

Evaluation of Synthetic Fiber Technology in Businesses in Terms of Occupational Health and Safety

Mehmet Asif Alan^{1*} , Selçuk Aslan² 

Abstract: Textile sector provides important contributions to employment with many business lines. As the investments in the textile sector and its affiliated businesses diversify and increase, it becomes more essential to manage some risk factors. It is necessary to ensure the safety and health of employees for all processes from raw materials to the final product, and to sustain and improve their work. The fibers used by the textile industry as raw materials can be divided into two basic groups as natural and chemical fibers. Synthetic fibers and regenerated fibers are included in the chemical fibers class. In this study, an evaluation has been made regarding worker health and safety in synthetic fiber technology. In the evaluation made, it was determined that synthetic fiber technology has various physical and chemical risk factors in the production process of fibers such as rayon, polyester, nylon, acrylic and spandex. Injuries are the main physical risk factors. These injuries were seen as hand / wrist injuries and head and ankle / foot injuries. Among the harmful chemicals used, chemical risk factors are sulfuric acid, carbon disulfide, nitric acid, ethylene glycol, hexamethylene diamine, dimethyl formamide, formaldehyde, barium sulphate, terephthalic acid and acrylonitrile. Carcinogenic effects, central nervous system damage, irritant effects to skin, eyes, nose, throat and lungs, liver and kidney damage, male infertility, necrosis and anorexia, dysrhythmias and heart failure and other physical damages may be observed in those exposed to these chemicals. In terms of worker health, it is possible that workers involved in semi and fully synthetic production process similarly suffer from nausea, vomiting, headache and chest pain, followed by necrosis, anorexia, polyneuropathy, paralysis, insomnia and Parkinson's disease. According to the conclusion made as a result of this study, it is once again emphasized that the use of personal protective equipment (PPE) and the necessity of all the arguments required by the legal legislation in all matters, from the health of the workers to the safety of products, facilities, machinery, equipment and vehicles

Keywords: Textile, Synthetic Fiber, Worker Health, Work Safety, Polyester.

İşletmelerde Sentetik Elyaf Teknolojisinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi

Özet: The textile sector, along with its many other business lines, contributes significantly to employment. As investments in the textile sector and related businesses diversify and increase, managing certain risk factors becomes increasingly crucial. Ensuring the safety and health of employees across all processes, from raw materials to finished products, is essential for the sustainability and development of their work. This development, along with the end of the industrial revolution, has led to radical changes in industrial processes and work environments, increasing the importance of occupational health and safety practices. The textile industry, particularly the synthetic fiber production sector, is characterized by the use of various hazardous chemicals, complex production techniques, and exposure to numerous physical and ergonomic risks. This study provides a comprehensive assessment of occupational hazards associated with synthetic fiber technology, focusing on chemical exposures to substances such as sulfuric acid, carbon disulfide, formaldehyde, and other toxic substances that can cause carcinogenic, neurological, respiratory, and dermatological effects. Furthermore, the inherent flammability of synthetic fibers poses significant fire hazards in industrial environments, and inadequate emergency preparedness and safety protocols further exacerbate these hazards. The research also identifies common workplace injuries, primarily affecting the hands, wrists, head, and feet, highlighting the urgent need for appropriate personal protective equipment (PPE) and enhanced safety measures. Ergonomic deficiencies in manufacturing environments contribute to musculoskeletal disorders and reduced worker

productivity. To address these multifaceted risks, the study emphasizes the integration of advanced technological solutions, such as smart PPE and Internet of Things (IoT) systems, to enable real-time monitoring and proactive risk management. By implementing these strategies, the synthetic fiber industry can significantly improve worker safety and health outcomes, reduce occupational accidents and illnesses, and contribute to sustainable industrial growth. This research aims to inform policymakers, industry stakeholders, and safety professionals seeking to improve occupational health and safety standards in the changing environment of textile production. According to the conclusion drawn from this study, the necessity of using personal protective equipment (PPE) and all the arguments required by the legal legislation in all matters, from the health of workers to the safety of products, facilities, machinery, equipment and vehicles, is emphasized once again.

Anahtar Kelimeler: Tekstil, Sentetik Elyaf, İşçi Sağlığı, İş Güvenliği, Polyester.

¹**Adres:** Bayburt Üniversitesi, Teknoloji Transfer Ofisi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bayburt/Türkiye

²**Adres:** Kafkas Üniversitesi, Güzel Sanatlar Meslek Yüksekokulu Tasarım, Kars/Türkiye

***Sorumlu Yazar:** alanasif@hotmail.com

Atıf: Alan, M. A., Aslan, S. (2025). İşletmelerde Sentetik Elyaf Teknolojisinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. 21. Yüzyılda Fen ve Teknik Dergisi, 12(24): 52-75.

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz çağ, çalışma ortamında köklü değişikliklere yol açan Endüstri 4.0 olarak bilinen Dördüncü Sanayi Devrimi'ni başlattı (Esmer & Alan, 2019). Bu dönüşümlerin, işerin yapılış biçimini doğal olarak etkilemesi ve çalışanların güvenliğini ve sağlığını sağlamayı zorunlu hale getirmesi beklenmektedir. Yasal yükümlülüklerin ötesinde, bu, iş yerinde uyumu ve yapılan işin sürdürülebilirliğini sağlamak için bir zorunluluktur.

İşyerinde karşılaşılan tehlikeler ve riskler, işin niteliği, işletmenin konumu ve yapısı, işin kapasitesi, ilgili süreçler ve iş akışları, kullanılan makine ve ekipman, yararlanılan teknoloji ve üretilen birincil, ara ve bitmiş ürünler gibi faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterebilir (ÇSGB, 2017). Bu çeşitlilik göz önüne alındığında, potansiyel tehlikelerin ve bunların işçi sağlığına yönelik oluşturduğu risklerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine ihtiyaç vardır.

Tekstil endüstrisi, diğer sektörler için hem girdi hem de çıktı görevi görerek çeşitli yenilikçi faaliyetlerde önemli bir rol oynamaktadır (Esmer vd., 2019). Farklı endüstrilerle iş birliği yapma potansiyeli, istihdam olanaklarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Bu iş birliği, çeşitli proses ve kimyasalların kullanımını gerektirmektedir. Araştırmalar, tekstil atık sularındakiler de dâhil olmak üzere endüstrilerde kullanılan birçok kimyasalın, zararlarını vurgulamaktadır. Bu bağlamda, tekstil işleriyle ilişkili temel riskler arasında tozdan kaynaklanan mesleki hastalıklar, yangın tehlikeleri, tehlikeli kimyasallardan kaynaklanan riskler, gürültü, makine ve hareketli parçalardan kaynaklanan riskler, iş süreçlerindeki ergonomik sorunlar ve yetersiz termal konfor koşulları yer almaktadır (ÇSGB, 2017).

Tekstil endüstrisinde kullanılan lifler genel olarak iki ana gruba ayrılabilir: doğal ve kimyasal lifler. Kimyasal lifler kategorisine sentetik lifler ve rejenerasyon lifleri de dâhildir (ÇSGB, 2017). Sentetik lifler, doğal olarak bulunmayan ve kimyasal işlemlerle elde edilen polimerlerden üretilir. Hammaddeler genellikle petrol türevleri (örneğin polietilen, polipropilen), kömür ve doğal gaz içerir. Üretim yöntemleri, ekstruderler, iplik nozülleri, çekme makineleri ve sarma makineleri gibi endüstriyel ekipmanlar kullanılarak eriyeğe eğirme, ıslak eğirme ve kuru eğirme gibi teknikleri içerir. Bu işlemler sırasında, hammaddelerin toksisitesi

(örneğin çözücüler, uçucu organik bileşikler), yüksek sıcaklık ve gürültü gibi fiziksel tehlikeler, makine kazaları ve toz ve lif parçacıklarının neden olduğu solunum yolu hastalıklarıyla ilişkili riskler vardır.

Araştırmalar, sentetik liflerin 1930'larda keşfedildiğini ve Naylon'un (Poliamid 6.6) ilk ticari üretiminin 1939'da kurulan bir fabrikada gerçekleştiğini göstermektedir. Sentetik lifler hızla popülerlik kazanırken, 100 yıllık geçmişleri, yüzlerce yıldır ticari ve tarımsal açıdan önemli olan pamuk lifiyle tam bir tezat oluşturmaktadır (Singh & Bhalla, 2017).

Sentetik elyaf üretimi ve teknolojisinin artan önemiyle birlikte, istihdama katkısının artmaya devam etmesi beklenmektedir. Bu sektöre yapılan yatırımların artması ve istihdam oranlarının yükselmesi, risk yönetimini daha da kritik hale getirmektedir. Bu risklerin başında, çalışanları ilgilendiren sağlık ve güvenlik yönetimi gelmektedir. Tesis, makine, ekipman ve araçlardan kaynaklanan sağlık sorunları ve kazaları önlemek ve hem çalışanların hem de ürünlerin güvenliğini sağlamak için çeşitli önlemler alınmalıdır.

Literatür taramaları, özellikle İran'daki bir sentetik elyaf fabrikasında 16 yıl boyunca 836 iş kazası vakasını inceleyen bir çalışmadan elde edilen önemli bilgiler ortaya koymaktadır. Bulgular, bu yaralanmaların yaklaşık %46'sının el/bilek bölgesini, %24'ünün başı ve %10'unun ayak bileği/ayak bölgesini etkilediğini göstermiştir (Sanati vd., 2009). Bu istatistikler, iş yerinde kişisel koruyucu ekipmana (KKD) olan kritik ihtiyacın altını çizmektedir.

Sentetik elyaf üretimi, işçi sağlığı için önemli riskler oluşturan çeşitli tehlikeli kimyasallar içerir. Sülfürik asit, karbon disülfür, nitrik asit, etilen glikol, heksametilendiamin, dimetilformamid, formaldehit, baryum sülfat, tereftalik asit ve akrilonitril gibi kimyasallar, suni ipek, polyester, naylon, akrilik ve spandeks üretim süreçlerinde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bu maddelere maruz kalmak, kanserojen etkiler, merkezi sinir sistemine zarar verme ve cilt ve solunum sistemi tahrişi gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir (Esmer vd., 2019).

Dahası, sentetik liflerin yanıcılığı endüstriyel ortamlarda önemli yangın tehlikeleri oluşturmaktadır. Bu malzemelerin oksijene maruz kaldığında kolayca tutuşması, üretim ve depolama süreçleri boyunca önemli riskler yaratmaktadır (Uğurlu, 2011). Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) raporları, sentetik liflerle ilişkili kazaların, yangınların, patlamaların ve toksik tehlikelerin önlenmesi konusunda önemli bilgiler sunmaktadır (ILO, 2011). İşçi sağlığını korumak ve iş yeri güvenliğini artırmak için kapsamlı güvenlik önlemlerinin uygulanması zorunludur.

Bu çalışma, sentetik elyaf teknolojisiyle ilişkili risklerin iş sağlığı ve güvenliği açısından kapsamlı bir incelemesini yapmayı amaçlamaktadır. İşletmelerde sentetik elyaf teknolojisinin değerlendirilmesi, mesleki riskleri azaltmayı amaçlayan durumlara vurgu yapılmaktadır. Bu teknolojilerin güvenlik standartlarını nasıl iyileştirebileceğini ve sentetik malzemelerle ilişkili ortaya çıkan riskleri nasıl ele alabileceğini değerlendirmek için sistematik bir yaklaşım şarttır. Akıllı kişisel koruyucu ekipman (KKD) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi gelişmiş teknolojilerin entegrasyonu, çalışma koşullarının daha iyi izlenmesini kolaylaştırarak ve gerçek zamanlı risk değerlendirmelerine olanak tanıyarak iş yeri güvenliğini artırmada önemli bir rol oynamaktadır (Mutlu & Altuntaş, 2021; Podgórski vd., 2016; Yatsura vd., 2024).

İşyeri güvenliğinin kültürel boyutu da kritik öneme sahiptir çünkü güvenlik önlemlerinin uygulanmasını ve etkinliğini etkiler. Güçlü bir kurumsal güvenlik kültürü, özellikle sıkı sağlık ve güvenlik protokollerine öncelik veren sektörlerde iş yeri kazalarının azaltılmasına önemli

ölçüde katkıda bulunur (Schulte vd., 2024; Mayasari & Aisyarah, 2024). Ayrıca, sentetik elyaf maruziyetinin tıbbi etkileri, sıkı iş sağlığı ve güvenliği çerçevelerinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Sentetik elyaflarla ilgili olanlar da dahil olmak üzere yeni teknolojilerin sorumlu bir şekilde geliştirilmesinin, işçi güvenliğini ve sağlığını sağlamak için elzem olduğu savunulmuştur (Schulte vd., 2024).

Bu makale sentetik elyaf üretimiyle ilişkili riskleri ve bunların işçi sağlığı üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır. Ayrıca, iş yeri güvenliğini sağlamak için uygulanması gereken koruyucu önlemler ve stratejiler de ele alınacaktır. İş sağlığı ve güvenliğine proaktif bir yaklaşımın önemini vurgulayarak, bu çalışma sentetik elyaf sektöründe güvenlik standartlarının iyileştirilmesi konusundaki devam eden tartışmaya katkıda bulunmayı ve nihayetinde bu hayati sektörde yer alan tüm çalışanlar için daha güvenli bir çalışma ortamı sağlamayı amaçlamaktadır.

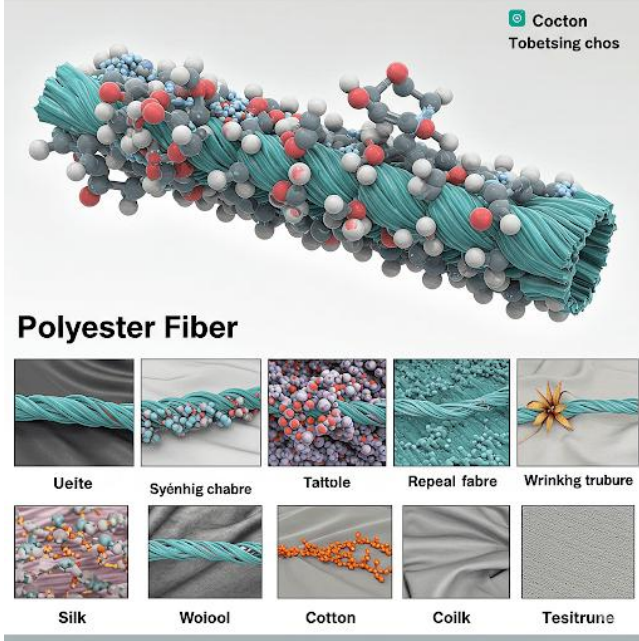
2. SENTETİK LİFLER

Lifler, iplik ve kumaş yapımında hammadde olarak Lifler, iplik ve kumaş yapımında hammadde olarak kullanılan en küçük birimdir. Pamuk, jüt, keten, yün ve ipek gibi doğal lifler (sebzelerden, hayvanlardan veya mineral liflerden elde edilen) ve laboratuvarlarda kimyasallar kullanılarak sentetik olarak yapılan suni ve sentetik lifler (sentetik lifler) olmak üzere iki tür lif vardır. Laboratuvar ortamında üretilen işlenmiş lifler, insan sağlığı için ciddi tehditler oluşturmaktadır (Esmer vd., 2019). Sentetik lifler yarı ve tam sentetik lifler olarak incelemek mümkündür.

Yarı Sentetik Lifler: Rayon lifleri olarak adlandırılan lifler bitkisel kökenlidir ve selülozdan elde edilir. Rejenere selülozun eğirme çözeltisini oluşturmak için doğal selülozu çözerek ve daha sonra bu çözeltiyi filamentleri ekstrüde etmek için bir düze yolundan geçirilir ve sonra düzeden çıkan akışkanları koagüle ederek suni ipek lifleri elde edebiliriz. Rayon elyafları nitroselüloz süreci, kupramonyum süreci, viskon işlemi, asetat rayonu şeklinde çeşitli işlemlerle üretilir.

Tam Sentetik Lifler: Çeşitli kimyasalların birbirleri ile reaksiyona girmesiyle çeşitli elementlerden büyük moleküllere sentezlenmesi ile elde edilirler. Sentetik elyaf oluşumunda kullanılan kimyasalların olumsuz etkileri için daha önce birçok çalışmaya konu olmuştur (İTKİB, 2016; Käfferlein vd., 2000). Bu lifler termoplastik, esnek ve çok güçlü oldukları için popüler olarak çeşitli giysiler, ev mobilyaları ve endüstriyel ürünler, mayo, fondöten çorapları ve spor giyim de kullanılmaktadır (Esmer vd., 2019).

Başlangıç ve çıkış hammaddesi petrokimya ürünleri olan sentetik elyaf ve devamlı iplikler üretim sürecine Örnek verilecek olursa imalat girdisi etilen glikol, poliester cips ve dimetiltereftalat ya da saf tereftalik asit arasındaki polikondensasyon reaksiyonu sonucu poliester lifleri ve iplikleri elde edilebilir. Buna karşılık belli bir petrol ürünü veya doğal gazın parçalanması ile elde edilen etilenin oksitlenmesi etilen oksit ortaya çıkarılır, eğer burada bir hidroliz işlemi yapılırsa etilen glikolu oluşturulur. Bir aromatik ekstrasyon ürünü olan paraksilenin oksitlenmesi ile tereftalik asit imal edilir. Aromatik ekstrasyon ünitelerinin hammadde girdileri ise petrol rafinerisi ürünleridir. Netice itibarıyla günümüz poliester elyaf ve iplik petrol veya doğal gaz kökenli olduğu ortaya çıkmaktadır. Poliamid iplik ve elyaf gibi diğer sentetik elyaf lif türlerinden ana hammaddesi kaprolaktam; akrilik elyafın ana hammaddesi de akrilonitrildir. Kaprolaktam ve akrilonitril gibi hammaddelerde petrol ve türevleri ürünlerdir (DPT, 2001).



Şekil 1. Polyesterin Yapısı (Denimstudent, 2025).

Tekstil lifleri doğal ve yapay lif sınıflandırması olarak iki temel gruba ayrılır. Yapay lifler rejenere (suni) ve sentetik lifler olarak ikiye ayrılır. Sentetik lifler:

- Polyolefin lifleri (polipropilen, polietilen vb.),
- Polivinil lifleri (polivinilklorür, akrilik, modakrilik),
- Poliamid lifleri (nylon, perlon ve vinyon),
- Poliester lifleri (terilen, trevira, vinyon),
- Poliüretan lifleri (spandex, lycra) olarak 5 alt sınıfta incelenebilir.

2.1. Polyolefin lifleri (polipropilen, polietilen vb.)

Poliölefinler, İngiltere’de Courlene olarak bilinen bu gruptaki en yaygın elyaf, nylon için yapılan işlemlere benzer bir işlemle yapılır. 300 ° C'deki erimiş polimer düzelerden geçmeye zorlanır. Düzelerden geçen eriyik filamentleri oluşturmak için havada veya suda soğutulur. Filament daha sonra çekilir veya gerilir. Polipropilenler Almanya’da Hostalen, İtalya’da Meraklon ve İngiltere’de Ulstron olarak bilinen bu polimer eritilerek bükülür, gerilir veya çekilir ve ardından tavllanır (ILO, 2011). Petrolden üretilen bir propilenin liflerinin elde edilmesi, uygun katalizörler ile 100 °C’ de 25 – 30 atmosfer basıncı altında polimerizasyonu sonucunda elde edilmektedir. Polipropilen lifleri düzesiz çekim yöntemi (film yarma tekniği) ve yumuşak çekime göre elde edilir (Denimstudent, 2025).



Şekil 2. Poliolen lifleri (Halis, 2017).

Polipropilen, poliolefin grubunda bulunan polipropilen kullanım alanı oldukça yaygın olan termoplastik yapıda polimerdir. Poliolefin grubunda bulunan polipropilen ürünler ambalaj ve paket sanayisinde, inşaat sektöründe, elektrik elektronik sektöründe ve otomotiv sektöründe çeşitli uygulamaları mevcuttur. Polipropilenin tekstil sektöründe oldukça yaygın kullanılmasının nedenleri hafiflik düşük maliyet, yüksek kimyasal direnç ve yüksek mekanik direnç olarak sıralanabilir. Bu özelliklerinin yanı sıra polipropilenin yanmaya karşı üstün direnç göstermesi diğer alanlarda da kullanımını arttırmaktadır (Avcı vd., 2019). Ayrıca polipropilenin hijyenik alanda kullanımı ve antibakteriyel özelliği kazandırılması mümkündür. Polipropilen nonwoven kumaş olarak emici hijyenik bir ürünün üst tabaka şeklinde kullanılması KKD üretiminde opsiyon sağlayabilir (Kaplan vd., 2019; Kaplan & Aslan, 2016).

2.2. Polivinil lifleri (polivinilklorür, akrilik, modakrilik)

Sentetik olarak dünyada üretilen ilk lif poliamid olarak düşünülür ve en genel kullanılan isim naylon olarak ifade edilir (MEB, 2018). Uzun zincirli polimerik amidlerin isimleri, kimyasal bileşenlerinde karbon atomlarının sayısını gösteren bir sayı ile ayırt edilir, ilk önce diamin dikkate alınır. Bu nedenle, heksametilen diamin ve adipik asitten üretilen orijinal naylon, Amerika ve İngiltere’de naylon 66 veya 6.6 olarak bilinir, çünkü hem diamin hem de dibazik asit 6 karbon atomu içerir. Naylon 6,6’nın tekrarlayan birim formülü $[-NH(CH_2)_6NH-CO(CH_2)_4CO-]_n$ şeklindedir. Almanya’da Perlon T, İtalya’da Nailon, İsviçre’de Mylsuisse, İspanya’da Anid ve Arjantin’de Ducilo olarak pazarlanmaktadır özetle şu şekildedir. Hammaddesi adipik asit ve heksametilen diamin olan maddeler yoğunlaştırılmış bir naylon tuzu eldesi için ısıtılır. Bu polimerizasyonu elde etmek için petrokimyasal ürünler kullanılır ve bu ürünler üretim sonrasında dahi malzemede kalabilmektedir (Esmer vd.,2019). Naylon, içerisinde barındırdığı formaldehit güçlü bir kaserojendir. Ayrıca delustrant kimyasal (titanyum oksit), antistatik bir madde olan baryum sülfat, hiper cilt pigmentasyonuna, dermatite ve yönelim bozukluğu, baş dönmesi, baş ağrısı ve omurga ağrısı gibi merkezi sinir sisteminin çalışmasını olumsuz etkiler. Başka bir tehlike heksametilen diamin naylon elyaf üretiminde kullanılmasıdır. Bu kimyasal cildi, gözleri, burnu, boğazı ve akciğerleri tahriş edebilir; ayrıca karaciğer ve böbreklere, erkeklerde kısırlığa da zarar verebilir (Esmer vd., 2019).

2.3. Poliamid lifleri (nylon, perlon ve vinyon)

Sentetik olarak dünyada üretilen ilk lif poliamid olarak düşünülür ve en genel kullanılan isim nylon olarak ifade edilir (MEB, 2018). Uzun zincirli polimerik amidlerin isimleri, kimyasal bileşenlerinde karbon atomlarının sayısını gösteren bir sayı ile ayırt edilir, ilk önce diamin dikkate alınır. Bu nedenle, heksametilen diamin ve adipik asitten üretilen orijinal nylon, Amerika ve İngiltere’de nylon 66 veya 6.6 olarak bilinir, çünkü hem diamin hem de dibazik asit 6 karbon atomu içerir. Nylon 6,6’nın tekrarlayan birim formülü $[-NH(CH_2)_6NH-CO(CH_2)_4CO-]_n$ şeklindedir. Almanya’da Perlon T, İtalya’da Nailon, İsviçre’de Mylsuisse, İspanya’da Anid ve Arjantin’de Ducilo olarak pazarlanmaktadır özetle şu şekildedir. Hammaddesi adipik asit ve heksametilen diamin olan maddeler yoğunlaştırılmış bir nylon tuzu eldesi için ısıtılır. Bu polimerizasyonu elde etmek için petrokimyasal ürünler kullanılır ve bu ürünler üretim sonrasında dahi malzemede kalabilmektedir (Esmer vd.,2019). Nylon, içerisinde barındırdığı formaldehit güçlü bir kaserojendir. Ayrıca delustrant kimyasal (titanyum oksit), antistatik bir madde olan baryum sülfat, hiper cilt pigmentasyonuna, dermatite ve yönelim bozukluğu, baş dönmesi, baş ağrısı ve omurga ağrısı gibi merkezi sinir sisteminin çalışmasını olumsuz etkiler. Başka bir tehlike heksametilen diamin nylon elyaf üretiminde kullanılmasıdır. Bu kimyasal cildi, gözleri, burnu, boğazı ve akciğerleri tahriş edebilir; ayrıca karaciğer ve böbreklere, erkeklerde kısırlığa da zarar verebilir (Esmer vd., 2019).

2.4. Poliester lifleri (terilen, trevira, vinyon)

Poliester lif üretimi ve tüketimi tekstil sektörü açısından giderek artmaktadır. Poliester, fiziksel özellikleri, düşük fiyatı, geri dönüştürülebilirliği ve yaygın kullanımı nedeniyle tekstil sektöründe tercih edilen bir elyaf haline gelmiştir (İTKİB, 2016). Ayrıca poliester lifi özellik olarak iyi performans göstermesi, ekonomik açıdan avantajları ve imalat teknolojisindeki kusursuzluktan dolayı bu lif sınıfının spor, tıp, günlük kıyafet ve giysiler ve diğer endüstrilerde kullanımı ön plana çıkmaktadır (İ. Özkan & Gündoğdu, 2020). İlk kez Asahi Chemical Industry Co. tarafından 0,1-0,3 denyelik poliester elyaf üretimini gerçekleştirmiştir (Yıldırım vd., 2012). Poliester genel olarak yapısında alifatik ya da halkalı içermesi nedeniyle özellikleri farketsede diol ile dikarboksilik asitin esterifikasyonu sonucunda elde edilen bir polimerdir (Mukhopadhyay & Ramakrishnan, 2008). Polyester (Polietilen tereftalat, PET), uzun molekül zincirlerinden oluşan plastik bir malzemedir. Poliester (Polietilen tereftalat, PET) lifleri, tekrarlayan birim formülü olan $[-OC-C_6H_4-CO-O-CH_2-CH_2-O-]_n$ ile gösterilir. Bu yapıda, tereftalik asitten gelen C_6H_4 (benzen halkası) ve etilen glikolden gelen $-O-CH_2-CH_2-O-$ kısımları, ester bağları ($-COO-$) ile birbirine bağlanır.

PET Üretim Yöntemleri:

Direkt Esterifikasyon: Bu yöntem, tereftalik asit ($C_8H_6O_4$) ve etilen glikol ($C_2H_6O_2$) arasında yüksek sıcaklıkta (yaklaşık $280^\circ C$) bir katalizör varlığında gerçekleşen doğrudan reaksiyondur. Tepkime sonucu su açığa çıkar: $n HOOC-C_6H_4-COOH + n HO-CH_2-CH_2-OH \rightarrow [-OC-C_6H_4-CO-O-CH_2-CH_2-O-]_n + 2n H_2O$

Ester Değişimi (Transesterifikasyon): Bu yöntem, tereftalik asit ($C_8H_6O_4$) ve etilen glikol ($C_2H_6O_2$) arasında yüksek sıcaklıkta (yaklaşık $280^\circ C$) bir katalizör varlığında gerçekleşen doğrudan reaksiyondur. Tepkime sonucu su açığa çıkar: $n HOOC-C_6H_4-COOH + n HO-CH_2-CH_2-OH \rightarrow [-OC-C_6H_4-CO-O-CH_2-CH_2-O-]_n + 2n H_2O$

Ester Değişimi (Transesterifikasyon): Bu daha eski yöntemde, dimetil tereftalat ($C_{10}H_{10}O_4$) ile etilen glikol reaksiyona girer. Önce bis(2-hidroksietil) tereftalat (BHET) oluşur, ardından bu

BHET polikondenzasyon ile PET polimerine dönüşür (Denimstudent, 2025). İlk olarak 1941’de piyasaya sürülen poliester, özete etilen glikolün tereftalik asitle reaksiyona sokulmasıyla uzun molekül zincirlerinden oluşan plastik bir malzeme oluşturmak için üretilir. Bunun sonucunda iplik düzelerinden erimiş formda pompalanarak filamentin soğuk havada sertleşmesi işleminden geçirilir. Bir çekim veya germe işlemi takip eder. Poliesterler, İngiltere’de Terylene, Amerika’da Dacron, Fransa’da Tergal, İtalya’da Terital ve Wistel, Rusya’da Lavsan ve Japonya’da Tetoran olarak bilinir (ILO, 2011).

Termoplastik poliesterler	Lineer aromatik poliesterler	Ftalatlar	*Poli(trimetilen tereftalat)
			*Polietilen tereftalat
			*Polibütülen tereftalat
		Naftalatlar	Polietilen isophthalate
			Polietilen naftalat
	Elastomerler		Politrimetilen naftalat
			Polibütülen naftalat
Doymamış poliesterler			
* Dimetil tereftalat veya tereftalik asitten üretildiği için bu grupta yer almaktadır			

Tablo 1 Poliester Polimerlerinin Çeşitli Alt Sınıflarını ve Türleri (Esmer vd., 2019).

Poliester lifi üretiminde dikarboksilik asit veya tereftalik asit ve etilen glikol gibi iki monomerin yoğunlaşma polimerizasyonu ile oluşturulur. Tereftalik asit, para-ksilen ve nitrik asidin katalizör olarak kobalt toluat kullanılarak 200°C’de oksitlenmesi ile elde edilir. Para-ksilen, polimerizasyon sırasında petrolden elde edilir. Polietilen tereftalat gibi poliesterler için tereftalik asit üretiminde bir bileşendir. Tereftalik asit kullanılıyorsa, katalizör olarak hidroklorik asit eklenir. Dietil tereftalat kullanılıyorsa, katalizör olarak sodyum eklenir (Esmer vd., 2019).

Tam sentetik lif türlerinden olan polyesterin üretiminde kullanılan kimyasalların toksik ve kanserojen etkilerinin olduğu düşünülmektedir. Polyester üretiminde yer alan ksilenin toksik etkileri olduğu gösteren çalışmalar mevcuttur. Ksilenin doğum öncesi toksik etkisine yönelik çalışma sonuçları olumsuz etkilere vurgu yapmakta ve bu işlerinde çalışan kadınların doğum öncesi patolojinin gelişmesinin endüstriyel tehlikesini azaltmak için işyerinde kadınların korunmasına yönelik önlemler alınması gerektiği tavsiye edilmektedir (Mirkova vd., 1983). Tehlikeli ve zehirli maddelerin deniz canlılarına toksisite etkileri inceleyen çalışmada, polyester üretim sürecinde yer alabilen, p-ksilenin kadın ve erkekler üzerinde akut ve kronik toksisitesinin varlığına dair kanıtlar sunmaktadır (Neuparth vd., 2014). Polyester üretiminde kullanılan hem tereftalik asit hem de etilen glikol bilinen kanserojenlerdir. İnsan vücuduna deri yoluyla girebilen bu monomerler toksik olduğundan, polimerizasyon ürünlerinin toksisitesi göz ardı edilmemelidir. Polyester tarafından yayılan fitoöstrojenler, endokrin bozucu olarak hareket eder ve ayrıca belirli kanser türlerine neden olabilirler. Ayrıca polyester elyafının kötü ısı ve ter iletkeni olduğundan, akut deri döküntüleri, kızarıklık ve kaşıntıya sebep olabilirler. Polyesterli ürünler uzun süre giyildiğinde akut ve kronik solunum yolu enfeksiyonlarına, üreme sistemi bozukluklarına da sebep olabilirler (Esmer vd., 2019). Polyester lifinin üretim sürecinden kullanımına kadar çeşitli aşamalarda farklı toksik ve kanserojen madde içermesi, sentetik elyaf

teknolojisinin işçi sağlığı üzerinde olası tehditleri ve riskleri barındırdığı göz ardı edilmemeli. Gerek deri gerekse solunum yolu hastalıkları açısından polyesterin iş güvenliği açısından taşıdığı risklere karşı dikkatli olunması gerektiği düşünülmektedir.

2.5. Poliüretan lifleri (spandex, lycra)

Poliüretan liflerinin elde edilmesi için diizosiyanat ile glikol tepkimesi gerekmektedir. Lifin ilk üretim yeri Almanya olarak ortaya çıkmıştır. İlk olarak 1943 yılında 1,4 bütandiolün heksametilen diizosiyanat ile reaksiyonu sonucu Perlon D olarak üretilen poliüretanlar, spandeks adı verilen yeni bir yüksek elastik lif türünün temeli haline gelmiştir. Bu lifler, kauçuğa benzer elastikiyetleri nedeniyle bazen geri tepme veya elastomerik olarak adlandırılır. Monofil olarak ekstrüde edilen “vulcanize” çapraz bağlı bir poliüretan üretmek için çok yüksek sıcaklıklarda ve basınçlarda ısıtılarak kürlenmiş doğrusal bir poliüretan zamktan üretilirler. Esneklik gerektiren giysilerde yaygın olarak kullanılan iplik, görünümünü iyileştirmek için suni ipek veya naylon ile kaplanırken, iç iplik “esneme” özelliği sağlamaktadır. Spandeks iplikler Amerika’da Lycra, Vyrene ve Glospan ve İngiltere’de Spandrell olarak bilinmektedir (ILO, 2011). Poliüretan lifi ilk üretildiği dönemde sert yapısından dolayı tekstil piyasasında kullanımı sınırlı kalmıştır. Elastomer olan poliüretan lifler yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu lif grubunda yer alan spandex 1958-1959 yıllarında Amerika’da, %85 oranında poliüretan içeren yapıda sentetik bir liftir (MEB, 2018). Elastomerik bir elyaf yapısı olan üstün bir elastikiyete sahip olduğu için şort, tayt, tozluk, gömlek ve iç çamaşırı yapımında yaygın olarak kullanılan pürüzsüz bir yüzeyi ihtiva eder. Poliüretan segmentlerinin zincir benzeri molekül yapısı mevcut olan spandeks elyafın üretim sürecinde, doğrusal çözünür bir poliüretan, di metil formamid, dimetil asetamid veya dimetil sülfoksit gibi güçlü bir çözücü içinde çözülür (Esmer vd., 2019).

Spandex üretimi için bazı teknik özellikler sıralanacak olursa kimyasal özellikler: Boyar maddelerin etkisi, Ağartma maddelerinin etkisi, Alkalınların etkileri, Asitlerin etkisi; Fiziksel özellikler: Nem alma, statik elektriklenme, hava ve güneşin etkileri, esneklik ve uzama, mukavemet, özel yoğunluk, uzunluk ve incelik; Isıl özellikler şeklindedir (Türkan,2021).

Sentetik elyaf teknolojisi ile üretilen spandex fabrikasında dimetilasetamide maruz kalan işçilerinin dimetilasetamide bağlı karaciğer hasarlarını inceleyen araştırmaya göre iki fabrikadan 38 işçinin (vaka) tümü hepatosellüler tip karaciğer hasarı gözlemlenmiştir (Jung vd., 2007). Bu ve benzeri çalışmalar kanserojen ve deri hastalıklarına sebep olan kimyasalların kullanıldığı likra-spandeks üretiminde yer alanların işçi sağlığı açısından oldukça dikkatli ve özenli olmaları gerektiği ve güvenlik tedbirlerine azami riayet etmelerinin zorunlu olduğu düşünülmektedir.

İşlem/Süreç	İşlem/Kimyasallar
Nitroselüloz süreci	<ul style="list-style-type: none"> •Selülozu nitroselüloza dönüştürmek için bir sülfürik asit ve nitrik asit karışımı ile işlenir, •Nitroselüloz daha sonra alkol veya eter içinde çözümlenerek ve düze içinden geçirilir, •Liflerin bu süreçte yanıcılığı arttığı için sodyum hidrosülfür ile muamele edilerek denitre edilir.
Kupramonyum süreci	<ul style="list-style-type: none"> •Pamuk tiftiği veya odun hamuru klor ile ağartılır ve sodyum hidrosit solüsyonunda kaynatılır, •Daha sonra, bakır sülfat çözeltisine amonyum hidrosit ilave edilerek kupramonyum hidrosit çözeltisi hazırlanır, •Düze yolunda pıhtılaşması için sülfürik aside tabi tutulur.
Viskon işlemi	<ul style="list-style-type: none"> •Suni ipek lifleri için, odun hamuru kostik soda ve soda külü (sodyum karbonat), hidroklorik asit, karbon sülfat dâhil olmak üzere çeşitli kimyasallarla muamele edilir, •Son adımda pıhtılaşma için sülfürik asitle işlenir.
Asetat rayon	<ul style="list-style-type: none"> •Pamuk linterleri veya odun hamuru önce kostik soda ve soda külü ile işlenir sonra ağartma tozu ile muamele edilir, •Bu muameleden sonra, hidroklorik asit ile yıkama yapılır ve reaksiyonun asetile edilmesi için glasiyal asetik asit içinde bekletilir, •Daha sonra asetik asit ve sülfürik asitte eskitme yapılır, •Elyafın pasını gidermek için bir matlaştırıcı olan titanyum dioksit eklenir ve çözelti düzeden geçirilir.
Nitroselüloz süreci	
Kupramonyum süreci	

Tablo 2 Yarı Sentetik Lif Üretim İşlemleri ve Karşılaşılan Kimyasallar (Esmer vd., 2019).

2.5.1. Üretim Süreçleri ve Ekipmanlar

Lif oluşturmak amacıyla polimerler, spinneret adı verilen hassas delikli plakalardan eritilmiş veya çözülmüş formda geçirilir (melt, wet veya dry spinning yöntemleri) (Halis, 2017). Üretilen filamentler daha sonra çekim ve germe makineleri ile yönlendirilir ve mukavemeti artırmak üzere çekilir. Son olarak, boyutsal kararlılığı sağlamak için ısıl fiksaj fırınları kullanılır.

Sentetik lif üretiminde İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Riskler, kullanılan hammaddelere, üretim yöntemlerine ve ekipmanlara bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Kullanılan monomerler ve çözücüler solunum ve cilt yoluyla zararlı olabilir. Yüksek sıcaklıkta yapılan işlemler yanıklara ve tehlikeli buharların oluşumuna yol açabilir. Döner parçalar, hareketli ekipmanlar nedeniyle kesik, ezilme gibi yaralanmalar söz konusu olabilir. Çalışma ortamında aerosolize liflerin

solunması, uzun vadede respiratuar sorunlara (akciğer hastalıkları) neden olabilir (Denimstudent, 2025).

Bahsedilen kimyasallardan titanyum dioksit toksik etkisi ile gündeme gelmektedir. Titanyum dioksit, düşük toksisiteye ve ihmal edilebilir biyolojik etkilere sahip titanyum elementinin doğal bir oksitidir. Odun hamuru ağartıldığında, toksik olduğu bilinen dioksin adı verilen bir yan ürün açığa çıkmaktadır. Titanyum dioksit nanofiberlerin şekle bağlı toksisitesi inceleyen çalışma sonuçları bu toksik etkisine vurgu yapmaktadır (Allegrı vd., 2016). Titanyum dioksit nanopartiküllerine maruz kalmanın neden olduğu potansiyel insan sağlığı riskleri hakkındaki en son bulgulara göre toksisite sebebiyle oksidatif stres, inflamasyon, genotoksisite, metabolik değişim ve potansiyel olarak karsinogenez ile sonuçlanan reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretiminin tetiklediği düşünülmektedir (Grande & Tucci, 2016).

Yarı sentetik liflerin üretim işlemleri sırasında birkaç toksik kimsal madde kullanımı olasılığı oldukça yüksektir. Bu kimyasalların kombinasyonu giysilerin üzerinde kalabilir, suni ipek kullananların mide bulantısı, kusma, baş ağrısı ve göğüs ağrısı çekmesine nedeni bu kimyasallar olabilir. Daha sonrasında ciddi sağlık sorunları olan nekroz, iştahsızlık, polinöropati, felç, uykusuzluk ve parkinson hastalığına sebep olabilir (Esmer vd., 2019). Araştırma neticesinde görülmektedir ki bu sentetik liflerden elde edilen ürünleri kullanan kişilerde ortaya çıkan belirtilerden daha fazlasına maruz kalan bir kesim vardır. Bu kesim, liflerin üretiminde yer alan işçiler ve çalışanların kendisidir. İşçi sağlığı açısından bakıldığında yarı sentetik üretim sürecinde yer alan işçilerin benzer şekilde mide bulantısı, kusma, baş ağrısı ve göğüs ağrısı şikâyeti çekmeleri akabinde nekroz, iştahsızlık, polinöropati, felç, uykusuzluk ve parkinson hastalığına yakalanmaları olasıdır.

2. MATERYAL VE METOT

Bilimsel araştırmanın temelini oluşturan analiz yöntemlerinin başında Nitel Analiz gelmektedir. Nitel araştırma disiplinlerinin temelini oluşturan alanlarda yorumlayıcı paradigmaları mevcuttur. Nitel veri analizinin bir türü olarak kabul edilen Betimsel Analiz önceden belirlenen temalara göre özetlenme ve yorumlanmayı içerir. Betimsel Analizde amaç elde edilecek bulguları tasnif edilmiş ve yorumlanmış şekilde okuyucuya sunar. Betimleme ve yorumlama süreciyle birlikte neden-sonuç ilişkisi irdelenir ve karşılaştırmalardan yararlanılarak bazı çıkarımlar elde edilir (Yıldırım & Şimşek, 2013). Bu çalışmada konuya ait terimler üzerinden sınırlar çizilmiştir. Çizilen bu sınırlar ile birlikte sentetik lifler kendi içerisinde bazı ortak ve farklı yönleri odaklanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Konu hakkında neden sonuç ilişkisinden yararlanarak işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından betimsel bir analiz ve yorumlama yapılmaktadır.

2.1. Sentetik Lifler ve Genel Risk Değerlendirmesi

Sentetik elyaf teknolojisinin işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden değerlendirilmesine yönelik yapılan literatür incelemesinde İran'daki bir sentetik elyaf fabrikasında işle ilgili yaralanmaların özelliklerini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışma olduğu görülmektedir. Bir sentetik elyaf fabrikasında işle ilgili yaralanmaların 16 yıllık bir gözetimine bakılarak yaralanmaların genel özelliklerini göstermek için tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Toplamda 836 yaralanma olayı rapor edilmiş ve bunların neredeyse yarısı (% 46) el / el bileğinde yaralanma içerirken, yaralanmaların yaklaşık dörtte biri (% 24) baş ve % 10'u ayak bileği / ayak yaralanmaları olduğu görülmüştür (Sanati vd., 2009). Bu çalışma

sonuçlarından yapılan çıkarıma göre yaralanmalarının yüksek olması KKD kullanımına ilişkin olağan gerekliliklerine vurgu yapılabilir.

Sentetik elyaf üretim teknolojisinin işçi sağlığı ve yapılan işin güvenliğini etkileyebilecek bazı kimyasallar kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasallardan zararlı olanlarına sülfürik asit, karbon disülfür, nitrik asit, etilenglikol, hekzametilen diamin, dimetil formamid, formaldehit, baryum sülfat, tereftalik asit ve akrilonitril örnek olarak gösterilebilir. Bu kimyasalara rayon, polyester, naylon, akrilik ve spandex gibi elyafların üretiminde sıkça maruz kalındığı görülmektedir. Bu kimyasallara maruz kalanlarda kanserojen yapıcı etkiler, merkezi sinir sistemi hasarları, cilt, gözler, burun, boğaz ve akciğerlere tahriş edici etkiler, karaciğer ve böbreklere zarar, erkeklerde kısırlık, nekroz ve anoreksiye, disritmilere ve kalp yetmezliği ve diğer fiziksel zararlar gözlemlenebilir (Esmer vd., 2019).

Hammaddesi elyaf tarafından oluşan tekstil sektörü, elyafın hızlı ve rahat alev almasından dolayı bulunduğu sektörün işçi güvenliği ve iş sağlığı açısından en önemli riskleri barındırdığını unutmamalıdır. Bu risk sonucunda yangın çıkması yani elyaf hammaddeleri ile oksijenin bulunduğu ortamda yakıcı kaynak ile kolayca tutuşabilmektedir. Alev alan elyafa karşı tedbir alınabilmesi ya da doğru/etkin bir söndürme için elyafın çok iyi tanınması gerekmektedir. Elyafların her sınıfta farklı tutuşma ve yanma özelliği gösterdiği hatta elyaf sınıfının kendi içinde dahi farklılıklar olduğu unutulmamalıdır. Bu farklılığı örnek olarak örneğin pamuğun sentetik malzeme olan polipropilen kalorifik değeri 43 mj/kg iken pamuğun kalorifik değeri 18 mj/kg'dir. Kullanılan malzemenin türüne bakılmaksızın depolama sürecinden balya açıcı ve son ürün eldesine kadar tüm süreçte depolama şekli ve elyaf türüne göre yangın riski ayrı ayrı ele alınmalıdır (Uğurlu, 2011). ILO'nun tekstil ürünleri sektörlerine yönelik hazırladığı çalışmanın sentetik liflere dair tehlikeler ve önlenmesi şu şekilde özetlenmiştir (ILO, 2011):

a. Kazalar

Kayma ve düşmeleri en aza indirmek için zeminleri ve geçitleri temiz ve kuru tutmak anlamına gelen iyi temizliğe ek olarak (sıvı tekneleri sızdırmaz olmalı ve mümkünse sıçramaları önlemek için bölmelere sahip olmalıdır), makineler, tahrik kayışları, kasnaklar ve şaftlar uygun şekilde korunmalıdır. Malzemelerin ve parçaların dışarı fırlamasını ve işçilerin ellerinin tehlikeli bölgelere girmesini önlemek için eğirme, taraklama, sarma ve zėg işlemlerine yönelik makinelerin çitleri çevrilmelidir. Makinelerin temizlenirken veya bakım yapılırken yeniden başlamasını önlemek için kilitleme cihazları yerinde olmalıdır.

b. Yangın ve patlama

Sentetik elyaf endüstrisi büyük miktarlarda zehirli ve yanıcı malzemeler kullanır. Yanıcı maddeler için depolama tesisleri açık havada veya yangına dayanıklı özel bir yapıda olmalı ve dökülmeleri sınırlandırmak için setler içinde kapatılmalıdır. İyi korunmuş bir pompa ve boru sistemi ile zehirli, yanıcı maddelerin tesliminin otomasyonu, kapların taşınması ve boşaltılması tehlikesini azaltacaktır. Uygun yangınla mücadele ekipmanı ve kıyafetleri hazır bulundurulmalı ve işçiler, tercihen yerel yangınla mücadele yetkilileriyle birlikte veya onların gözetimi altında gerçekleştirilecek periyodik tatbikatlar yoluyla bunların kullanımını konusunda eğitilmelidir.

Filamentler, havayla veya eğirme yoluyla kurutulmak üzere düzelerden çıktıkça, büyük miktarlarda üzücü buharı açığa çıkar. Bunlar önemli lde toksik ve patlama tehlikesi oluşturur. zcnn patlama limitlerinin altında kaldığından emin olmak için konsantrasyonlar izlenmelidir. Işlemler sonucu ortaya çıkan buhar hiçbir şekilde genel vre atmosferine bırakılmamalıdır. Bunun yerine damıtılır ve daha sonra kullanılmak üzere geri kazanılabilir.

Yanıcı kimyasalların kullanıldığı yerlerde sigara içmek yasaklanmalı ve açık ışıklar, alevler ve kıvılcımlar ortadan kaldırılmalıdır. Elektrikli ekipman, sertifikalı alev dayanıklı yapıda olmalıdır ve felaket kıvılcımlarına yol açabilecek statik elektrik oluşumunu önlemek için makineler topraklanmalıdır.

c. Toksik tehlikeler

Potansiyel olarak toksik çözücülere ve kimyasallara maruz kalma, yeterli İSG ile ilgili izin verilen maksimum konsantrasyonların altında tutulmalıdır. Solunumla ilgili koruyucu ekipman, bakım ve onarım ekipleri ile sızıntılar, dökülme ve / veya yangının neden olduğu acil durumlara müdahale etmekle görevli işçiler tarafından kullanılmak üzere hazır bulundurulmalıdır (ILO, 2011).

Kullanılan Kimyasalın Adı	Elyafın Adı	Sağlık Üzerindeki Yan Etkiler
Sülfürik asit	Rayon üretim sürecinde kullanılır	Deri döküntüleri, kaşıntı, kızarıklık, dermatit, nekroz ve anoreksiye neden olabilir.
Karbon disülfür	Rayon kumaştan yayılır	Mide bulantısı, baş ağrısı, kusma, göğüs ve kas ağrısı ve uykusuzluğa neden olabilir.
Nitrik asit	Rayon üretiminde kullanılır	Deri, göz, solunum ve gastrointestinal sistemde yaralanmalara neden olabilir.
Etilen glikol	Polyester elyaf üretiminde kullanılır	Disritmilere ve kalp yetmezliğine neden olabilir.
Hekzametilen diamin	Naylon elyaf üretiminde kullanılır	Cildi, gözleri, burnu, boğazı ve akciğerleri tahriş edebilir; ayrıca karaciğer ve böbreklere, erkeklerde kısırlığa da zarar verebilir.
Dimetil formamid	Akrilik elyafın eğirme işleminde kullanılır	Deri döküntülerine ve karaciğer hasarına neden olur.
Formaldehit	Spandex, akrilik, naylon ve polyester elyaflarda kullanılır	Cilt alerjilerine ve göz sulanmasına neden olur.
Baryum sülfat	Polyester, naylon, spandex ve akrilik elyafların aprelenmesinde antistatik madde olarak kullanılır.	Hiper cilt pigmentasyonu, dermatit, baş dönmesi, baş ağrısı ve omurga ağrısına neden olur.
Tereftalik asit	Polyester elyaf üretiminde kullanılır	Kanserojen.
Akilonitril	Akrilik elyaf üretiminde kullanılır	Kanserojen ve kötü etkileri var

Tablo 3 Sentetik Elyaf Üretiminde Kullanılan Kimyasallar ve İşçi Sağlığı Üzerindeki Etkileri (Esmer vd., 2019).

Sentetik lif üretiminde ortaya çıkan riskler, kullanılan kimyasal ve yöntemlere, fiziksel etmenlere ve mekanik aksamlara bağlı olarak gruplandırılabilir. Bu risklerin neden olduğu sağlık sorunları aşağıdaki başlıklarda ele alınmıştır:

a. Kimyasal Riskler

Sentetik elyaf üretim teknolojisinde işçi sağlığını ve güvenliğini etkileyebilecek birçok kimyasal kullanılmaktadır. Sülfürik asit, karbon disülfür, nitrik asit, etilenglikol, hekzametilen diamin, dimetil formamid, formaldehit, baryum sülfat, tereftalik asit ve akrilonitril bu kimyasallara örnek olarak gösterilebilir. Bu maddelere, rayon, polyester, naylon, akrilik ve spandex gibi elyafların üretim süreçlerinde sıkça maruz kalınır. Kimyasal maruziyet sonucunda kanserojen etkiler, merkezi sinir sistemi hasarları, cilt, gözler, burun, boğaz ve akciğerlerde tahrişler, karaciğer ve böbreklere zarar, erkeklerde kısırlık, nekroz, iştahsızlık, kalp rahatsızlıkları ve diğer fiziksel zararlar gözlemlenebilir (Esmer vd., 2019). Ayrıca rayon

üretiminde kullanılan bazı kimyasalların mide bulantısı, kusma, baş ağrısı, göğüs ve kas ağrısı, uykusuzluk gibi şikayetlere ve uzun vadede polinöropati, felç ve parkinson gibi hastalıklara yol açabileceği belirtilmiştir.

b. Mekanik ve Fiziksel Riskler

Sentetik liflerin üretiminde kullanılan hareketli aksamlar, kesici-delici aletler, gürültü ve titreşim de önemli risk etmenleridir.

Hareketli Aksamlar ve Makinelere Kaynaklanan Riskler: Döner parçalar, bükme, sarma, hallaçlama ve eğirme makineleri gibi ekipmanlar, sıkışma, kesilme ve ezilme gibi ciddi yaralanmalara neden olabilir.

Sıcak Çalışmalar: Yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen üretim süreçleri, yanıklara ve tehlikeli buharların açığa çıkmasına neden olabilir.

Gürültü ve Titreşim: Üretim esnasında ortaya çıkan yüksek gürültü seviyeleri, uzun süreli maruziyette işitme kaybı riskini artırır. Titreşim ise el-kol ve tüm vücut titreşimi sendromlarına yol açabilir.

Kayma ve Düşmeler: Islak zeminler ve düzensiz geçitler, iş kazalarının sıkça görülen nedenlerindedir.

c. Yangın ve Patlama Riskleri

Sentetik elyaf endüstrisi, büyük miktarlarda yanıcı ve zehirli malzemeler kullanır. Elyafın hızlı ve rahat alev alması, sektörün en önemli risklerinden biridir. Elyaf hammaddelerinin oksijenle temas ettiği ortamlarda yakıcı bir kaynakla kolayca tutuşabilmesi, yangın riskini artırır. Bu risk, depolama sürecinden nihai ürün eldesine kadar tüm aşamalarda mevcuttur (Uğurlu, 2011). Ayrıca, eğirme yoluyla lifler kurutulurken açığa çıkan çözücü buharları, hem toksik hem de patlama tehlikesi oluşturur.

2.2. Korunma Yolları ve Önlemler

Sentetik elyaf teknolojisinde işçi sağlığı ve güvenliğini sağlamak için çeşitli önleyici tedbirler alınmalıdır. Bu önlemler, kişisel koruyucu ekipman (KKD) kullanımından, mühendislik kontrollerine ve idari düzenlemelere kadar geniş bir yelpazeyi kapsar.

a. Kimyasal Maruziyetten Korunma

Havalandırma Sistemleri: Zehirli ve patlayıcı buharların ortama yayılmasını önlemek için genel ve lokal havalandırma sistemleri kullanılmalıdır. Özellikle boyama bölümleri gibi kimyasal kullanımının yoğun olduğu alanlarda bu sistemlerin etkinliği düzenli olarak kontrol edilmelidir. Güvenli Depolama: Yanıcı ve zehirli kimyasallar, dökülmeleri sınırlandırmak için özel, yangına dayanıklı depolama alanlarında veya setler içinde saklanmalıdır.

KKD Kullanımı: Kimyasallara maruz kalma riski olan işçiler, uygun solunum koruyucu ekipmanlar, kimyasala dayanıklı eldivenler ve koruyucu giysiler kullanılmalıdır.

Otomasyon: Zehirli ve yanıcı maddelerin boru sistemleri aracılığıyla taşınmasının otomasyonu, insan temasını en aza indirerek tehlikeyi azaltır.

b. Mekanik ve Fiziksel Risklerden Korunma

Makine Koruyucuları: Makineler, tahrik kayışları, kasnaklar ve şaftlar gibi hareketli aksamlar uygun şekilde muhafaza edilmeli ve işçilerin tehlikeli bölgelere uzuvlarını sokmasını engelleyecek bariyerler bulunmalıdır. Bükme, taraklama ve eğirme makinelerinde parça fırlamasını önleyen koruyucu bölümler aktif olarak kullanılmalıdır.

Kilitleme Cihazları: Temizlik ve bakım işlemleri sırasında makinelerin yanlışlıkla yeniden çalışmasını önlemek için kilitleme (LOTO) cihazları kullanılmalıdır.

Ergonomik Düzenlemeler: Kas-iskelet sistemi yaralanmalarını azaltmak için iş istasyonları ergonomik olarak yeniden tasarlanmalı ve yorgunluğu azaltmak amacıyla düzenli mola programları uygulanmalıdır.

Gürültü Kontrolü: Gürültü kaynakları yalıtılmalı, gürültü seviyeleri düzenli olarak ölçülmeli ve işçilere işitme koruyucu ekipman (kulaklık, tıkaç) sağlanmalıdır.

c. Yangın ve Patlama Risklerinden Korunma

Ateş Kaynaklarının Kontrolü: Yanıcı kimyasalların kullanıldığı alanlarda sigara içmek ve açık alev kullanımı kesinlikle yasaklanmalıdır.

Statik Elektriğin Önlenmesi: Kıvılcımlara yol açabilecek statik elektrik oluşumunu önlemek için makineler topraklanmalıdır. Elektrikli ekipmanlar, aleve dayanıklı yapıda olmalıdır.

Acil Durum Müdahale Planları: Kapsamlı acil durum müdahale protokolleri (yangın, kimyasal sızıntı vb.) geliştirilmeli ve düzenli tatbikatlarla tüm çalışanların bu prosedürlere hakim olması sağlanmalıdır.

Uygun Ekipman ve Eğitim: Yeterli yangınla mücadele ekipmanı ve kıyafetleri hazır bulundurulmalı, işçilere bunların kullanımı konusunda eğitim verilmelidir.

Genel olarak sentetik elyaf imalatı sırasında işlem yapmaya yarayan cihaz ve makinelerin kaza riskini azaltma ve önlemeyi sağlayan koruyucu parçalarının ve bölümlerinin faal olarak çalışır halde olması beklenir. Bükme makinelerinin, sarma, hallaçlama ve eğirme makine ve araçlarının işçinin uzuvlarının sıkışmasını önleyen ve makilerin parça fırlatmasını önleyen özelliklerde koruyucu ekipmanın olması beklenmektedir. Kayma ve düşmeleri engellemek için çevre ile ilgili düzenlemelerin kullanışlı ve düzenli bir şekilde yapılması beklenir. Yangın olaylarına karşı önlem alınarak proseslerde kullanılan kimyasallar ya da hammadde durumunda olan kolay tutuşan maddelerin alev alması ve tutuşması önlenmelidir. Kimyasalların kullanıldığı başka bir alan olan boyama bölümlerinde genel ve lokal havalandırma tesisatının bulunması gerekmektedir (Uğurlu, 2011).

3.LİTERATÜR BİLGİSİ

İşletmelerde iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından sentetik elyaf teknolojisinin değerlendirilmesi, modern teknolojik yenilikler ile mesleki riskleri azaltmaya yönelik çerçevelerin karmaşık bir yapı oluşturduğu gözlenmektedir. Bu teknolojilerin güvenlik standartlarını nasıl iyileştirebileceğini ve sentetik malzemelerle ilişkili ortaya çıkan riskleri nasıl ele alabileceğini değerlendirmede sistematik bir yaklaşım önem taşır. Sentetik elyaf teknolojisinin işletmelerde, özellikle iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi, önemli sağlık risklerine karşı faydalar ortaya koymakta ve günümüz iş ortamlarında, özellikle sentetik elyaf kullanan üretim sektörlerinde, akıllı kişisel koruyucu ekipman (KKD) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi gelişmiş teknolojilerin entegrasyonu, iş güvenliğini artırmada önemli bir rol oynadığını belirtmektedir. Bu teknolojiler, iş yeri koşullarının daha iyi izlenmesini ve gerçek zamanlı risk değerlendirmelerini kolaylaştırarak, kuruluşların güvenlik endişelerini önceden ele almalarına olanak tanır (Mutlu & Altuntaş, 2021; Yatsura vd., 2024; Podgórski vd., 2016). Bazı yazarlar çağdaş işletmeler için olmazsa olmaz olan modern teknolojileri ve yönetim yaklaşımlarını entegre eden bir iş güvenliği sisteminin geliştirilmesini açıklamaktadır (Yatsura vd., 2024). Sürükleyici sanal gerçekliğin etkili risk değerlendirmeleri yürütmeye dönüştürücü etkilerini vurgulayarak, teknoloji kullanımı ile iş yerindeki güvenlik sonuçlarının iyileştirilmesi arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir (Kwegyir-Afful vd., 2019).

Ayrıca, iş güvenliğinin kültürel boyutu önemlidir ve güvenlik önlemlerinin uygulanmasını ve etkinliğini etkiler. İSG ile ilgili güçlü bir kurumsal kültür, özellikle sıkı sağlık ve güvenlik

protokollerine önem veren sektörlerde iş yeri kazalarının azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunur (Schulte vd., 2024; Mayasari & Aisyarah, 2024). Bu durum, artık hem yasal düzenlemelere uyumu hem de proaktif güvenlik kültürü girişimlerini içeren İSG yönetim sistemlerinin geliştirilmesine de yansımıştır (Schulte vd., 2024; Kim vd., 2016). Çalışmalar, İSG kültürünü geliştirmeye adanmış işyerlerinin istatistiksel olarak daha düşük kaza oranlarıyla bağlantılı olduğunu ve bu sistemlerde çalışan katılımının ve eğitiminin önemini vurguladığını göstermektedir (Indrayani & Kusumojanto, 2020; Nnaji-Ihedinmah & Ugwu, 2016).

Ayrıca, sentetik elyaf maruziyetinin tıbbi etkileri, sıkı İSG çerçevelerinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Bazı yazarlar işçi güvenliğini ve sağlığını sağlamak için sentetik elyaflarla ilgili olanlar da dahil olmak üzere yeni teknolojilerin sorumlu bir şekilde geliştirilmesini savunmaktadır (Schulte vd., 2024). Sentetik elyaflara maruziyet çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilir ve bu da işletmelerin sağlık yönetmeliklerine uygun sağlam güvenlik yönetim sistemleri sürdürmesini ve güvenli kullanım uygulamaları konusunda uygun eğitim sağlamasını hayati önem taşımaktadır (Nnaji-Ihedinmah & Ugwu, 2016; Howard vd., 2017).

Polyester ve polipropilen gibi sentetik lifler, mukavemet ve dayanıklılık gibi üstün mekanik özellikleri sayesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Nnaji-Ihedinmah & Ugwu, 2016; Denimstudent, 2025). Bu özellikler, inşaat, otomotiv ve havacılık gibi sektörlerde uygulanmalarını kolaylaştırarak ürün yaşam döngülerini ve performansını artırmaktadır (Syed vd., 2022). Ancak, sentetik liflerin üretim süreçleri enerji yoğun olup önemli miktarda toksik atık üretmektedir. Bu durum, çevresel ayak izleri ve işçi güvenliği üzerindeki etkileri konusunda endişelere yol açmaktadır (Denimstudent, 2025). Üretim sırasında sentetik liflere maruz kalmanın sağlık riskleri çeşitli çalışmalarda belgelenmiştir. Örneğin, Şanghay'da kadın tekstil işçileri üzerinde yapılan bir kohort çalışması, sentetik liflerden kaynaklanan toza mesleki maruziyetle ilişkili mide ve yemek borusu kanseri riskinin arttığını göstermiştir (Gallagher vd., 2015). Ayrıca, poliakrilonitril liflerinin üretimi, kapsamlı sağlık sorunlarını ortaya koymuştur ve çalışmalar, Çalışanların, kullandıkları kimyasallar ve liflerle bağlantılı önemli sağlık sorunları sergiledikleri öne sürülmektedir (Novikova vd., 2022). Özellikle, sentetik liflere maruz kalma ile olumsuz gebelik sonuçları arasında, doğal liflere kıyasla daha yüksek düşük oranları da dahil olmak üzere, bir ilişki olduğu öne sürülmektedir (ElMelegly vd., 2022). Ek raporlar, sentetik partiküllerin solunmasından kaynaklanan cilt tahrişleri ve solunum sorunlarına işaret etmektedir (Yang vd., 2020).

Sektörün sentetik liflere olan bağımlılığı, işletmelerin gelişmiş malzeme performansından ekonomik olarak faydalanırken aynı zamanda çalışanları sağlık tehlikelerine maruz bıraktığı bir paradoksa yol açmaktadır. Petrolden elde edilen sentetik liflerin üretimi, sera gazı emisyonlarına da önemli ölçüde katkıda bulunmakta ve daha sürdürülebilir uygulamalar ve alternatifler için çağrılarını teşvik etmektedir (Denimstudent, 2025; Wang vd., 2017). Üretimde daha fazla su kullanımı gibi zorluklara rağmen genellikle daha az sağlık riski ve daha düşük çevresel etki oluşturan doğal liflere geçiş, malzeme performansını korurken çalışanlar için daha güvenli bir ortam sağlayabilir (Karim vd., 2020; Karim vd., 2021).

İş güvenliği protokolleri açısından, sentetik elyaf teknolojisi ile işçi sağlığı arasındaki karmaşık ilişki, riskleri azaltmak için sıkı düzenleyici çerçevelerin ve etkili kişisel koruyucu donanımların (KKD) entegrasyonunun önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, toksik olmayan kimyasallara öncelik veren sentetik elyaf üretimindeki gelişen teknolojiler, mesleki maruziyetle ilişkili sağlık risklerinin azaltılmasına yardımcı olabilir (Karim vd., 2020).

Sentetik elyaf teknolojisinin ve iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi,

çok yönlü bir yaklaşımı gerektirmektedir. Teknolojik inovasyonu, kurumsal kültürü ve sağlık riski yönetimini bir araya getiren işletmeler bu bağlamda adımlar atmaktadır. Bu uygulamaları proaktif bir şekilde benimseyen işletmeler, yalnızca düzenleyici standartlara uymakla kalmaz, aynı zamanda gelişmiş çalışan güvenliği ve katılımıyla operasyonel verimliliklerini de artırır. Ayrıca sentetik elyaf teknolojisi çeşitli endüstriyel uygulamaları önemli ölçüde geliştirirken, iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkileri göz ardı edilemez. Daha güvenli üretim yöntemleri ve doğal elyaf alternatifleri üzerine sürekli araştırmalar, performans ihtiyaçları ile çalışanların sağlık ve güvenliği arasında denge kurmak için hayati önem taşımaktadır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Tekstil sektörü hammaddeden nihai ürüne kadar tüm proseslere yönelik olarak çalışanların güvenliklerinin sağlanması ve sağlıklarının korunması, yaptıkları işin sürdürülebilirliği ve geliştirilmesi gerekmektedir. Tekstil sektöründe kullanılan hammaddeye göre elyaflar doğal ve kimyasal elyaflar olarak ikiye ayrılır. Kimyasal elyaflar sentetik elyaflar ve rejenere elyaflar olarak kategorize edilir. Tekstil sektöründe karşılaşılan risk etmenlerinin benzer şekilde tekstil alt sektörlerini de kapsayacağı düşünülerek risk etmenlere şöyle sıralanabilir;

- Tozlardan ortaya çıkan meslek hastalıkları,
- Yangın,
- Tehlikeli kimyasallardan ortaya çıkan riskler,
- Gürültü,
- İş ekipmanları ve hareketli aksamalardan ortaya çıkan riskler,
- İş, işlemler ve ergonomik olmayan çalışmalardan ortaya çıkan riskler,
- Uygun olmayan termal konfor şartlarından ortaya çıkan riskler.

Özellikle iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında işletmelerde sentetik elyaf teknolojilerinin değerlendirilmesi, akıllı kişisel koruyucu donanım (KKD) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojilerinin entegre edilmesinin, gerçek zamanlı risk izleme ve yönetimini mümkün kılarak işyeri güvenliğini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (Zhao vd., 2020). Literatür bilgisine göre güçlü bir güvenlik kültürü, işyeri kazalarını azaltır ve güvenlik protokollerine uyumu artırır (Clarke, 2006). Proaktif bir İSG kültürüne yatırım yapan kuruluşlar, daha düşük kaza oranları ve daha yüksek çalışan katılımı gösterdiği görülmektedir.

Sentetik elyaflara maruz kalmanın solunum problemleri ve artan kanser vakaları gibi çeşitli sağlık riskleriyle bağlantılı olduğu ve bu durumun sıkı düzenleyici uyum ve etkili güvenlik yönetim sistemlerine olan ihtiyacı vurguladığı belirtilmektedir (Liu vd., 2019; Tang vd., 2018). Sürdürülebilir doğal elyaflara geçiş, malzeme performansını korurken sağlık tehlikelerini ve çevresel etkiyi azaltma fırsatları sunmaktadır (Kampfer vd., 2017). Bu çalışmada sentetik elyaf teknolojisinde işçi sağlığı ve iş güvenliğine yönelik olarak değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan değerlendirmede rayon, polyester, naylon, akrilik ve spandex gibi elyafların üretim sürecinde sentetik elyaf teknolojisinin çeşitli fiziksel ve kimyasal risk etmenlerini barındırdığı tespit edilmiştir. Fiziksel risk etmenlerinin başında yaralanmalar gelmektedir. Bu yaralanmalar el/el bileğinde yaralanmaları ile baş ve ayak bileği/ayak yaralanmaları olduğu görülmüştür. Kimyasal risk etmenleri kullanılan kimyasallardan zararlı olanlarından sülfürik asit, karbon disülfür, nitrik asit, etilenglikol, heksametilen diamin, dimetil formamid, formaldehit, baryum sülfat, tereftalik asit ve akrilonitril kaynaklıdır. Bu kimyasallara maruz kalanlarda kanserojen yapıcı etkiler, merkezi sinir sistemi hasarları, cilt, gözler, burun, boğaz ve akciğerlere tahriş edici etkiler, karaciğer ve böbreklere zarar, erkeklerde kısırlık, nekroz ve anoreksiye,

disritmilere ve kalp yetmezliği ve diğer fiziksel zararlar gözlemlenebilir. İşçi sağlığı açısından bakıldığında yarı sentetik üretim sürecinde yer alan işçilerin benzer şekilde mide bulantısı, kusma, baş ağrısı ve göğüs ağrısı şikâyeti çekmeleri akabinde nekroz, iştahsızlık, polinöropati, felç, uykusuzluk ve parkinson hastalığına yakalanmaları olasıdır. Bu çalışma sonucunda yapılan çıkarıma göre gerek işçilerin sağlığı gerek mamul, tesis, makine, ekipman ve araçların güvenliğine kadar tüm konularda kişisel koruyucu ekipman kullanımı ve yasal mevzuatın zorunlu kıldığı tüm argümanların gerekliliği bir kez daha vurgulanmaktadır.

Bu çalışma, iş sağlığı ve güvenliği açısından sentetik elyaf teknolojisiyle ilişkili riskleri kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Tekstil endüstrisinde, özellikle sentetik elyaf üretiminde kullanılan kimyasalların oluşturduğu potansiyel tehlikeleri ve bunların işçi sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamıştır. Bulgular, kimyasal maruziyetin cilt ve solunum yolu tahrişleri, kanserojen etkiler ve uzun vadeli kronik durumlar dahil olmak üzere çeşitli sağlık sorunlarına yol açabileceğini göstermektedir. Çalışma, işçilerin sülfürik asit, formaldehit ve çeşitli çözücüler gibi tehlikeli maddelere sıklıkla maruz kaldığını ve bunların zamanla sağlıklarını tehlikeye atabileceğini ortaya koymuştur. Ek olarak, özellikle ellerde, baş ve ayaklarda yaralanmalarla sonuçlanan işyeri kazalarının yüksek sıklığı, iyileştirilmiş güvenlik önlemlerine acil ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Kötü ergonomik koşullar da önemli bir risk faktörü olarak belirlenmiş olup, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına ve üretkenliğin azalmasına katkıda bulunmuştur. Ayrıca, sentetik elyafların yanıcılığı, üretim ortamlarında önemli bir yangın riski oluşturmaktadır. Çalışma, yetersiz acil durum hazırlığı ve müdahale planlarının bu riskleri daha da kötüleştirdiğini ve potansiyel olarak ciddi kazalara yol açtığını tespit etmiştir. Genel olarak, araştırma, çalışanları korumak ve işyeri güvenliğini artırmak için sentetik elyaf sektöründe sağlam mesleki sağlık ve güvenlik uygulamalarının uygulanmasının kritik önemini vurgulamaktadır. Ayrıca çalışma sonuçlarına dayalı olarak bazı öneriler sunulmaktadır. Bu öneriler:

- Kapsamlı Eğitimin Uygulanması: Sentetik elyaf üretim sektöründeki tüm çalışanlar için düzenli sağlık ve güvenlik eğitimi zorunlu olmalıdır. Bu programlar, kimyasal maddelerle ilişkili belirli tehlikeler, kişisel koruyucu donanımın (KKD) doğru kullanımı ve acil durum müdahale prosedürleri dâhil olmak üzere çok çeşitli konuları kapsamalıdır.
- Kişiyeye Özel Eğitim Modülleri: Eğitim, çalışanların belirli pozisyonlarında karşılaşabilecekleri benzersiz riskleri anlamalarını sağlayarak farklı iş rollerine göre uyarlanmalıdır.
- Güvenlik Standartlarının Geliştirilmesi: Sentetik elyaf üretiminde kullanılan kimyasalların güvenli depolanması, elenmesi ve bertarafı için net standartlar belirlenmeli. Buna etiketleme, güvenlik bilgi formları ve uygun havalandırma sistemleri dâhildir.
- Alternatifler Üzerine Araştırma: Hali hazırda sektörde kullanılan zararlı kimyasallara daha güvenli alternatifler belirlemek ve geliştirmek için araştırmaya yatırım yapılmalıdır. Daha az toksik maddelerin benimsenmesini teşvik etmek, sağlık risklerini önemli ölçüde azaltabilir.
- Çalışma Alanlarının Değerlendirilmesi: Potansiyel tehlikeleri belirlemek ve düzeltmek için çalışma alanlarının düzenli ergonomik değerlendirmeler yapılmalıdır. Bu, kas-iskelet yaralanmaları riskini azaltarak ergonomik olarak sağlam olmalarını sağlamak için iş istasyonlarının yeniden tasarlanmasını içerebilir.
- Mola Programlarının Uygulanması: Yorgunluğu azaltmak ve genel çalışan refahını iyileştirmek için planlı molaların uygulanmasını teşvik edilmelidir.

- Acil Durum Protokollerinin Oluşturulması: Yangın, kimyasal sızıntı ve diğer acil durumlar gibi olaylar için kapsamlı acil durum müdahale protokolleri geliştirip ve uygulamak gerekmektedir. Bu protokoller düzenli olarak gözden geçirilmeli ve güncellenmelidir.
- Düzenli Tatbikatlar: Tüm çalışanların prosedürlere aşına olmasını ve acil bir durumda etkili bir şekilde yanıt verebilmesini sağlamak için düzenli acil durum tatbikatları yapılmalıdır.
- Düzenli Sağlık Değerlendirmeleri: Çalışanların sağlık durumlarını izlemek ve mesleki hastalıkların erken belirtilerini belirlemek için rutin sağlık değerlendirmeleri uygulanmalıdır. Bu proaktif yaklaşım zamanında müdahalelere olanak tanır.
- Uzunlamasına Çalışmalar: Çalışanların kimyasallara maruz kalmasının uzun vadeli sağlık etkilerini izlemek için uzunlamasına çalışmalar yürütmek ve gelecekteki güvenlik girişimleri için değerli veriler sağlar.
- Bağımsız Denetimlerin Kurulması: Sağlık ve güvenlik standartlarına uyumu sağlamak için bağımsız denetim mekanizmaları oluşturmak. Düzenli denetimler, iyileştirme alanlarını belirlemeye ve güvenlik protokollerinin takip edilmesini sağlamaya yardımcı olabilir.
- Geribildirim Döngüleri: Çalışanların sonuçlardan korkmadan güvenlik endişelerini bildirebilecekleri ve bir güvenlik kültürü oluşturabilecekleri geri bildirim döngüleri oluşturmak.
- En İyi Uygulamaların Paylaşımının Teşvik Edilmesi: İş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili en iyi uygulamaları paylaşmak için tekstil endüstrisi işletmeleri arasında işbirliğini teşvik etmek. Bu, endüstri konferansları, atölyeler ve çevrimiçi platformlar aracılığıyla kolaylaştırılabilir.
- Kamu-Özel Ortaklıkları: İşyeri güvenlik standartlarını iyileştirmede paylaşılan kaynaklara ve uzmanlığa olanak tanıyan sağlık ve güvenlik girişimlerinde kamu-özel ortaklıklarını geliştirmek. Düzenleyici
- Daha Güçlü Düzenlemeler İçin Savunuculuk Faaliyeti: Tekstil endüstrisinde kimyasal kullanımı ve işyeri güvenliğini yöneten daha sıkı düzenlemelerin uygulanması için savunuculuk yapmak. Buna, işçi sağlığı ve güvenliğini önceliklendiren politikalar için lobi yapmak da dahil edilebilir.
- İş sağlığı ve güvenliğine olağanüstü bağlılık gösteren şirketler için teşvik programları, diğerlerini de aynısını yapmaya teşvik eder.

Bu önerileri uygulanarak, sentetik elyaf endüstrisi iş gücünün güvenliğini ve sağlığını önemli ölçüde iyileştirebilir. İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının sürekli iyileştirilmesi, işçi sağlığını korumak, kazaları azaltmak ve nihayetinde üretim verimliliğini artırmak için çok önemlidir. Daha güvenli bir çalışma ortamı yaratma taahhüdü yalnızca çalışanlara fayda sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda endüstrinin bir bütün olarak sürdürülebilirliğine ve itibarına da katkıda bulunacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İSG (Tezli), Tekstil Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG589) dersi kapsamında yapılan araştırmadan yararlanılmıştır.

Etik Kurul Onayı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Peer-review / Akran Değerlendirmesi

Externally peer-reviewed.

Yazar Katkıları

1. Yazar : %50
2. Yazar: %50

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır

Finansal Destek

The authors declared that this study has received no financial support.

KAYNAKLAR

- Allegrı, M., Bianchi, M. G., Chiu, M., Varet, J., Costa, A. L., Ortelli, S., Blosi, M., Bussolati, O., Poland, C. A., & Bergamaschi, E. (2016). Shape-related toxicity of titanium dioxide nanofibres. *PLOS ONE*, 11(3), e0151365. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151365>
- Avcı, H., Üreyen, M. E., Kılıç, A., ... Sağlam, A. E. (2019). Güç tutuşur polipropilen polimeri ve lif uygulamalarında son gelişmeler ve gelecek beklentileri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(2), 609–632. <https://doi.org/10.17482/uumfd.479415>
- Bthaber. (2020, Temmuz 27). Covid-19 salgını, KOBİ'lerin dijitalleşme yolculuğunu hızlandırıyor. <https://www.bthaber.com/covid-19-pandemic-accelerates-the-digitalization-journey-of-smes/>
- Clarke, S. (2006). The relationship between safety climate and safety performance: A meta-analytic review. *Journal of Occupational Health Psychology*, 11(4), 315–327. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.11.4.315>
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB). (2017). *Tekstil sektöründe iş sağlığı ve güvenliği riskleri*. ILO ve ÇSGB.
- Denimstudent. (2025, Ağustos 9). *The enduring popularity of polyester*. <https://denimstudent.com/the-enduring-popularity-of-polyester-textile-fiber-lecture-16-in-a-series-on-textile-fibers/>
- Dev, B., Rahman, M., Repon, M., Rahman, M., Hajı, A., & Nawab, Y. (2023). Recent progress in thermal and acoustic properties of natural fiber reinforced polymer composites: Preparation, characterization, and data analysis. *Polymer Composites*, 44(11), 7235–7297. <https://doi.org/10.1002/pc.27633>
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2001). *Petrokimya sanayii özel ihtisas komisyonu raporu sentetik elyaf ve iplik sanayii alt komisyonu raporu*.
- Doğanay, S., & Ulcay, Y. (2007). Farklı oranlarda takviye edilmiş cam lifi polyester kompozitlerin deniz suyu etkisi altında yorulma davranışının incelenmesi. **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12*(2), 85–95.
- ElMelegy, M., Hassan, A., Mahmoud, A., & AbdElBaethoun, A. (2022). Comparison between the effects of maternal exposure to natural fibers and synthetic fibers used in textiles

- industry on pregnancy outcomes. *Al-Azhar International Medical Journal, 0*(0), 0–0. <https://doi.org/10.21608/aimj.2022.119914.1829>
- Esmer, Y., & Alan, M. A. (2019). Endüstri 4.0 perspektifinde inovasyon. *AVRASYA Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7(18), 465–478.
- Esmer, Y., Özbek, A., & Alan, M. A. (2019). Tekstil işletmelerinde inovasyon uygulamalarına yönelik bir araştırma: İstanbul Sanayi Odası örneği. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 3(6), 129–144.
- Gallagher, L., Li, W., Ray, R., Romano, M., Wernli, K., Gao, D., ... Checkoway, H. (2015). Occupational exposures and risk of stomach and esophageal cancers: Update of a cohort of female textile workers in Shanghai, China. *American Journal of Industrial Medicine*, 58(3), 267–275. <https://doi.org/10.1002/ajim.22412>
- Grande, F., & Tucci, P. (2016). Titanium dioxide nanoparticles: A risk for human health? *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 16(9), 762–769. <https://doi.org/10.2174/1389557516666160321114341>
- Halis. (2017, Şubat 28). Poliolefin lifi (PO). [Tekstilbilgi.net](https://www.tekstilbilgi.net). <https://www.tekstilbilgi.net/po-poliolefin-lifi.html>
- Howard, J., Murashov, V., & Schulte, P. (2017). Synthetic biology and occupational risk. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(3), 224–236. <https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1237031>
- Indrayani, I., & Kusumojanto, D. (2020). An occupational safety and health management system to minimize work accidents. *JBMI (Jurnal Bisnis, Manajemen Dan Informatika)*, 17(2), 162–166. <https://doi.org/10.26487/jbmi.v17i2.11186>
- International Labour Organization (ILO). (2011). *Synthetic fibres*.
- İşgüvenliği. (2021). Tekstil işkolunda iş sağlığı güvenliği. <https://www.isguvenligi.net/iskollari-ve-is-guvenligi/tekstil-iskolunda-is-sagligi-guvenligi/>
- İTKİB. (2016). *Dünya’da ve Türkiye’de dokuma kumaş ticareti üzerine güncel bilgiler*. Tekstil, Deri, Halı AR&GE ve Mevzuat Şubesi.
- Jung, S.-J., Lee, C.-Y., Kim, S.-A., Park, K.-S., Ha, B.-G., Kim, J., Yu, J.-Y., & Choi, T. (2007). Dimethylacetamide-induced hepatic injuries among spandex fibre workers. *Clinical Toxicology*, 45(5), 435–439. <https://doi.org/10.1080/15563650601118067>
- Käfferlein, H., Göen, T., Müller, J., Wrbitzky, R., & Angerer, J. (2000). Biological monitoring of workers exposed to N,N-dimethylformamide in the synthetic fibre industry. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 73(2), 113–120. <https://doi.org/10.1007/s004200050015>
- Kampfer, M., et al. (2017). Natural fiber composites in automotive industry: Potential and challenges. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 2003–2010. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.033>
- Kaplan, S., & Aslan, S. (2016). Forearm test for disposable antibacterial foot sweat pads. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 28(3), 300–310. <https://doi.org/10.1108/IJCST-04-2015-0046>
- Kaplan, S., Aslan, S., Ulusoy, S., & Oral, A. (2019). Natural-based polymers for antibacterial treatment of absorbent materials. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(12), 47237. <https://doi.org/10.1002/app.47237>

- Karim, N., Afroj, S., Lloyd, K., Oaten, L., Andreeva, D., Carr, C., ... Novoselov, K. (2020). Sustainable personal protective clothing for healthcare applications: A review. *ACS Nano*, 14(10), 12313–12340. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c05537>
- Karim, N., Sarker, F., Afroj, S., Zhang, M., Potluri, P., & Novoselov, K. (2021). Sustainable and multifunctional composites of graphene-based natural jute fibers. *Advanced Sustainable Systems*, 5(3), 2000228. <https://doi.org/10.1002/adsu.202000228>
- Kim, Y., Park, J., & Park, M. (2016). Creating a culture of prevention in occupational safety and health practice. *Safety and Health at Work*, 7(2), 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2016.02.002>
- Kwegyir-Afful, E., Lindholm, M., Tilabi, S., Tajudeen, S., & Kantola, J. (2019). Optimizing occupational safety through 3-d simulation and immersive virtual reality. In *Advances in Human Factors, Business Management and Society* (pp. 97–107). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20148-7_10
- Li, M., Luo, Z., Yan, Y., Wang, Z., Chi, Q., Yan, C., & Xing, B. (2016). Arsenate accumulation, distribution, and toxicity associated with titanium dioxide nanoparticles in *Daphnia magna*. *Environmental Science & Technology*, 50(17), 9636–9643. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02670>
- Liu, Y., Wang, J., & Chen, X. (2019). Occupational exposure to synthetic fiber dust and gastrointestinal cancer risks: A cohort study in Shanghai. *Occupational and Environmental Medicine*, 76(9), 665–672. <https://doi.org/10.1136/oemed-2018-105629>
- Mansingh, B., Binoj, J., Anbazhagan, V., Hassan, S., Goh, K., Siengchin, S., ... Liu, Y. (2022). Characterization of *Cocos nucifera* L. peduncle fiber reinforced polymer composites for lightweight sustainable applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 139(22), 52245. <https://doi.org/10.1002/app.52245>
- Mayasari, E., & Aisyarah, E. (2024). Implementation of occupational health and safety culture in maintaining zero accident stability for workers in sugar factories. *Journal of Global Research in Public Health*, 9(1), 73–80. <https://doi.org/10.30994/jgrph.v9i1.497>
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Tekstil teknolojisi-yapay lifler*.
- Mirkova, E., Zaikov, C., Antov, G., Mikhailova, A., Khinkova, L., & Benchev, I. (1983). Prenatal toxicity of xylene. *Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology, and Immunology*, 27(3), 337–343.
- Mukhopadhyay, S., & Ramakrishnan, G. (2008). Microfibres. *Textile Progress*, 40(1), 1–86. <https://doi.org/10.1080/00405160802058368>
- Mutlu, N., & Altuntaş, S. (2021). Developing an integrated conceptual framework for monitoring and controlling risks related to occupational health and safety. *Journal of Engineering Research*, 9(4A). <https://doi.org/10.36909/jer.9959>
- Neuparth, T., Capela, R., Pereira, S. P. P., Moreira, S. M., Santos, M. M., & Reis-Henriques, M. A. (2014). Toxicity effects of hazardous and noxious substances (HNS) to marine organisms: Acute and chronic toxicity of p-xylene to the amphipod *Gammarus locusta*. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 77(20), 1210–1221. <https://doi.org/10.1080/15287394.2014.920757>
- Nnaji-Ihedinmah, N., & Ugwu, K. (2016). Evaluating occupational health and safety management in selected plastics manufacturing organizations in Awka metropolis Nigeria. *Management Studies and Economic Systems*, 3(1), 23–33. <https://doi.org/10.12816/0037252>

- Novikova, T., Aleshina, Y., Bezrukova, G., & Novikova, V. (2022). Socio-hygienic determinants of health of workers in the production of polyacrylonitrile fibers. *In SHS Web of Conferences* (Vol. 142). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214203007>
- Özkan, İ., & Gündoğdu, S. (2020). Investigation on the microfiber release under controlled washings from the knitted fabrics produced by recycled and virgin polyester yarns. *The Journal of The Textile Institute*, 111(11), 1631–1641. <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1722023>
- Pluspolimer. (2021). Poliamid 6. <https://pluspolimer.com/urunler/poliamid-6/>
- Podgórski, D., Majchrzycka, K., Dąbrowska, A., Gralewicz, G., & Okrasa, M. (2016). Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the internet of things technologies. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1214431>
- Sanati, K. A., Yadegarfar, G., Naghavi, S. H. R., Sadr, A. H., Gholami, M., Hadipour, M., & Sanati, J. G. H. (2009). Occupational injuries in a synthetic fibre factory in Iran. *Occupational Medicine*, 59(1), 65–67. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqn129>
- Schulte, P., Leso, V., & Iavicoli, I. (2024). Responsible development of emerging technologies. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 66(7), 528–535. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000003100>
- Singh, Z., & Bhalla, S. (2017). Toxicity of synthetic fibres & health. *Advance Research in Textile Engineering*, 2(1), 1012.
- Syed, N., Utkarsh, U., Tariq, M., Behraves, A., Guo, Q., Rizvi, G., ... Pop-Iliev, R. (2022). Experimental evaluation of utilizing synthetic continuous fiber reinforcements for thermoplastics as an alternative to steel-based analogs. *Journal of Elastomers & Plastics*, 54(8), 1221–1237. <https://doi.org/10.1177/00952443221133240>
- Tang, X., et al. (2018). Respiratory health risks among synthetic fiber workers: A review. *Environmental Health Perspectives*, 126(5), 056001. <https://doi.org/10.1289/EHP2046>
- Türkan, E. (2021, Ocak 9). Spandeks ipliklerin kullanım alanları ve ürüne katma değeri. Tekstilteknik.com.tr. <https://www.tekstilteknik.com.tr/spandeks-ipliklerin-kullanim-alanlari-ve-urune-katma-degeri/>
- Uğurlu, F. (2011). *Tekstil sektöründe iş sağlığı ve güvenliği*. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.
- Wang, D., Peng, L., Fu, F., Li, M., & Song, B. (2017). Analysis of polyester/wood composite fiber needling mat sound absorption performance. *Polymer Composites*, 39(11), 3823–3830. <https://doi.org/10.1002/pc.24480>
- Yang, T., Hu, L., Xiong, X., Petru, M., Noman, M., Mishra, R., ... Militký, J. (2020). Sound absorption properties of natural fibers: A review. *Sustainability*, 12(20), 8477. <https://doi.org/10.3390/su12208477>
- Yatsura, Y., Prakhovnik, N., Yatsura, O., Demchuk, H., & Zemlyanska, O. (2024). Research of the latest technologies and approaches to ensuring safety at work. *Development Management*, 23(2), 38–48. <https://doi.org/10.57111/devt/2.2024.38>

- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (8. baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, F. F., Avınç, O. O., & Yavaş, A. (2012). Poli (trimetilen tereftalat) lifleri bölüm 1: Üretimi, özellikleri, kullanım alanları, çevresel etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 19(87), 43–54.
- Zhao, L., Wu, Y., & Chen, S. (2020). Smart PPE and real-time monitoring in industrial safety management. *Sensors*, 20(14), 4012. <https://doi.org/10.3390/s20144012>