

Makine Halılarında Hav İpliği Olarak Kullanılan Sentetik Polimerler

Cemile Emel Yaz¹

Özet

Halılar, yaşam alanlarının vazgeçilmez bir unsurudur ve eski çağlardan beri kullanılmaktadır. Gerek el halısı gerekse makine halısı üretiminde her dönem yüksek prestije sahip olan yün elyaf arzının artan tüketim talebine yetişememesi, yüksek maliyeti ve tüketici beklentilerinin daha fonksiyonel ürünlerden yana olması nedeniyle, uzun yıllardır makine halıcılığında hav ipliği materyali olarak doğal elyaflardan ziyade sentetik lifler tercih edilmeye başlanmıştır. Hav ipliği üretiminde kullanılan başlıca sentetik lifler polipropilen, akrilik, poliamid ve polyesterdir. Her polimer, spesifik karakterdedir ve halıda kullanım performansları açısından birbirlerine göre avantaj/dezavantajlara sahiptir. Bu çalışmada, sentetik polimerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin, halı hav ipliği kullanım performanslarına etkileri değerlendirilmiştir.

1. Giriş

Yaşam alanlarının temel unsurlarından biri olan halılar, kullanım alanlarına göre farklılaşan fonksiyonellikleri ve tüketici talepleri göz önüne alınarak farklı hammaddelerden üretilmektedir. Geleneksel el halıcılığında, en çok tercih edilen hav ipliği malzemesi yün elyaf olmuştur, ancak artan tüketim talebi, müşterilerin daha fonksiyonel ürün beklentileri ve maliyet unsurları gibi durumlar, yün elyafına alternatif hammaddelere gereksinim duyulduğunu göstermiştir. Uzun yıllardır gelişmekte olan makine halıcılığı sektöründe de bu ihtiyaçların karşılanmasına yönelik hav ipliği materyali olarak sentetik polimerler tercih edilmeye başlanmıştır. Makine halıları üç boyutlu yapılardır ve hav iplikleri halıların kullanım performansını belirleyen en önemli yapı bileşenidir. Halı konstrüksiyonunun halının özelliklerine en çok etki eden

1 Dr. Öğr. Üyesi, Gaziantep Üniversitesi Naci Topçuoğlu Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Tekstil ve Halı Makineleri Programı, 0000-0003-4456-4898

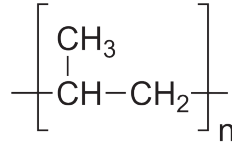
parametreleri ise hav sıklığı ve hav yüksekliğidir. Bununla birlikte, halıların kullanım süresi boyunca maruz kalacağı etkiler karşısında hav ipliklerinin mekanik davranışları ve kimyasal tepkileri, başlıca hammadde özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu sebepten, malzeme seçiminin halıda en önemli faktör olduğu söylenebilir. Hav ipliği üretiminde kullanılan sentetik tekstil lifleri, farklı tüketici beklentilerini karşılayabilir çeşitliliktedir ve birbirlerine karşı avantaj/dezavantajları bulunmaktadır.

2. Hav İpliği Üretiminde Kullanılan Sentetik Lifler

Makine halıcılığında hav ipliği olarak kullanılan başlıca sentetik tekstil lifleri polipropilen, akrilik, poliamid ve polyesterdir. Dünya genelinde farklı bölgelerde yaşayan insanların halı tercihleri de farklılık göstermektedir. Ülkemizde en çok tercih edilen hav ipliği materyali akrilik ve polipropilendir. Akrilik halılar yüne benzerliği ve renk canlılığı sebebiyle tercih edilirken, polipropilen halılar dayanıklılığı ve düşük maliyeti ile ön plana çıkmaktadır. Polyester ve poliamid halılar ise yüksek aşınma dirençlerinden dolayı uzun ömürlü kullanım imkânı sunmaktadır. Avrupa'da polipropilen ve polyester sıklıkla tercih edilirken, Amerika'da müşteri talepleri polipropilen ve poliamid halılardan yana olmaktadır. Orta Doğu ülkelerinde akrilik halılar, Uzak Doğu ülkelerinde ise polyester halılar daha yaygındır [1, 2].

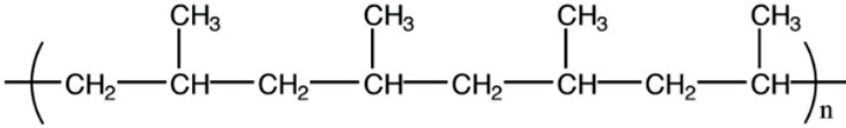
2.1. Polipropilen (PP)

Propilen gazının polimerizasyonu ile elde edilen polipropilen, birçok endüstriyel alanda kullanılan oldukça popüler bir polimerdir ve düşük yoğunluğu, kimyasal direnci, yüksek dayanımı ve kolay ekstrüzyon yeteneği sayesinde tekstil sektöründe makine halıcılığında da ön plana çıkan bir hammadde türüdür. Diğer sentetik polimerlere kıyasla düşük maliyetli olması, polipropileni daha avantajlı hale getirmektedir [3]. Polipropilen polimeri üç farklı konfigürasyonda (taktisite) üretilebilir; metil gruplarının ana zincirin tek bir tarafında olduğu izotaktik polipropilen (iPP); zincirin alternatif taraflarında metil gruplarına sahip olan sindiotaktik polipropilen (sPP) ve metil gruplarının rastgele dağıldığı ataktik polipropilen (aPP). Polipropilenin kristallliği polimerin konfigürasyonuna yani yapısal düzenliliğine doğrudan bağlıdır, örneğin; iPP ve sPP kristal yapıya sahip olabiliyorken, aPP kristal oluşturma yeteneği çok zor olduğundan amorf yapıdadır ve bu sebepten lif üretimine uygun değildir. Tekstilde lif üretimi için en uygun konfigürasyon izotaktik polipropilendir [1,4-6].

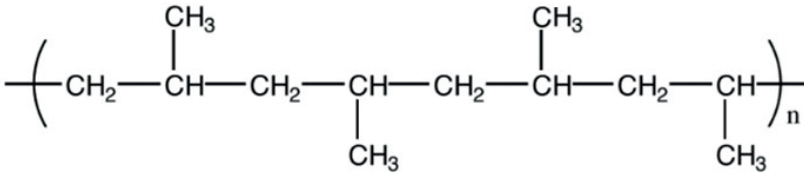


Şekil 1. Polipropilenin kimyasal formülü [3].

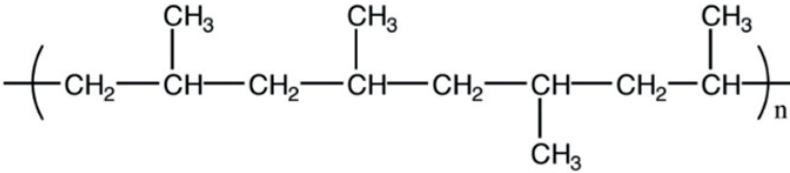
izotaktik polipropilen



sindiotaktik polipropilen



ataktik polipropilen



Şekil 2. Polipropilenin farklı konfigürasyonlardaki zincir dizilimi [3].

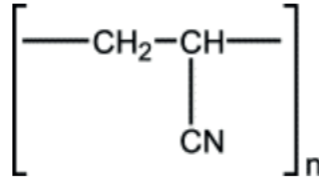
Polipropilen elyafların tutum ve görünüm özellikleri yüne benzer olmakla birlikte fiyat açısından çok daha avantajlıdır. Termal iletkenlik açısından düşük bir yeteneğe sahip olduğundan, sıcak tutan lifler kategorisinde yer alır bu anlamda halıda hav ipliği olarak kullanıma oldukça elverişlidir [7]. Ayrıca, polipropilenin 0,90-0,92 g/cm³lük düşük özgül ağırlığı, halıda hav ipliği olarak kullanıldığında diğer elyaflara göre daha iyi bir örtücülük sağlar ve yüksek hacimli ipliklerle bu örtücülük seviyesi daha da artırılabilir. Polipropilenin nem çekme yeteneği neredeyse hiç olmadığından

(~ %0,04), halılar küflenmeye, paslanmaya ve su bazlı kirlere karşı dayanıklıdır, kirlenme gerçekleştiğinde dahi kolay temizlenebilir. Ancak bununla beraber, düşük nem oranı lif üzerinde statik elektrik birikimine sebep olacağından, ortam havasındaki yağ bazlı kirlere polipropilen halılarda sorun olabilmektedir. Polipropilen lifinin aşınma dayanımı yüksektir, ayrıca 3-8 cN/dtex aralığındaki tenasitesi ile yüksek mukavemetli bir lif olarak değerlendirilebilir ve düşük nem çekme yeteneğinden dolayı da ıslandığında mukavemetini önemli ölçüde korur. Ancak halı hav ipliklerinde yüksek mukavemetten ziyade bası sonrası geri dönme olarak tanımlanan rezilyans yeteneğinin yüksek olması beklenmektedir [1, 8]. Polipropilen lifleri, çok yüksek rezilyansa sahip olmamakla beraber, bu durum hav yüksekliğinin azaltılması ve hav yoğunluğunun artırılması ile telafi edilebilir, fakat uzun süreli kullanımlar sonunda hav düzleşmesi ve keçeleşme polipropilen hav ipliklerinin en önemli dezavantajıdır. Polipropilenin yüksek sayılabilecek kristalitesi ve nem çekme özelliğinin oldukça düşük olması, elyaf haline getirildikten sonra boyanmasını zorlaştırmaktadır (özel koşullar altında veya bazı modifikasyonlarla boyanabilir) ve bu nedenle polipropilen polimeri genellikle eriyikten boyama olarak tanımlanan ekstrüzyon sırasında masterbatch eklenmesi yoluyla renklendirilir. Bu bakımdan polipropilen hav iplikleri, halıların kullanım süresi boyunca iyi bir renk haslığına sahiptir. Öte yandan, polipropilenin erime sıcaklığı 160-165 °C dolaylarındadır ve bu sıcaklık değeri polimerin işlenebilirliği açısından kolaylık sağlamakla beraber, halılarda kullanım esnasında yüksek sıcaklığa karşı hassasiyet gerektiren bir durumdur [1,9,10].

2.2. Akrilik / Poliakrilonitril (PAN)

Akrilik, akrilonitril polimerinin farklı komonomerlerle polimerizasyonu ile üretilen bir sentetik polimerdir. %100 akrilonitril elyaflarının mukavemeti oldukça yüksek olmasına rağmen, çok yüksek kristallik ve düşük nem tutma sebebiyle boyamada yaşanan zorluklar, bu liflerin tekstilde başarılı olmasını engellemiştir. Bu nedenle, ticari olarak temin edilebilen akrilik polimeri, tekstilde kullanıma uygun olabilmesi adına %85-94 akrilonitril içerirken, %15'e kadar başka bir komonomerden (metil akrilat, metil metakrilat, vinil asetat vb.) oluşmaktadır (kütlece %85'ten az oranda akrilonitril içeren lifler modakrilik olarak adlandırılır) [11,12]. Bu yapısal çeşitlilik, akrilik polimerinin kristalitesini düşürerek daha amorf bir karakteristiğe neden olmaktadır. Kristallik derecesinin düşük olması akrilik liflerinin iyi derecede boyanabilmelerine imkân tanır ve istenen renk canlılığına kolaylıkla ulaşılabilirken renk haslıkları da oldukça iyidir. Akrilik lifleri, tutum açısından yüne alternatif bir sentetik lif türüdür ve yün elyafının performansı ve estetik

özellikleri talep edildiği sürece akrilik elyafların ticari olarak kullanılması beklenmektedir. Termal iletkenliği de düşük olduğundan sıcak bir tutuma sahiptir. Ayrıca, özgül ağırlığı 1,14-1,19 g/cm³ aralığındadır, başka bir deyişle orta derecede bir yoğunluğa sahiptir (polipropilen halılara kıyasla nispeten daha ağır halılar üretmeye imkân tanır). Nem çekme yeteneğinin ise %1,5-2,5 aralığında olması kirlenme açısından polipropilene göre daha dezavantajlı olduğunu göstermektedir. Akrilik lifleri orta seviyede bir aşınma direncine sahiptir ve tenasite değerleri de polipropilene göre daha düşüktür (1-3,5 cN/dtex), ayrıca ıslandığında mukavemetini %15-20 oranında kaybeder. Bununla birlikte, hav ipliği kullanım performansı açısından değerlendirildiğinde rezilyans yeteneği polipropilenden daha iyidir [1,8]. Akrilik elyafların erime sıcaklığı ise 215-255 °C aralığındadır ancak erime ile birlikte kimyasal degradasyon da başladığı için eriyikten çekim yerine kuru veya yaş çekim metotları ile filament üretimi gerçekleştirir ve sonrasında genellikle şapel formuna getirilerek iplik üretimi yapılır.



Şekil 3. Akrilonitrilin kimyasal formülü [13].

Akrilik elyaflar yünün prestijine, poliamid ve polyesterin dayanıklılığına veya polipropilenin fiyat avantajına sahip değildir; ancak halıda hav ipliği kullanımı açısından birçok beklentiyi karşılayabilmektedir. Akrilik halıların en büyük dezavantajı, akrilik ipliklerin şapelden üretilmesinden kaynaklı kısa lif oranının fazla olması ve halıda kullanım esnasında tozuma probleminin görülmesidir (alerjik reaksiyona sebep olabilir). Polipropilen, polyester ve poliamid gibi diğer sentetik polimerlerden üretilen hav iplikleri filament yapılı olduğundan bu problem yaşanmamaktadır [1,14-17]. Öte yandan bazı sağlık otoriteleri, akrilik liflerin başlıca bileşeni olan akrilonitrilin yanması sonrasında toksik gazlar açığa çıkarmasından dolayı insan sağlığı üzerinde önemli zararları olabileceği konusunda uyarılarda bulunmaktadır [18,19].

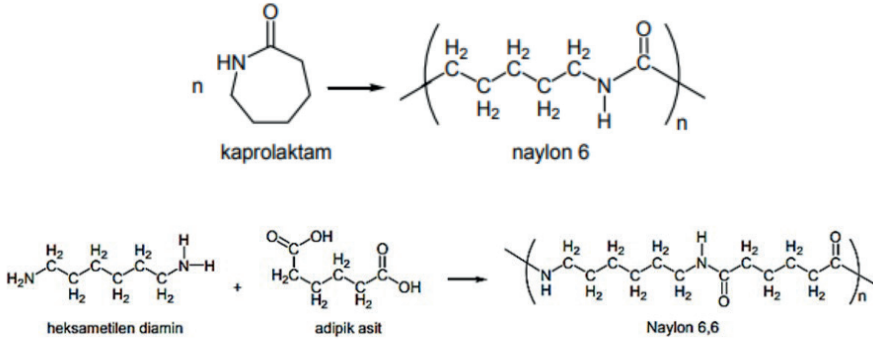
Modakrilik lifleri ise, akrilik liflerine göre kütlece daha az oranda akrilonitril (%35-%85) içerir ve komonomer yüzdesi daha yüksektir. Modakrilik liflerinin özgül ağırlığı (1,35 g/cm³) akrilik liflerinden daha yüksek olmakla birlikte, daha düşük sıcaklıklarda (190-210 °C) erime davranışı göstermeye

başlarlar (akrilik liflerinde olduğu gibi erimenin başlaması ile birlikte kısmen bozunma başlar). Ancak modakrilik liflerinin Limit Oksijen İndeksi (LOI) değeri 25-30 aralığındadır ve bu değer malzemenin yanması için ortam havasında bulunması gereken minimum oksijen miktarını ifade eder. Akrilik ve polipropilen liflerinin LOI değerleri 18-20, polyester ve poliamid liflerinin LOI değerleri ise 20-22 aralığındadır ve modakrilik lifine göre daha kolay tutuşma davranışı gösterirler. Modakrilik liflerinin yüksek LOI değerinden dolayı yanma dirençleri yüksektir ve kendi kendilerine sönmeye eğilimi gösterirler. Bu özelliklerinden ötürü koruyucu ürünlerde olduğu gibi halı üretiminde de tercih edilmektedir [20].

2.3. Poliamid / Naylon (PA)

İlk ticari sentetik elyaf olan poliamid (nylon), üstün mekanik özellikleri sayesinde sayısız teknik uygulamada kendisine kullanım alanı bulmaktadır ve sentetik tekstil lifleri içerisinde de ayrı bir öneme sahiptir. Poliamid polimerinin çok sayıda varyasyonu olmakla beraber, tekstilde ön plana çıkan iki önemli türü vardır; naylon 6 ve naylon 6.6. Naylon 6 kaprolaktamdan oluşurken, naylon 6.6'nın bileşenleri adipik asit ve heksametilen diamindir. Naylon 6 ve naylon 6.6'nın her ikisi de aynı kimyasal grupları aynı oranda içermesine rağmen, moleküllerin düzenlenmesinde bazı farklılıklar vardır. [1,8,20]. Poliamid lifleri 1,14 g/cm³lük özgül ağırlığı ile orta derecede yoğunluğa sahip bir lifdir. Nem çekme yetenekleri ise %4 ile diğer sentetik liflere kıyasla nispeten daha yüksektir ve bu sebepten lif üzerinde statik elektrik birikimi diğer lifler kadar problem değildir. Ayrıca boyanabilme yeteneği ve renk haslığı da oldukça yüksektir. Ancak, nem çekme özelliği ve parlak görünümünden dolayı, poliamid havlı halıların kirlenme dayanımının diğerlerine göre daha düşük olduğu söylenebilir. Tenasite değeri 5 cN/dtex civarındadır ve aşınma dayanımı, rezilyans ve elastik geri dönme yeteneği de oldukça yüksektir. Poliamid lifleri, yapılarındaki hidrojen bağlarından dolayı bu üstün mekanik davranışlara sahiptir ve halı hav ipliği olarak kullanımda da oldukça yüksek performans ortaya koymaktadır. Naylon 6,6'nın hidrojen bağ yapısı naylon 6'ya kıyasla daha yoğun ve düzenli bir yapı oluşturur. Bu yapısal farklılık, polimerlerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kısmen de olsa değişikliklere neden olmaktadır. Örneğin, naylon 6'nın kristallik değeri naylon 6,6'ya kıyasla biraz daha düşüktür, ancak her iki lifin de kristallik dereceleri genel anlamda yüksektir. Ayrıca, erime sıcaklıkları naylon 6 lifi için 215-230 °C, naylon 6,6 lifi içinse 250-265 °C aralığındadır [1,8,21]. Naylon 6,6'nun daha yüksek erime noktasına sahip olması, sıcak nesnelere temasta daha güvenli kullanım imkânı sunmakla beraber, sürtünmeden kaynaklanan ısınmaya ve bunun aşınma

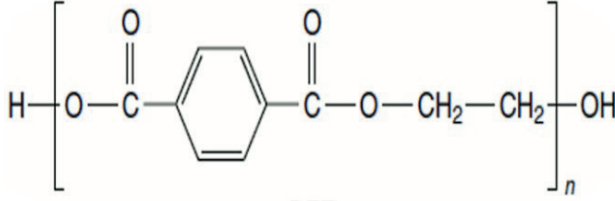
performansı üzerindeki olumsuz etkilerine karşı da direnç sağlamaktadır. Bir başka açıdan, naylon 6,6 daha yoğun ve düzenli polimer yapısıyla naylon 6'ya göre kısmen daha düşük geçirgenliğe sahiptir ve bu durum lekenin lifin iç yapısına nüfuzunu geciktirir. Dolayısıyla, halı üzerinde kirlenme gerçekleştiğinde, kirin lekeye dönüşmeden önce temizlenebilmesi için daha fazla zaman olabilmektedir. Ayrıca, naylon 6,6 halılar eşdeğer yapılı naylon 6 hahlılardan yüzey görünümünü muhafaza anlamında daha iyi performans gösterebilmektedir. Ancak, genel bir perspektifte değerlendirildiğinde, naylon 6 ve naylon 6.6'nın halı hav ipliği kullanım performanslarının diğer liflerden daha avantajlı ve birbirleriyle benzer seviyede olduğu sonucuna varılabilir. Bu noktada, naylon 6,6'nın yüksek maliyetli olduğu göz önüne alınırsa, halı hav ipliği üretiminde naylon 6.6'dan ziyade naylon 6 tercih edildiği söylenebilir [22,23].



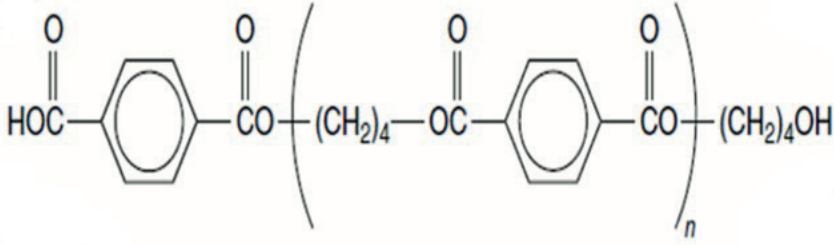
Şekil 4. Naylon 6 ve Naylon 6.6'nın kimyasal formülü [24,25].

2.4. Polyester (PET/PTT/PBT)

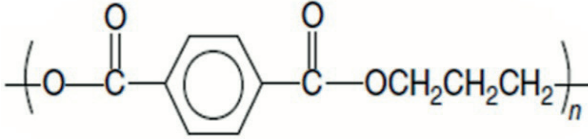
Polyester (PES), ana polimer zincirinde ester grupları içeren bir polimer grubudur ve farklı bileşenlerden oluşan türleri mevcuttur. Polyesterler içerisinde, tekstilin hemen hemen her alanında en yaygın kullanılan polimer türü polietilen tereftalat'tır (PET). Ayrıca polibütillen tereftalat (PBT) ve politrimetilen tereftalat (PTT) lifleri de, kolay boyanma yeteneği ve esneklik özelliklerinden dolayı halı üretimi de dâhil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır [26-28].



Şekil 5. Polietilen tereftalat (PET) kimyasal formülü [29].



Şekil 6. Polibütilen tereftalat (PBT) kimyasal formülü [29].

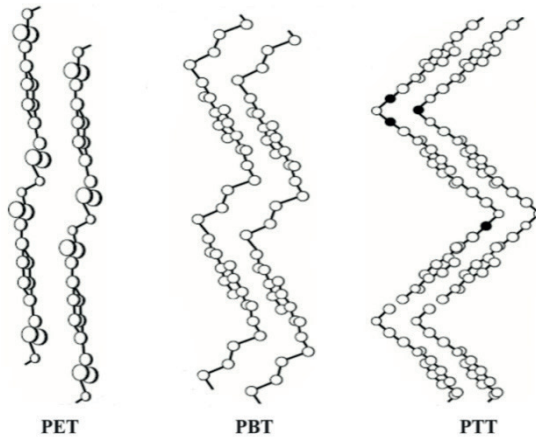


Şekil 7. Politrimetilen tereftalat (PTT) kimyasal formülü [29].

Polietilen tereftalat (PET) lifleri 1,38 g/cm³lük özgül ağırlık değeri ile diğer sentetik liflerden daha fazla bir yoğunluğa sahiptir ve bu durum daha ağır halıların üretimine imkân tanımaktadır. Nem çekme yetenekleri oldukça düşüktür ve %0,4 dolaylarındadır. Bu özelliklerinden dolayı halıda kirlenme performansları yüksektir ve ıslandıklarında hızlı kuruma davranışı gösterirler. Ayrıca, aşınma direnci oldukça yüksek olmakla birlikte, tenasite değeri 4-5 cN/dtex seviyesindedir. Bu özelliklerinden dolayı, mukavemet davranışları açısından poliamid grubu elyaflarına benzerlik gösterirler. Erime sıcaklığı 255-270 °C aralığında olduğundan ısınma kaynaklı aşınmalara karşı iyi bir direnç göstermektedir [8]. Bununla beraber, PET hav ipliklerinin halıda rezilyans davranışı genelde poliamiddenden daha düşüktür, ancak hav yoğunluğu artırılarak rezilyansta iyileşme görülebilir. Yumuşak tutumu ve parlak görünümü sayesinde halıda kullanıma oldukça elverişli olmasının yanı sıra PET lifleri maliyet açısından da poliamid liflerine kıyasla daha avantajlıdır, ancak polipropilenden ise genelde daha yüksek maliyetlidir. PET

lifinin bilinen en önemli dezavantajı, yüksek kristalite, yüksek hidrofobik karakter ve içyapıda boyarmadde ile bağ kuracak fonksiyonel grupların olmaması nedeniyle boyamada yaşanan zorluklardır, ancak halı hav ipliği üretiminde tercih edilen BCF teknolojisinde eriyikten boyama yapıldığından bu problem ortadan kalkmaktadır. Diğer filament üretim teknikleriyle üretilen iplikler ise, PET'e özel boyanma şartlarında boyanmaktadır [1, 30].

Polibütilen tereftalat (PBT) ve politrimetilen tereftalat (PTT) liflerinin erime sıcaklıkları 225-230 °C ve özgül ağırlıkları 1,32-1,34 g/cm³ değerleri ile PET'e oranla kısmen daha düşüktür. Bununla beraber, PET ile karşılaştırıldığında PBT ve PTT'nin kolay boyanabilme, yün benzeri tutum, yüksek elastik toparlanma ve rezilyans gibi halı hav ipliğinde istenen özelliklere sahip oldukları görülmektedir [27,28]. PBT ve PTT liflerinin elastik karakterleri içyapılarındaki helisel formdan kaynaklanmaktadır ve bu sarmal yapı PTT'de çok daha belirgin olduğundan diğer polyesterlere oranla daha yüksek elastik toparlanma ve rezilyans yeteneğine sahiptir (bu noktada poliamid elyaflarına benzer bir tutum göstermektedirler) [2, 31, 32].



Şekil 8. PET, PBT ve PTT zincir yapıları [29].

3. Sentetik Hav İplikleri ile İlgili Yapılmış Akademik Çalışmalar

Literatürde hav iplikleri üzerine yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Hav ipliğinin kompozisyonunu oluşturan hammadde değişmese dahi, halıların yapısal farklılıkları (hav sıklığı, hav yüksekliği vb.) ve değişen üretim parametreleri (iplik doğrusal yoğunluğu, çekim oranı, kesit geometrisi vb.), hav ipliklerinin davranışlarını doğrudan etkileyen unsurlardır. Bu çalışmada, farklı hammaddelerin karşılaştırıldığı bazı çalışmalar özetlenmiştir.

Önder ve Berkalp (2001), farklı hav sıklığı ve hav yüksekliğinde üretilmiş polipropilen, yün, akrilik halıların fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, polipropilen halıların görünüm koruma testinde yüksek devir sonrası daha belirgin bir hav düzleşmesi olduğu görülmüştür. Ayrıca, yün ve akrilik numuneleri ile karşılaştırıldığında, en fazla kalınlık kaybının polipropilen halılarda görüldüğü belirtilmiştir. Test sonuçlarına göre, aşınma dayanımının elyaf türünden ziyade hav yoğunluğuyla doğrudan ilişkili olduğu görülmüş ve ayrıca polipropilen halıların aşınma performanslarının akrilik ve yün numunelerin arasında olduğu tespit edilmiştir [33].

Tekin (2002), yün, akrilik ve polipropilen hav ipliklerinden üretilmiş halıların statik ve dinamik yükleme altındaki davranışlarını araştırmıştır. Test sonuçlarına göre, akrilik halıların statik yükleme sonrası kalınlık kaybı değerlerinin yün ve polipropilen numunelere oranla çok daha yüksek olduğu belirlenirken, dinamik yükleme sonrasında en düşük kalınlık kaybını gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca, yün ve polipropilen halıların statik yüklemeye dinamik yüklemeye göre daha dirençli olduğu ifade edilmiştir [34].

Koç ve ark. (2005), polipropilen, yün ve akrilik halı numunelerinin uzun süreli statik yükleme sonrasındaki kalınlık kayıpları kullanılarak, halıların kalıcı deformasyon, sıkıştırılabilirlik, rezilyans ve elastisite gibi davranışları incelenmiştir. Çalışmaya göre, uzun süreli yükleme sonrası en düşük kalınlık kaybı yün numunelerde, en yüksek kalınlık kaybı yüzdeleri ise akrilik numunelerde görülmüştür. Sıkıştırılabilirlik hassasiyeti açısından en akrilik halılar en düşük direnci gösterirken, polipropilen halılar en yüksek dayanımı göstermiştir. Elastisite ve kalıcı deformasyon davranışlarında en yüksek performans yün halılarda görülürken, akrilik halılar en düşük performans göstermiş ve bu durum akrilik numunelerin diğer numunelerden daha yüksek hav uzunluğuna sahip olmasına bağlanmıştır. Ayrıca, polipropilen halıların hav sıklığı diğer halı numunelerine göre daha düşük olmasına rağmen, elastisite performansının akrilik halılardan daha iyi ve yün halılara benzer bir davranış gösterdiği belirtilmiştir [35].

Dalcı (2006), çalışmasında farklı hav sıklığı ve hav yüksekliğinde akrilik ve polipropilenden üretilmiş halıların görünüm muhafaza, boncuklanma, dinamik yükleme ve statik yükleme altında kalınlık kaybı gibi davranışlarını incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre, akrilik halıların görünüm muhafaza performanslarının polipropilen halılardan daha iyi olduğu gözlemlenirken, boncuklanma testi sonrası her iki hav malzemesinde de belirgin bir deformasyon tespit edilmemiştir. Ayrıca çalışmada, dinamik yükleme sonrası akrilik halıların kalınlık kaybının polipropilen halılardan daha az olduğu,

uzun süreli statik yükleme sonrası ise polipropilen halıların kalınlık kaybının akrilik numunelerden fazla olduğu, ancak bununla beraber gerekli dinlenme süresi sonrasında daha yüksek rezilyans davranışı sergilemişlerdir [36].

Çelik ve Koç (2007), polipropilen, yün ve akrilik numunelerle yaptıkları bir önceki çalışmanın devamı olarak; hav ipliği materyallerinin enerji absorpsiyonu ve sönmleme karakteristiği davranışlarını incelemişlerdir. Çalışmada, uzun süreli statik yükleme sonrası bekleme süresi arttıkça deformasyonun azalarak rijitlik katsayısının arttığı, ancak bu artışın akrilik halılarda diğer halı numunelerine kıyasla daha az olduğu tespit edilmiştir. 24 saatlik bekleme süresi sonunda; elastik enerji ve elastik toparlanma katsayısı açısından en yüksek değerler yün halılarda, en düşük değerler ise akrilik halılarda görülmüştür. Sönmleme enerjisi ve sönmleme katsayısı sonuçları göz önüne alındığında ise, yün halıların en düşük performansı gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, bekleme süresi sonrasında akrilik numuneler en yüksek toplam enerjiye sahipken, yün numunelerin en düşük değerde olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, yün halılar tüm numuneler içerisinde en yüksek rezilyans değerini gösterirken, polipropilen numuneler de yüne en yakın performansı ortaya koymuştur [37].

Çelik ve Koç (2010) bu çalışmalarında ise farklı hav yüksekliği ve hav sıklığında üretilen polipropilen, yün ve akrilik halıların dinamik yükleme altındaki kalınlık kaybı performansını araştırmışlardır. Elde edilen bulgulara göre, yün numunelerin rezilyans değerlerinin daha düşük olduğu, akrilik numunelerin ise toparlanma performanslarının diğer numunelerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dinamik yükleme testinde 1000 darbe sonrası en iyi rezilyansa sahip numunelerin akrilik havlı halılar olduğu görülmüştür [38].

Özdil ve ark. (2012), polipropilen, yün ve akrilik liflerinden farklı doğrusal yoğunluklarda ve farklı hav yüksekliklerinde üretilen halı numunelerinin sıkıştırma ve geri dönme performanslarını incelemişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlara dayanarak, hav ipliğini oluşturan hammaddenin ve hav karakteristiğinin halıların sıkıştırma ve geri dönme davranışlarında etkili olduğu belirtilmiştir. Dinamik yükleme sonrası polipropilen numunelerde düşük doğrusal yoğunluktaki havların yüzde kalınlık kaybının, yüksek doğrusal yoğunluktaki havlara kıyasla kısmen daha düşük olduğu gözlenirken, akrilik numunelerde tersi bir durum tespit edilmiştir [39].

Fidan ve ark. (2023), polyester ve polipropilen hav ipliklerinden üretilen halıların sıkıştırma ve geri dönme davranışlarını, kirlenme ve görünüm muhafaza performanslarını, statik ve dinamik yükleme altında kalınlık kaybı değerlerini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar, aynı üretim teknolojisiyle

üretmiş polipropilen halıların polyester halılara kıyasla sıkıştırma sonucunda daha fazla deformasyona uğradığı ve akabinde daha düşük geri dönme performansı gösterdiği tespit edilmiştir. Dinamik yükleme sonrasında ise polipropilen halıların polyester halılara kıyasla daha düşük kalınlık kaybına uğradığı görülürken, statik yükleme sonrasında polipropilen halılarda daha fazla kalınlık kaybı olduğu ancak yükleme sonrası yeterli bekleme süresi sonunda daha iyi rezilyans davranışı ortaya koyduğu sonucuna ulaşılmıştır. Görünüm muhafaza açısından polyester ve polipropilen halılar benzer performans gösterirken, kirlenme testi sonuçlarına göre polipropilen halıların polyester numunelere göre daha az kir tutarak daha üstün bir performans sergilediği gözlemlenmiştir [40].

Kaynakça

1. Crawshaw, G.H. (2002). Carpet Manufacture. Woodhead Publishing Limited: United Kingdom.
2. Gong, R.H. (2011). Specialist Yarn and Fabric Structures Developments and Applications. Woodhead Publishing Limited: United Kingdom.
3. Tripathi, D. (2002). Practical Guide to Polypropylene. Rapra Technology Limited: United Kingdom.
4. Fried, J.R. Introduction to Polymer Science. (2014). Polymer Science and Technology, Pearson.
5. Vigo, T.L. (1994). Textile Processing And Properties; Preperation, Dyeing, Printing and Performance. Elsevier Science B. V., 882243, 479. Netherlands.
6. Gilbert, M., (2016). Brydson's Plastics Materials. Butterworth-Heinemann.
7. Morton, W.E. and Hearle, J.W.S. (2008) Physical Properties of Textile Fibres. Woodhead Publishing in Textiles, Cambridge.
8. Sinclair, R. (2015). Textiles and Fashion, Materials, Design and Technology. Woodhead Publishing Limited: United Kingdom.
9. Galanti, A.V., Mantell, C.L. (1965). Polypropylene Fibers and Films. Springer Science Business Media, United States.
10. Karian, H.G. (2003). Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites. 2nd Edition. Marcel Dekker, Inc.: United States.
11. McIntyre, J.E. (2004). Synthetic Fibres; Nylon, Polyester, Acrylic, Polyolefin. Woodhead Publishing: United Kingdom.
12. Feldman, D., Barbalata, A. (1996). Synthetic Polymers, Technology, Properties, Applications. Chapman & Hall: United Kingdom.
13. Masson, J. (2019). Acrylic Fiber Technology and Applications. CRC Press LLC.: United Kingdom.
14. Sarioğlu, E., Babaarslan, O., Ziba Or, S. (2019): Lif Karışım Oranı ve Toz Alma İşleminin Wilton Tipi Yüz-Yüze Halıların Tozuma Derecesine Etkileri, Tekstil ve Mühendis, 26: 115, 309-317
15. Hearle, J.W.S. (2001). Encyclopedia of Materials: Science and Technology, Textile Fibers: A Comparative Overview. Pergamon Press: United Kingdom.
16. Masson, J.C. (1995). Acrylic Fiber Technology and Application. Marcel Dekker, Inc.: United States.
17. Gupta, V.B., Kothari, V.K. (1997). Manufactured Fibre Technology. Springer Science Business Media: United Kingdom.

18. Robatto, G., Malinverno, G., Bootman, J. (1993). Development and implementation of a safety evaluation program for chemical fibers. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 17,193-208.
19. Güvendik, G., Boşgelmez, İ.İ. (2000). Akrilonitril. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*. 29(1)31-58.
20. Moody, V., Needles, H.L. (2004). *Tufted Carpet Textile Fibers, Dyes, Finishes and Processes*. William Andrew Publishing: United States.
21. Goswami, K.K. (2018). *Advances in Carpet Manufacture*. Woodhead Publishing Limited: United Kingdom.
22. Radhakrishnaiah, P. (2005). Comparison of the Performance Properties of Carpets Containing Nylon 6 and Nylon 66 Face Yarns ,*Textile Research Journal*, 75(2), 157–164.
23. https://rdweis.com/wp/wp-content/uploads/2017/10/K02957_Technical_Bulletin_Difference_btwn_N6_and_N66.pdf INVISTA Polymer, The Difference Between Type 6,6 and Type 6 Nylon, Technical Bulletin, 2014.
24. Beşergil, B., (2008). *Polimer Kimyası (2. Baskı)*. Gazi Kitabevi: Türkiye.
25. Saçak, M., (2022). *Lif ve Elyaf Kimyası (2.Baskı)*. Gazi Kitabevi: Türkiye.
26. Perepelkin, K.E. (2001). Poly(ethylene Terephthalate) and Polyester Fibres – 60th Anniversary of The First Patent- Poliester Fibres Abroad in the Third Millennium, *Fibre Chemistry*, 33(5).
27. Yıldırım, F.F., Avinç, O., Yavaş, A. (2012). Poly(trimethylene Terephthalate) Fibres Part I: Production, Properties, End-use Applications, Environmental Impact, *Journal of Textiles and Engineer*, 19(87).
28. Yıldırım, F.F., Yavaş, A., Avinç, O. (2012). Overview of Poly(buthylene terephthalate) fibres, *Journal of Textiles and Engineer*, 19(87)
29. Scheirs, J., Long, T.E., (2003). *Modern Polyesters: Chemistry and Technology of Polyesters and Copolyesters*, John Wiley & Sons Ltd.: United Kingdom.
30. Atav, R., Delituna, A. (2010). Poliester Liflerinin Dispers Boyarmaddelelele Boyanması Sırasında Kullanılan Yardımcı Maddeler. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 4(1), 73-83.
31. Özkan, M., Duru Baykal, P., Özkan, İ. (2022). Investigation on the Performance Properties of Polytrimethylene Terephthalate (PTT) Based Staple Fibers and Cotton Blended OE-Rotor Yarns. *The Journal of the Textile Institute*, 113(3), 449-459.
32. Pyda, M., Boller, A., Grebowicz, J., Chuah, H., Lebedev, B.V., Wunderlich, B. (1998). Heat Capacity of Poly(Trimethylene Terephthalate). *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 36(14), 2499–2511.

33. Önder, E., Berkalp, Ö.B. (2001). Effects of Different Structural Parameters on Carpet Physical Properties. *Textile Research Journal*. 71(6), 549-555.
34. Tekin, M. (2002). *Yüzyüze Halı Dokumacılığı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksel Lisans Tezi.*
35. Koç, E., Çelik, N., Tekin, M. (2005). An Experimental Study on Thickness Loss of Wilton-Type Carpets Produced with Different Pile Material after Prolonged Heavy Static Loading. Part-I: Characteristics Parameters and Carpet Behaviour. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 13(4), 56-62.
36. Dalcı S. (2006). *Makine Halısı Üretim Parametrelerinin Halı Performansına Olan Etkilerinin Araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*
37. Çelik, N., Koç, E. (2007). An Experimental Study on Thickness Loss of Wilton-Type Carpets Produced with Different Pile Material after Prolonged Heavy Static Loading. Part-II: Energy Absorption and Hysteresis Effect. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 15(3), 87-92.
38. Çelik, N., Koç, E. (2010). Study on the Thickness Loss of Wilton-Type Carpets under Dynamic Loading. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 18(1-78), 54-59.
39. Özdil, N., Bozdoğan, F., Özçelik Kayseri, G., Süpüren Mengüç, G. (2012). Compressibility and Thickness Recovery Characteristic of Carpet. *Textile and Apparel*. 3, 203-211.
40. Fidan, G., Korkmaz, Y., Çelik, H.İ. (2023). Effects of Fiber Type and Yarn Production Technique on Pile Yarn and Carpet Performances. *The Journal of The Textile Institute*. DOI: 10.1080/00405000.2023.2231191

