, M., Maze, B., Anantharamaiah, N. ve Pourdeyhimi, B. (2012). Influence of polymer type, composition, and interface on the structural and mechanical properties of core/sheath type bicomponent nonwoven fibers. *Journal of Materials Science*, 47(16), 5955-5969. Doi: 10.1007/s10853-012-6499-7

Dasdemir, M., Maze, B., Anantharamaiah, N. ve Pourdeyhimi, B. (2011). Formation of novel thermoplastic composites using bicomponent nonwovens as a precursor. *Journal of Materials Science*, 46(10), 3269-3281. Doi: 10.1007/s10853-010-5214-9

Dayıoğlu, H ve Karakaş H. (2007). *Elyaf Bilgisi*. Yer: Ajans Plaza Tanıtım ve İletişim Hizmetleri Ltd. Şti. İstanbul.

Demir, H., Sipahioğlu, M., Balköse, D. ve Ülkü, S. (2008). Effect of additives on flexible PVC foam formation. *journal of materials processing technology*, 195(1-3), 144-153. Doi: 10.1016/j.jmatprotec.2007.04.123

Demirkale, S. Y. (2007). *Çevre ve yapı akustiği: mimarlar ve mühendisler için el kitabı*. Yer: Birsen Yayınevi.

Diamant, R. M. E. (1965). *Insulation of Buildings. Thermal and Acoustic. [With Plates.]*. Yer: Iliffe Books.

Dillon, B. J. (2005). *A feasibility study of polypropylene and polypropylene/polyethylene blends for foamed wire and cable jacketing applications.* (Master Thesis). University of Massachusetts Lowell.

Dilmac, S. ve Kesen, N. (2003). A comparison of new Turkish thermal insulation standard (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German regulation. *Energy and Buildings*, 35(2), 161-174. Doi: 10.1016/S0378-7788(02)00020-8

Eaves, D. E. and Witten, N. (1998). *Proceedings of SPE Antec '98 Conference*, Atlanta, GA.

Eaves, D. E. (1998). *Proceedings of New Plastics '98 Conference*, London, UK.

Eaves, D. E. (2004). *Handbook of polymer foams.* Yer: Rapra Technology Ltd. Shrewsbury.

Ellingham, T., Duddleston, L. ve Turng, L. S. (2017). Sub-critical gas-assisted processing using CO₂ foaming to enhance the exfoliation of graphene in polypropylene+graphene nanocomposites. *Polymer*, 117, 132-139. Doi: 10.1016/j.polymer.2017.04.028

Eren, S. ve Ulcay, Y. (2015). Production of bi-component polyester fibres for EMR (electromagnetic radiation) protection and examining EMR shielding characteristics. *Textile and Apparel*, 25(2), 140-147.

Eungkee Lee, R., Hasanzadeh, R. ve Azdast, T. (2017). A multi-criteria decision analysis on injection moulding of polymeric microcellular nanocomposite foams containing multi-walled carbon nanotubes. *Plastics, Rubber and Composites*, 46(4), 155-162. Doi: 10.1080/14658011.2017.1300210

European Parliament. (2010). Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). *Official Journal of the European Union*, L-334.

Fourn, F. (1995). *Synthetische Fasern: Herstellung, Maschinenund Apparate, Eigenschaften; Handbuch für Anlagenplanung, Maschinenkonstruktion und Betrieb*; Carl Hanser Verlag: Munich, Germany.

Fourné, F. ve Hergeth, H.H. (1999). *Synthetic fibers: Machines and equipment, manufacture, properties.* Yer: Munich: Hanser.

Gautam, R., Bassi, A. S. ve Yanful, E. K. (2007). A review of biodegradation of synthetic plastic and foams. *Applied biochemistry and biotechnology*, 141(1), 85-108. Doi: 10.1007/s12010-007-9212-6

Glauß, B., Steinmann, W., Walter, S., Beckers, M., Seide, G., Gries, T. ve Roth, G. (2013). Spinnability and characteristics of polyvinylidene fluoride (PVDF)-based

bicomponent fibers with a carbon nanotube (CNT) modified polypropylene core for piezoelectric applications. *Materials*, 6(7), 2642-2661. Doi: 10.3390/ma6072642

Goines, L. ve Hagler, L. (2007). Noise pollution: a modern plague. *Southern Medical Journal*, 100(3), 287-94.

Gunesoglu, S., Meric, B. ve Gunesoglu, C. (2005). Thermal contact properties of 2-yarn fleece knitted fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 13(2), 46.

Gürdal, E. (1998). Yalıtım Malzemelerinin Yangın Güvenliğine Etkisi, *Yapı Dergisi*, 79, 47-49.

Hadded, A., Benltoufa, S., Fayala, F. ve Jemni, A. (2016). Thermo physical characterization of recycled textile materials used for building insulating. *Journal of building engineering*, 5, 34-40. Doi: 10.1016/j.job.2015.10.007

Hasanzadeh, R., Azdast, T., Doniavi, A. ve Eungkee Lee, R. (2019). Thermal-insulation performance of low-density polyethylene (LDPE) foams: Comparison between two radiation thermal conductivity models. *Polyolefins Journal*, 6(1), 13-21. Doi: 10.22063/POJ.2018.2185.1113

Hes, L. ve Dolezal, I. (2018). Indirect measurement of moisture absorptivity of functional textile fabrics. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1065(12), 122026. Doi: 10.1088/1742-6596/1065/12/122026.

Hockenberger, A. (2014). *Tekstil Fiziği*. Yer: Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.

Hu, C. C., Chang, S. S. ve Liang, N. Y. (2018). Fabrication of antistatic fibers with core/sheath and segmented-pie configurations. *Journal of Industrial Textiles*, 47(5), 569-586. Doi: 10.1177/1528083716665629

Hufenus, R., Affolter, C., Camenzind, M. ve Reifler, F. A. (2013). Design and Characterization of a Bicomponent Melt-Spun Fiber Optimized for Artificial Turf Applications. *Macromolecular Materials and Engineering*, 298(6), 653-663. Doi: 10.1002/mame.201200088

Isı Yalıtımı Sektör Araştırması (2006). Erişim Adresi: www.ito.org.tr

Isı Yalıtımı ve Faydaları (2017). Erişim adresi: <https://www.mmo.org.tr>.

Iwaro, J. ve Mwasha, A. (2010). A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. *Energy Policy*, 38(12), 7744-7755. Doi: 10.1016/j.enpol.2010.08.027

İnşaat Teknolojisi Ses Yalıtımı (2017). Erişim adresi: www.izoder.org.tr

Jacobs, L. J. M., Danen, K. C. H., Kemmere, M. F. ve Keurentjes, J. T. F. (2007). A parametric study into the morphology of polystyrene-co-methyl methacrylate foams

using supercritical carbon dioxide as a blowing agent. *Polymer*, 48(13), 3771-3780. Doi: 10.1016/j.polymer.2007.05.002

Jaffe, M. ve East, A.J. (2007). *Polyester fibers*. M. Lewin (Ed.), Handbook of Fiber Chemistry. Yer: CRC Press.

Jawaid, M. H. P. S., & Khalil, H. A. (2011). Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review. *Carbohydrate polymers*, 86(1), 1-18. Doi: 10.1016/j.carbpol.2011.04.043

Jayamani, E. ve Hamdan, S. (2013). Sound absorption coefficients natural fibre reinforced composites. *Advanced Materials Research*, 701, 53-58.

Jayaraman, K. 2005. *Acoustical absorptive properties nonwovens*, (MSc Thesis). North Carolina State University, Textile Management and Technology, U.S.A.

Jin, F. L., Zhao, M., Park, M. ve Park, S. J. (2019). Recent trends of foaming in polymer processing: A review. *Polymers*, 11(6), 953. Doi: 10.3390/polym11060953

Jiong S. M. S. (2006). *Application of nanoparticles in polymeric foams*. (PhD Thesis). Ohio State University.

Kang, Y., Lee, E., Lee, K., Choi, S. ve Shin, E. (2019). Acoustic properties of sound-absorbing polyester fabrics woven with thick staple and thin draw textured yarn for use in interior decoration. *The Journal of the Textile Institute*, 110(2), 202-210. Doi: 10.1080/00405000.2018.1508798

Karaca, E., Omeroglu, S. ve Akcam, O. (2016). Investigation of the effects of perlite additive on some comfort and acoustical properties of polyester fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(16). Doi: 10.1002/app.43128

Kawahara, Y., Takarada, W., Yamamoto, M., Kondo, Y., Tashiro, K. ve Kikutani, T. (2020). Fiber structure, tensile behavior, and antibacterial activity of polylactide/poly (butylene terephthalate) bicomponent fibers produced by high-speed melt-spinning. *Journal of Macromolecular Science, Part B*, 59(7), 440-456. Doi: 10.1080/00222348.2020.1741880

Keshtkar, M., Nofar, M., Park, C. B. ve Carreau, P. J. (2014). Extruded PLA/clay nanocomposite foams blown with supercritical CO₂. *Polymer*, 55(16), 4077-4090. Doi: 10.1016/j.polymer.2014.06.059

Kılıç, M. ve Yiğit, A. (2008). *Isı Transferi*. Yer: Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.

Küçükali, M. (2010). *Akustik özellikleri geliştirilmiş örme kumaşlar* (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

L.J. Gibson, L. J. ve Ashby, M.F. (1999). *Cellular Solids, 2nd Edition*, Yer: Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Lee, L. J., Zeng, C., Cao, X., Han, X., Shen, J. ve Xu, G. (2005). Polymer nanocomposite foams. *Composites science and technology*, 65(15-16), 2344-2363. Doi: 10.1016/j.compscitech.2005.06.016

Li, D., Chang, D., Liu, B. ve Tian, J. (2014). Improving sound absorption bandwidth of micro-perforated panel by adding porous materials. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 249(6), 1877-1882.

Li, H., Zhang, N., Fan, X., Gong, J., Zhang, J. ve Zhao, X. (2020). Investigation of effective factors of woven structure fabrics for acoustic absorption. *Applied Acoustics*, 161, 107081. Doi: 10.1016/j.apacoust.2019.107081

Lin, M. F., Don, T. M., Chang, F. T., Huang, S. R. ve Chiu, W. Y. (2016). Preparation and properties of thermoresponsive and conductive composite fibers with core-sheath structure. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 54(9), 1299-1307. Doi: 10.1002/pola.27976

Liu, C., Long, Y., Xie, J. ve Xie, X. (2017). Towards green polyurethane foams via renewable castor oil-derived polyol and carbon dioxide releasing blowing agents from alkylated polyethylenimines. *Polymer*, 116, 240-250. Doi: 10.1016/j.polymer.2017.03.079

Liu, Y., Cheng, B., Wang, N., Kang, W., Zhang, W., Xing, K. ve Yang, W. (2012). Development and performance study of polypropylene/polyester bicomponent melt-blowns for filtration. *Journal of applied polymer science*, 124(1), 296-301. Doi: 10.1002/app.34861

Long, Y., An, J. ve Xie, X. (2020). CO₂-releasing blowing agents from modified polyethylenimines slightly consume isocyanate groups while foaming polyurethanes. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 3226-3235. Doi: 10.1016/j.arabjc.2018.10.007

Lund, A. ve Hagström, B. (2011). Melt spinning of β -phase poly (vinylidene fluoride) yarns with and without a conductive core. *Journal of Applied Polymer Science*, 120(2), 1080-1089. Doi: 10.1002/app.33239

Maleki, B. A. (2011). Shading: Passive cooling and energy conservation in buildings. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE)*, 3(4), 72-79.

Manasoğlu, G. (2014). *Selüloz tozlarının tekstil kaplamacılığında kullanımı üzerine bir araştırma* (Yüksek lisans tezi).

<https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/8469/1/360449.pdf> veri tabanından erişildi.

Maqsood , M. ve Seide, G. (2019). Novel bicomponent functional fibers with sheath/core configuration containing intumescent flame-retardants for textile applications. *Materials*, 12(19), 3095. Doi: 10.3390/ma12193095

Mather, R. R. (2005). *Synthetic Fibres: Nylon, Polyester, Acrylic, Polyolefin*. Yer: Woodhead Publishing, Cambridge, UK.

Matusiak, M., & Sikorski, K. (2011). Influence of the structure of woven fabrics on their thermal insulation properties. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19(5), 88.

Michałowski, S., Prociak, A., Zajchowski, S., Tomaszewska, J. ve Mirowski, J. (2017). Porous product with reduced apparent density keeps good mechanical properties. Extruded composites of poly (vinyl chloride) blown under microwave irradiation. *Polymer Testing*, 64, 229-234. Doi: 10.1016/j.polymertesting.2017.10.007

Microfiber (2018). Erişim adresi:

[http://www.stadsing.com/gfx/brugerupload/documents,WHAT%20IS%20MICROFIBER%20\(BH\).pdf](http://www.stadsing.com/gfx/brugerupload/documents,WHAT%20IS%20MICROFIBER%20(BH).pdf)

Milenkovic, L., Skundric, P., Sokolovic, R. ve Nikolic, T. (1999). Comfort properties of defence protective clothing. *The Scientific Journal Facta Universitatis*, 1(4), 101-106.

Molani, S., Azdast, T., Doniavi, A., Hasanzadeh, R., Moradian, M. ve Mamaghani Shishavan, S. (2018). A Taguchi analysis on structural properties of polypropylene microcellular nanocomposite foams containing Fe₂O₃ nanoparticles in batch process. *Plastics, Rubber and Composites*, 47(3), 106-112. Doi: 10.1080/14658011.2018.1441778

Mukhopadhyay, S. ve Ramakrishnan, G. (2008). Microfibres. *Textile Progress*, 40(1), 1-86. Doi: 10.1080/00405160801942585

Nakajima, T., Kajiwara, K. ve McIntyre, J. E. (1994). *Advanced fiber spinning technology*. Yer: Woodhead Publishing.

Neğiş, T. (1988). Binalarda Isı Tecridi ve Isı Yalıtım Malzemeleri, *İnşaat Dergisi*, 3, 20-23.

Noll, I., Seide, G. ve Gries, T. (2016). *Enhancing the Efficiency of Diesel Fuel Filters by the Usage of Bicomponent Fibers with Water-guiding Channel*. The Fiber Society Spring Meeting and Technical Conference, Mulhouse, France.

Notario, B., Ballesteros, A., Pinto, J. ve Rodriguez-Perez, M. A. (2016). Nanoporous PMMA: A novel system with different acoustic properties. *Materials Letters*, 168, 76-79. Doi: 10.1016/j.matlet.2016.01.037

Oglakcioglu, N., Celik, P., Ute, T. B., Marmarali, A. ve Kadoglu, H. (2009). Thermal comfort properties of angora rabbit/cotton fiber blended knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 79(10), 888-894. Doi: 10.1177/0040517508099396

Özkan S. (2001). *Ses Yalıtım Uygulamaları*. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi, Eskişehir, Türkiye.

Pakdel, E., Naebe, M., Kashi, S., Cai, Z., Xie, W., Yuen, A. C. Y., Montazer, M., Sun, L ve Wang, X. (2020). Functional cotton fabric using hollow glass microspheres: Focus on thermal insulation, flame retardancy, UV-protection and acoustic performance. *Progress in Organic Coatings*, 141, 105553. Doi: 10.1016/j.porgcoat.2020.105553

Palmer, J. (2002). *Environmental education in the 21st century: Theory, practice, progress, and promise*. Yer: Routledge.

Papadopoulos, A. M. (2005). State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. *Energy and buildings*, 37(1), 77-86. Doi: 10.1016/j.enbuild.2004.05.006

Park, C. B., Behravesh, A. H. ve Venter, R. D. (1998). Low density microcellular foam processing in extrusion using CO₂. *Polymer Engineering & Science*, 38(11), 1812-1823. Doi: 10.1002/pen.10351

Patnaik, A. (2016). *Materials used for acoustic textiles in Acoustic Textiles*. Yer: Springer, Singapore.

Peng, J., Walsh, P. J., Sabo, R. C., Turng, L. S. ve Clemons, C. M. (2016). Water-assisted compounding of cellulose nanocrystals into polyamide 6 for use as a nucleating agent for microcellular foaming. *Polymer*, 84, 158-166. Doi: 10.1016/j.polymer.2015.12.050

Petlitchkaia, S. ve Poulesquen, A. (2019). Design of lightweight metakaolin based geopolymer foamed with hydrogen peroxide. *Ceramics International*, 45(1), 1322-1330. Doi: 10.1016/j.ceramint.2018.10.021

Pinto, J., Notario, B., Verdejo, R., Dumon, M., Costeux, S. ve Rodriguez-Perez, M. A. (2017). Molecular confinement of solid and gaseous phases of self-standing bulk nanoporous polymers inducing enhanced and unexpected physical properties. *Polymer*, 113, 27-33. Doi: 10.1016/j.polymer.2017.02.046

Pop-Iliev, R. (1999). *Processing of fine-cell polypropylene foams in compounding-based rotational foam molding* (PhD Thesis). University of Toronto.

Prahsarn, C., Klinsukhon, W., Roungpaisan, N. ve Srisawat, N. (2013). Self-crimped bicomponent fibers containing polypropylene/ethylene octene copolymer. *Materials Letters*, 91, 232-234. Doi: 10.1016/j.matlet.2012.09.106

Ranaweera, C. K., Ionescu, M., Bilic, N., Wan, X., Kahol, P. K. ve Gupta, R. K. (2017). Biobased polyols using thiol-ene chemistry for rigid polyurethane foams with

enhanced flame-retardant properties. *Journal of Renewable Materials*, 5(1), 1-12. Doi: 10.7569/JRM.2017.634105

Razzaz, Z., Mohebbi, A. ve Rodrigue, D. (2018). Effect of processing conditions on the cellular morphology of polyethylene hollow fiber foams for membrane applications. *Cellular Polymers*, 37(4-6), 169-188. Doi: 10.1177/0262489318795967

Roungpaisan, N., Takarada, W. ve Kikutani, T. (2019). High-speed melt spinning of sheath/core bicomponent fibers of poly (L-lactide) s with different molecular weight. *AIP Conference Proceedings*, 2065(1), 030030. Doi: 10.1063/1.5088288

Rüttinger, L. ve Feil, M. (2010). Sustainable prevention of resource conflicts: New risks from raw materials for the future? Case study and scenarios for China and rare Earths. Erişim adresi: http://www.adelphi.de/files/de/news/application/pdf/rohkon_report_3_4_china.pdf

Singh, S.N. (2002). Blowing Agents for Polyurethane Foams, *Rapra Review Report*, 12(10), Rapra Technology, Shawbury, UK.

Sadik, T., Pillon, C., Carrot, C. ve Ruiz, J. A. R. (2018). Dsc studies on the decomposition of chemical blowing agents based on citric acid and sodium bicarbonate. *Thermochimica Acta*, 659, 74-81. Doi: 10.1016/j.tca.2017.11.007

Sauceau, M., Nikitine, C., Rodier, E. ve Fages, J. (2007). Effect of supercritical carbon dioxide on polystyrene extrusion. *The Journal of Supercritical Fluids*, 43(2), 367-373. Doi: 10.1016/j.supflu.2007.05.014

Schuetz, M. A. ve Glicksman, L. R. (1984). A basic study of heat transfer through foam insulation. *Journal of Cellular Plastics*, 20(2), 114-121. Doi: 10.1177/0021955X8402000203

Seddeq, H. S. (2009). Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 4610-4617.

Ses Yalıtımı. (2017). Erişim adresi: http://eng.harran.edu.tr/~ihilali/ses_yalitimi.pdf

Sibanda, M., Focke, W., Braack, L., Leuteritz, A., Brünig, H., Tran, N. H. A., Wiczorek, F. ve Trümper, W. (2018). Bicomponent fibres for controlled release of volatile mosquito repellents. *Materials Science and Engineering: C*, 91, 754-761. Doi: 10.1016/j.msec.2018.06.016

Silva, G. M. ve Magalhaes, M. D. C. (2008). Acoustical properties of vegetal fibers used on multilayered materials. *한국소음진동공학회/ 국제학술발표논문집*, 1835-1841.

Sivertsen, K. (2007). *Polymer Foams*. Erişim adresi: https://ocw.mit.edu/.../3...polymer.../polymer_foams.pdf.

- Smith, D. S., Alzina, A., Bourret, J., Nait-Ali, B., Pennec, F., Tessier-Doyen, N., Otsu, K., Matsubara, H., Elser, P. ve Gonzenbach, U. T. (2013).** Thermal conductivity of porous materials. *Journal of Materials Research*, 28(17), 2260-2272. Doi: 10.1557/jmr.2013.179.
- Soltani, P. ve Zerrebini, M. (2012).** The analysis of acoustical characteristics and sound absorption coefficient of woven fabrics. *Textile Research Journal*, 82(9), 875-882. Doi: 10.1177/0040517511402121
- Song, W., Barber, K. ve Lee, K. Y. (2017).** Heat-induced bubble expansion as a route to increase the porosity of foam-templated bio-based macroporous polymers. *Polymer*, 118, 97-106. Doi: 10.1016/j.polymer.2017.04.058
- Sonnenschein, M.F. (1999).** Hollow fiber microfiltration membranes from poly (ether-ether ketone) (PEEK). *Journal of Applied Polymer Science* 72 (2): 175–181. Doi: 10.1002/(SICI)1097-4628(19990411)72:2<175::AID-APP3>3.0.CO;2-H
- Srivastava V. ve Srivastava R. (2014).** A Review on Manufacturing, Properties and Application of Expanded Polypropylene, *MIT International Journal of Mechanical Engineering*, 4(1), 22–28.
- Stanković, S. B., Popović, D. ve Poparić, G. B. (2008).** Thermal properties of textile fabrics made of natural and regenerated cellulose fibers. *Polymer testing*, 27(1), 41-48. Doi: 10.1016/j.polymertesting.2007.08.003
- Strother, E. F. ve Turner, W. C. (1990).** *Thermal insulation building guide*. Yer: Robert E. Krieger Publishing Company, Florida.
- Suh, K. W., Park, C. P., Maurer, M. J., Tusim, M. H., Genova, R. D., Broos, R. ve Sophia, D. P. (2000).** Lightweight cellular plastics. *Advanced Materials*, 12(23), 1779-1789. Doi: 10.1002/1521-4095(200012)12:23<1779::AID-ADMA1779>3.0.CO;2-3
- Suvari, F. (2020).** Örtme Faktörü ve Gözeneklilik Parametrelerinin Dokuma Kumaşların Ses Yutuculuk Davranışına Etkilerinin İncelenmesi. *Uludag University Journal of The Faculty of Engineering*, 25(2), 665-678. Doi: 10.17482/uumfd.716590
- Suvari, F. ve Dulek, Y. (2019).** Investigating the effect of raising on the sound absorption behavior of polyester woven fabrics. *Textile Research Journal*, 89(23-24), 5119-5129. Doi: 10.1177/0040517519848161
- Suvari, F., Ulcay, Y. ve Pourdeyhimi, B. (2019).** Influence of sea polymer removal on sound absorption behavior of islands-in-the-sea spunbonded nonwovens. *Textile Research Journal*, 89(12), 2444-2455. Doi: 10.1177/0040517518797332
- Suvari, F., Ulcay, Y. ve Pourdeyhimi, B. (2016).** Sound absorption analysis of thermally bonded high-loft nonwovens. *Textile Research Journal*, 86(8), 837-847. Doi: 10.1177/0040517515590412

Suvari, F., Ulcay, Y., Maze, B. ve Pourdeyhimi, B. (2013). Acoustical absorptive properties of spunbonded nonwovens made from islands-in-the-sea bicomponent filaments. *Journal of the Textile Institute*, 104(4), 438-445. Doi: 10.1080/00405000.2012.740330

Pontiff, T. (2000). *Foam Extrusion*. S-T. Lee (Ed.), Principles and Practices (s.251) Yer: Technomic Publishing, Lancaster, PA, USA.

Taban, E., Mortazavi, S. B., Vosoughi, S., Khavanin, A ve Asilian Mahabadi, H. (2017). Noise exposure effects on blood glucose, cortisol, and weight changes in the male mice. *Health Scope*, 6(2). Doi: 10.5812/jhealthscope.36108

Takematsu, M. M., Diniz, M. F., Mattos, E. D. C. ve Dutra, R. D. C. L. (2018). Sheath-core bicomponent fiber characterization by FT-IR and other analytical methodologies. *Polimeros*, 28, 339-347. Doi: 10.1590/0104-1428.09016

Talebi, Z., Soltani, P., Habibi, N. ve Latifi, F. (2019). Silica aerogel/polyester blankets for efficient sound absorption in buildings. *Construction and Building Materials*, 220, 76-89. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.06.031

Tang, X., Zhang, X., Zhuang, X., Zhang, H. ve Yan, X. (2018). Acoustical analysis of corduroy fabric for sound absorption: Experiments and simulations. *Journal of Industrial Textiles*, 48(1), 201-220. Doi: 10.1177/1528083717725912

Tascan, M. ve Vaughn, E. A. (2008). Effects of fiber denier, fiber cross-sectional shape and fabric density on acoustical behavior of vertically lapped nonwoven fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 3(2), 155892500800300206. Doi: 10.1177/155892500800300206

Tomioka, S. ve Kojima, M. (1979). Spinnability and adhesiveness of polypropylene-polyethylene bicomponent fibers. *Sen'i Gakkaishi*, 35(12), T542-T547. Doi: 10.2115/fiber.35.12_T542

Tongtong, Z. H. U., Shuming, C. H. E. N., Wenbo, Z. H. U., Yebin, W. A. N. G. ve Jiang, Y. (2019). Sound absorption property of polyurethane foam with polyethylene fiber. *Materials Science*, 25(1), 85-89. Doi: 10.5755/j01.ms.25.1.19720

Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., Özkal, S., Doymuş, N. ve Ciravoğlu, Ö. (2000). *Yapı elemanı tasarımı malzeme*. Yer: Literatür yayınları.

Ülker, S. (2009). *Isı Yalıtım Malzemelerinin Özelliklerinin Uygulamaya Etkileri* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Ünal, H. Ve Yetgin, S. H. (2011). *Enjeksiyonla Kalıplama Yöntemiyle Üretilen PP Köpük Malzeme Özelliklerine Kimyasal Köpük Ajanının Etkisinin İncelenmesi*. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Turkey.

- Van Amber, R. R., Wilson, C. A., Laing, R. M., Lowe, B. J. ve Niven, B. E. (2015).** Thermal and moisture transfer properties of sock fabrics differing in fiber type, yarn, and fabric structure. *Textile Research Journal*, 85(12), 1269-1280. Doi: 10.1177/0040517514561926
- Van Do, C., Nguyen, T. T. T. ve Park, J. S. (2012).** Fabrication of polyethylene glycol/polyvinylidene fluoride core/shell nanofibers via melt electrospinning and their characteristics. *Solar energy materials and solar cells*, 104, 131-139. Doi: 10.1016/j.solmat.2012.04.029
- Verdejo, R., Stämpfli, R., Alvarez-Lainez, M., Mourad, S., Rodriguez-Perez, M. A., Brühwiler, P. A. ve Shaffer, M. (2009).** Enhanced acoustic damping in flexible polyurethane foams filled with carbon nanotubes. *Composites Science and Technology*, 69(10), 1564-1569. Doi: 10.1016/j.compscitech.2008.07.003
- Wang, G., Zhao, G., Zhang, L., Mu, Y. ve Park, C. B. (2018).** Lightweight and tough nanocellular PP/PTFE nanocomposite foams with defect-free surfaces obtained using in situ nanofibrillation and nanocellular injection molding. *Chemical Engineering Journal*, 350, 1-11. Doi: 10.1016/j.cej.2018.05.161
- Wang, L., Hikima, Y., Ishihara, S. ve Ohshima, M. (2017).** Fabrication of lightweight microcellular foams in injection-molded polypropylene using the synergy of long-chain branches and crystal nucleating agents. *Polymer*, 128, 119-127. Doi: 10.1016/j.polymer.2017.09.025
- Wang, M., Yu, B., Han, J., Song, W. ve Zhu, F. (2017).** The influence of drawing pressure on the properties of PET/PA6 bicomponent spunbonded fibers. *Journal of Industrial Textiles*, 46(5), 1281-1293. Doi: 10.1177/1528083715627162
- Wicklein, B., Kocjan, A., Salazar-Alvarez, G., Carosio, F., Camino, G., Antonietti, M. ve Bergström, L. (2015).** Thermally insulating and fire-retardant lightweight anisotropic foams based on nanocellulose and graphene oxide. *Nature nanotechnology*, 10(3), 277-283. Doi: 10.1038/nnano.2014.248
- Wu, H., Zhao, G., Wang, G., Zhang, W. ve Li, Y. (2018).** A new core-back foam injection molding method with chemical blowing agents. *Materials & Design*, 144, 331-342. Doi: 10.1016/j.matdes.2018.02.043
- Wu, L., Ban, J., Jiang, Q., Li, T. T., Shiu, B. C., Huang, S. Y., Lou, C. W. ve Lin, J. H. (2019).** Polyethylene Terephthalate/Carbon Fabric/Polyurethane Foam Sandwich Composites: Flame Retardance and Mechanical Properties. *Fibers and Polymers*, 20(6), 1277-1283. Doi: 10.1007/s12221-019-8590-z
- Xie, P., Wu, G., Cao, Z., Han, Z., Zhang, Y., An, Y. ve Yang, W. (2018).** Effect of mold opening process on microporous structure and properties of microcellular polylactide–polylactide nanocomposites. *Polymers*, 10(5), 554. Doi: 10.3390/polym10050554

Xue, B., Deng, J. ve Zhang, J. (2016). Multiporous open-cell poly (vinyl formal) foams for sound absorption. *RSC advances*, 6(9), 7653-7660. Doi: 10.1039/C5RA23285F

Yan, Y., Iqbal, A., Wu, C., Wang, Y., Li, G. ve Qi, R. (2020). Electrical conductivity of carbon black/single-wall carbon nanotube/low-density polyethylene ternary composite foam. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(7), 48382. Doi: 10.1002/app.48382

Yang, H., Wang, Z., Liu, Z., Cheng, H. ve Li, C. (2019). Continuous, strong, porous silk firoin-based aerogel fibers toward textile thermal insulation. *Polymers*, 11(11), 1899. Doi: 10.3390/polym11111899

Yang, W. ve Moon, H. J. (2019). Combined effects of acoustic, thermal, and illumination conditions on the comfort of discrete senses and overall indoor environment. *Building and Environment*, 148, 623-633. Doi: 10.1016/j.buildenv.2018.11.040

Yang, Y., Gupta, M. C., Dudley, K. L. ve Lawrence, R. W. (2005). Conductive carbon nanofiber–polymer foam structures. *Advanced materials*, 17(16), 1999-2003. Doi: 10.1002/adma.200500615

Yapılarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri (2017). Erişim adresi: www.imo.org.tr

Yetgin S. H. Ve Ünal H. (2008). Polimer Esaslı Köpük Malzemeler. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17.

Yildirim, K. ve Ulcay, Y. (2014). An experimental study and model development of poly (ethylene terephthalate) yarn morphology. *e-Polymers*, 14(2), 121-131. Doi: 10.1515/epoly-2013-0068

Yılmaz, D. N. (2009). *Acoustic properties of biodegradable nonwovens* (PhD Thesis). North Carolina State University, Textile Management and Technology, U.S.A.

Zhang, X., Chen, J. ve Zeng, Y. (2020). Morphology development of helical structure in bicomponent fibers during spinning process. *Polymer*, 201, 122609. Doi: 10.1016/j.polymer.2020.122609

Zhang, Y., Zhang, C. Z., Liu, F. J., Wang, F. Y ve Wang, P. (2016). *Research on morphologies of polyvinyl alcohol/milk nanofibers*. *Thermal Science*, 20(3), 961-966. Doi: 10.2298/TSCI1603961Z

Zotefoams Cushion Packaging Guide. (2004). Erişim adresi: <https://www.zotefoams.com>