

Kimyasal Riskten Toplumsal Refaha: Tekstil ve Ahşap Boyama Sektörlerinde Kimya Teknolojisi, İSG ve Sürdürülebilirlik

Elif Aktürk Bozdemir¹

Özet

Kimyasal riskler, endüstriyel üretim süreçlerinde çalışan sağlığı ve çevresel sürdürülebilirlik açısından en kritik tehditlerden birini oluşturmaktadır. Özellikle tekstil ve ahşap boyama gibi kimyasal kullanımının yoğun olduğu sektörlerde bu risklerin etkili bir şekilde yönetilmesi, hem iş güvenliği politikalarının başarısı hem de işletmelerin uzun vadeli verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) bu alandaki yapısal eksiklikleri, maruziyetin kontrolünü zorlaştırmakta ve hem çalışanlar hem de çevre üzerinde geri dönüşü zor etkiler yaratabilmektedir. Bu bağlamda, kimyasal risk yönetiminin sadece teknik önlemlerle sınırlı kalmayan, aynı zamanda sürdürülebilir ve yenilikçi çözümleri içeren çok boyutlu bir yaklaşım çerçevesinde ele alınması gerekmektedir.

Bu bölümde, kimyasal risklerin yönetimi bağlamında özellikle tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde karşılaşılan özgül risk faktörleri ele alınmaktadır. Bu sektörlerde faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), üretim süreçlerinde sıklıkla ağır metaller, uçucu organik bileşikler (VOC'ler) ve sentetik bazlı boyalar gibi toksik kimyasallar kullanmaktadır. Söz konusu kimyasallar, yalnızca çalışanların sağlığı açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik açısından da ciddi tehditler oluşturmaktadır.

Çalışmada, bu risklerin sistematik bir şekilde analiz edilmesi ve etkin biçimde yönetilebilmesi amacıyla “Kimyasal Riskten Refaha Modeli” başlıklı bütüncül bir yaklaşım önerilmiştir. Bu model; risklerin tanımlanması, değerlendirilmesi ve kontrol altına alınmasını sağlayan yapısal adımları içermekte, aynı zamanda işverenler ve çalışanlar arasında bilinç düzeyini artırmaya yönelik politikaları da kapsamaktadır.

1 Öğr. Gör. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat Meslek Yüksekokulu, elif.akturkbozdemir@gop.edu.tr, 0000-0001-9228-8635

Geleneksel toksik kimyasalların yerine geçebilecek alternatif çözümler olarak; doğal boyalar, su bazlı boyalar ve biyolojik kökenli kimyasal maddelerin kullanımına ilişkin uygulamalar değerlendirilmiştir. Bu yenilikçi ürünler, üretim süreçlerinde maruziyeti azaltmakta ve çevresel etkilerin minimize edilmesine katkı sunmaktadır. Bununla birlikte, mühendislik kontrolleri (havalandırma sistemleri, izolasyon teknikleri vb.), kişisel koruyucu donanım kullanımı ve sürekli mesleki eğitim faaliyetleri gibi iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin, kimyasal risklere karşı çalışanların korunmasında kritik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır.

Sonuç olarak, kimyasal risklerin yönetimi yalnızca yasal bir zorunluluk değil, aynı zamanda iş sağlığı, çevresel sorumluluk ve ekonomik sürdürülebilirlik arasında bir denge kurulmasını gerektiren stratejik bir yaklaşımdır. Bu bağlamda çalışma, KOBİ'lerin mevcut üretim yapıları içerisinde uygulanabilir, maliyet-etkin ve sürdürülebilir çözümler geliştirmelerine katkı sunabilecek pratik politika önerileri ve uygulama rehberleri ortaya koymaktadır.

1. Giriş

Türkiye ekonomisinde hem tekstil hem de ahşap boyama sektörleri stratejik bir öneme sahiptir. Tekstil sektörü, 2022 yılı itibarıyla Türkiye'nin toplam ihracat hacminin yaklaşık %10'unu oluşturarak 16,2 milyar dolarlık dış ticaret değeri yaratmış ve ülke ekonomisinin dinamik sektörlerinden biri olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur (TÜİK, 2023). Öte yandan, ahşap işleme ve mobilya endüstrisi özellikle iç pazarda istikrarlı bir büyüme göstermiş; 2023 yılında yaklaşık 4,5 milyar dolarlık ekonomik değer ile önemli bir katma değer üretmiştir (Özkan, 2016). Her iki sektörün ortak özelliği ise üretim süreçlerinde yüksek oranda kimyasal madde kullanımudur. Bu durum, iş sağlığı ve güvenliği açısından ciddi tehlikeler yaratmakta; aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik açısından da dikkate değer riskleri beraberinde getirmektedir (Sudarshan et al., 2023; Dutta et al., 2024). Özellikle boyama ve yüzey işlem aşamalarında kullanılan kimyasalların toksik etkileri, hem çalışan sağlığını tehdit etmekte hem de doğal kaynakların kirlenmesine yol açmaktadır. Bu nedenle söz konusu sektörlerde, kimya teknolojisinin güvenli kullanımı, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının güçlendirilmesi ve çevresel etkilerin minimize edilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle doğrudan ilişkili hale gelmiştir.

Tekstil boyama ve ahşap kaplama süreçlerinde yaygın olarak kullanılan kimyasal maddeler—özellikle ağır metaller, uçucu organik bileşikler (VOC'ler) ve sentetik boyar maddeler—çalışan sağlığı açısından önemli tehditler barındırmaktadır. Bu kimyasallar, kısa vadede solunum yolu irritasyonları, ciltte tahriş ve alerjik reaksiyonlar gibi akut etkiler yaratırken;

uzun vadede maruz kalma durumunda kansere kadar varan ciddi sağlık problemlerine yol açabilmektedir (Adamova et al., 2020). Üstelik bu maddelerin üretim ve kullanım süreçlerinden sonra uygun şekilde bertaraf edilmemesi, çevresel düzeyde ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Özellikle atık su yoluyla doğaya karışan toksik bileşenler, su ve toprak ekosistemlerinin bozulmasına neden olmakta; bu durum yalnızca çevresel sürdürülebilirliği değil, aynı zamanda insan sağlığını da dolaylı olarak tehdit etmektedir (Aachimi et al., 2023).

Bu bölümde, tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde kimyasal risklerin sistematik biçimde nasıl yönetilebileceği, bu risklere karşı kimya teknolojisi aracılığıyla geliştirilen yenilikçi ve çevre dostu çözümlerin neler olduğu, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarının mevcut durumu ile sürdürülebilirlik ilkeleri arasındaki karşılıklı etkileşimler bilimsel bir bakış açısıyla analiz edilmektedir. Ayrıca, özellikle Türkiye’de faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) bu bağlamda karşılaştığı yapısal zorluklar ve sahip olduğu potansiyel fırsatlar detaylı biçimde ele alınmaktadır. Çalışma, kimyasal risklerin azaltılmasını yalnızca bir iş sağlığı meselesi olarak değil, aynı zamanda toplumsal refahı artırmaya yönelik bütüncül bir strateji olarak değerlendirmekte ve bu kapsamda “*Kimyasal Riskten Refaha Modeli*” başlığı altında özgün bir çözüm önerisi sunmaktadır.

1.1. Sektörel Bağlam ve Önem

Türkiye’de tekstil ve ahşap boyama sektörleri, hem ekonomik büyümeye sağladıkları katkı hem de istihdam yaratma potansiyelleri bakımından stratejik bir konumda yer almaktadır. Bu sektörlerin üretim yapıları büyük ölçüde küçük ve orta ölçekli işletmelere (KOBİ) dayanmaktadır. Bu durum, yerel ekonomilerin canlılığını artırmakta; aynı zamanda esnek üretim yapıları ve düşük yatırım maliyetleri sayesinde bölgesel kalkınmaya da olumlu katkılar sunmaktadır (Yılmaz, 2009; Ceylan & Demir, 2020). Nitekim Türkiye’de faaliyet gösteren tekstil işletmelerinin yaklaşık %78’i ve ahşap işleme tesislerinin %85’i KOBİ niteliğindedir. Bu işletmelerin büyük bir kısmı ise organize sanayi bölgelerinde (OSB) konumlanmış durumdadır (TÜİK, 2023). Ancak bu KOBİ ağırlıklı yapılanma, beraberinde bazı yapısal sorunları da getirmektedir. Özellikle iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarında kurumsal yetersizlikler, teknolojik altyapı eksiklikleri ve insan kaynağı niteliği açısından yaşanan sınırlılıklar, kimyasal risklerin etkin yönetimini zorlaştırmaktadır.

Bu bağlamda, kimya teknolojisinde yaşanan gelişmeler—örneğin su bazlı boyalar, doğal boyar maddeler ve biyobazlı kimyasal bileşikler gibi

çevre dostu alternatiflerin geliştirilmesi—bu sektörlerdeki kimyasal risklerin azaltılması için önemli fırsatlar sunmaktadır (Bechtold et al., 2019; Jordeva et al., 2020). Ancak bu yenilikçi teknolojilerin KOBİ ölçeğindeki işletmelere entegre edilebilmesi, yalnızca teknik kapasiteyle sınırlı değildir; aynı zamanda finansal kaynaklara erişim, çalışanların eğitimi ve yöneticilerin farkındalık düzeyi gibi faktörlerle doğrudan ilişkilidir (Aktürk-Bozdemir et al., 2024). Bu nedenle kamu destekleri, sektörel rehberlik faaliyetleri ve yaygınlaştırıcı eğitim programları, sürdürülebilir ve güvenli üretim ortamlarının sağlanması için kritik öneme sahiptir.

1.2. Kimyasal Riskten Refaha Modeli

Bu çalışma, tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde kimyasal risklerin bütüncül bir yaklaşımla yönetilmesini ve bu yönetimin toplumsal refah üzerindeki etkisinin sistematik biçimde değerlendirilmesini amaçlayan özgün bir çerçeve önermektedir. Söz konusu model, dört temel bileşenin entegrasyonu üzerine kuruludur:

- **Risk Tanımlama ve Değerlendirme:** Bu aşama, işletmelerde kullanılan kimyasalların detaylı envanterinin oluşturulması, maruziyet düzeylerinin ölçülmesi ve sistematik risk değerlendirme süreçlerinin yürütülmesini kapsamaktadır. Bu adım, hem çalışan sağlığı açısından tehdit oluşturan unsurların belirlenmesi hem de önleyici stratejilerin temellendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.
- **İSG Uygulamaları:** Belirlenen risklerin kontrol altına alınabilmesi için mühendislik kontrolleri, uygun kişisel koruyucu donanımların (KKD) kullanımı ve çalışanlara yönelik sürekli eğitim programları gibi temel iş sağlığı ve güvenliği araçlarının etkin biçimde uygulanması gerekmektedir. Bu kapsamda alınacak önlemler, doğrudan çalışan sağlığının korunmasına katkı sunmaktadır.
- **Sürdürülebilir Teknolojiler:** Kimyasal risklerin azaltılmasında çevre dostu ve yenilikçi teknolojilerin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda su bazlı boyalar, doğal boyar maddeler ve biyobazlı kimyasallar gibi sürdürülebilir üretim bileşenleri, hem insan sağlığını hem de çevreyi koruma potansiyeliyle öne çıkmaktadır.
- **Toplumsal Refah Katkısı:** Modelin son bileşeni, kimyasal risklerin etkin yönetiminin sadece işyeri düzeyinde değil, aynı zamanda toplumsal düzeyde de fayda üreteceğini varsaymaktadır. Bu faydalar; sağlık göstergelerinde iyileşme, çevresel tahribatın azalması ve ekonomik performansta artış gibi çok yönlü çıktılarla somutlaşmaktadır.

Bu çerçevede geliştirilen Kimyasal Riskten Refaha Modeli, kimyasal risklerin yönetimini yalnızca bir iş sağlığı ve güvenliği meselesi olarak değil; aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma ve toplumsal refah bağlamında ele almaktadır. Modelin sektörel düzeyde uygulanması, çalışan sağlığının korunması, çevresel etkilerin minimize edilmesi ve üretim süreçlerinin verimliliğinin artırılması gibi çok boyutlu kazanımlar sağlayarak sanayi-toplum-çevre etkileşimini dengelemeye yönelik stratejik bir araç işlevi görebilir (Bozkurt & Değirmenci, 2018).

2. Kimyasal Riskler ve Sektörel Maruziyet

Kimyasal riskler, toksik, kanserojen, korozif ya da yanıcı özelliklere sahip maddelerin insan sağlığına ve çevreye yönelik oluşturduğu potansiyel tehditler olarak tanımlanmaktadır (Sudarshan et al., 2023; Dutta et al., 2024). Bu riskler, maruziyet süresi, kimyasalın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile temas yollarına bağlı olarak farklı düzeylerde etkili olabilmektedir. Özellikle endüstriyel üretim süreçlerinde yaygın biçimde kullanılan kimyasal maddeler, kontrolsüz ya da yetersiz önlemler altında kullanıldığında ciddi sağlık ve güvenlik sorunlarına yol açmaktadır.

Tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde üretim süreçlerinin doğası gereği, çalışanlar başta boyar maddeler, çözücüler, reçineler ve yüzey işlem kimyasalları olmak üzere çok sayıda tehlikeli kimyasal ajanla doğrudan ya da dolaylı olarak karşı karşıya kalmaktadır. Bu maruziyet, genellikle solunum yolu, deri teması ve nadiren sindirim yolu ile gerçekleşmekte; akut etkilerin yanı sıra uzun vadede mesleki hastalıkların gelişme riskini de artırmaktadır. Özellikle uygun havalandırma sistemlerinin yetersizliği, kişisel koruyucu donanım kullanımındaki eksiklikler ve eğitim düzeyinin düşüklüğü, bu risklerin ciddiyetini artıran başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, kimyasal risklerin etkin şekilde tanımlanması ve değerlendirilmesi, yalnızca çalışan sağlığı ve güvenliği açısından değil, aynı zamanda çevresel koruma ve sürdürülebilir üretim politikalarının geliştirilmesi açısından da büyük önem arz etmektedir.

2.1. Tanım ve Kategoriler

Tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde ortaya çıkan kimyasal riskler, literatürde genel olarak aşağıdaki ana kategoriler altında sınıflandırılmaktadır (Bozkurt & Değirmenci, 2018; Adamova et al., 2020; Aachimi et al., 2023):

- Toksik ve Kanserojen Maddeler: Krom, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller, hem akut hem de kronik maruziyet durumlarında organ hasarına ve kanser gelişimine yol açabilen yüksek toksisiteye

sahiptir. Özellikle tekstil boyama süreçlerinde yaygın olarak kullanılan azo boyar maddeler, metabolik dönüşümleri sonucunda kanserojen özellik taşıyan aromatik aminlere dönüşebilme potansiyeline sahiptir. Bu durum, iş sağlığı açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

- **Uçucu Organik Bileşikler (VOC'ler):** Solvent bazlı boyaların başlıca bileşenleri arasında yer alan toluen, ksilen ve benzen gibi uçucu organik bileşikler, çalışanların solunum yollarını tahriş ederek astım ve kronik bronşit gibi hastalıklara neden olabilmektedir. Ayrıca bu bileşikler, havaya yayılarak çevresel hava kirliliğine katkıda bulunmakta ve ekosistemler üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ahşap boyama ve kaplama işlemlerinde yaygın kullanılan vernikler ise yüksek oranda VOC içermekte olup, bu risklerin artmasına neden olmaktadır.
- **Alerjen ve İrritan Maddeler:** Tekstil boyamada tercih edilen reaktif boyar maddeler ile ahşap koruyucu kimyasallar arasında bulunan formaldehit gibi bileşenler, dermatit, astım ve diğer alerjik reaksiyonların gelişiminde rol oynamaktadır. Bu kimyasalların maruziyeti, özellikle uygun koruyucu önlemlerin alınmadığı iş ortamlarında, çalışanların sağlık durumunu olumsuz yönde etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır.

2.2. Risk Belirleme ve Değerlendirme

Kimyasal risklerin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için öncelikli adım, işyerinde kullanılan kimyasal maddelerin kapsamlı bir envanterinin oluşturulmasıdır. Bu süreç, kimyasalların türü, miktarı ve kullanım şekillerine ilişkin bilgilerin sistematik olarak toplanmasını içermektedir. Takip eden aşamada, çalışanların maruziyet düzeylerinin ölçülmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu ölçümler, solunum havası kalitesi, deri teması ve çevresel kirlleticilerin konsantrasyonları gibi parametreleri kapsar. Elde edilen veriler ışığında gerçekleştirilen risk değerlendirmesi, kimyasal maddelerin sağlık üzerindeki potansiyel tehlikelerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesini sağlamaktadır (Fatemi et al., 2022; Aachimi et al., 2023).

Türkiye'deki organize sanayi bölgelerinde yürütülen araştırmalar, tekstil boyama tesislerinde özellikle uçucu organik bileşiklerin (VOC) konsantrasyonlarının, yetersiz havalandırma sistemleri nedeniyle ulusal ve uluslararası sınır değerlerin üzerinde seyretmekte olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, hem işyeri ortam kalitesi açısından ciddi bir risk oluşturmakta hem de çalışanların solunum yolu hastalıklarına yakalanma olasılığını artırmaktadır (Yılmaz, 2009; Ceylan & Demir, 2020).

Uluslararası alanda, kimyasal maddelerin güvenli kullanımına yönelik standartlar ve düzenlemeler, Avrupa Birliği'nin REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals – Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması*) ve CLP (*Classification, Labelling and Packaging – Sınıflandırma, Etiketleme ve Ambalajlama*) düzenlemeleri ile belirlenmiştir. Bu mevzuatlar, kimyasalların insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmeye yönelik kapsamlı gereklilikler içermekte ve üreticilere, ithalatçılara ve kullanıcılarına yükümlülükler getirmektedir (ECHA, 2018). Türkiye’de ise, kimyasal risklerin yönetimi ve iş sağlığı güvenliği uygulamalarının standartlaştırılması amacıyla 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile “*Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik*” yürürlüğe konmuştur. Bu yasal düzenlemeler, işyerlerinde kimyasal risklerin tespiti, değerlendirilmesi ve kontrolü için çerçeve sunmakta, işverenlerin ve çalışanların sorumluluklarını açıkça tanımlamaktadır. Tablo 1’de başlıca kimyasal riskler ve etkileri sunulmuştur.

Tablo 1: Başlıca Kimyasal Riskler ve Etkileri

Kimyasal Türü	Maruziyet Yolu	Sağlık Riski	Çevresel Etki
Boyar Maddeler	Solunum, Deri	Alerji, Astım, Kanser	Su/Hava Kirliliği
Ağır Metaller	Deri, Solunum	Toksosite, Organ Hasarı	Toprak/Su Kirliliği
VOC’ler	Solunum	Solunum Hastalıkları	Hava Kirliliği
Sentetik Reçineler	Deri, Solunum	İrritasyon, Alerji	Atık Problemi

3. Tekstil Sektöründe Kimya Teknolojisi ve Sürdürülebilirlik

Tekstil sektörü, özellikle boyama ve apre işlemleri sırasında yoğun kimyasal kullanımına dayanan karmaşık üretim süreçlerine sahiptir. Bu kimyasal teknolojiler, ürünlerin estetik ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmede kritik bir rol oynamaktadır. Boyama işlemleri, tekstil ürünlerine renk ve dayanıklılık kazandırırken, apre uygulamaları ise kumaşın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirerek ürün performansını artırmaktadır. Ancak, bu işlemlerde kullanılan kimyasalların çeşitliliği ve miktarı, beraberinde önemli çevresel ve sağlık sorunlarını da gündeme getirmektedir. Sektörde yaygın kullanılan boyar maddeler, çözücüler, yardımcı kimyasallar ve ağır metaller, çalışanların maruziyeti ile ekosistem üzerinde ciddi riskler oluşturabilmektedir. Özellikle su bazlı olmayan solventler ve sentetik boyar maddeler, hem atık su kaynaklarının kirlenmesine hem de hava kalitesinin

bozulmasına sebep olmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir üretim anlayışıyla çelişmekte ve sektörün çevresel etkilerinin azaltılması yönünde acil önlemler alınmasını gerektirmektedir (Muthu, 2020).

Son yıllarda, kimya teknolojisinde yaşanan gelişmeler sayesinde, tekstil sektöründe çevre dostu ve sürdürülebilir çözümler giderek önem kazanmaktadır. Su bazlı boyalar, doğal kökenli boyar maddeler ve biyobazlı kimyasallar, hem üretim süreçlerinde kimyasal risklerin azaltılmasına hem de ürünlerin çevresel ayak izinin küçültülmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, proses optimizasyonu ve atık yönetimi gibi tekniklerle, enerji ve su kullanımının minimize edilmesi sektörün sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasında kilit rol oynamaktadır.

Bu çerçevede, tekstil sektöründe kimya teknolojisinin sürdürülebilirlik ilkeleriyle bütünleşmesi, sadece çevre koruması açısından değil, aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği standartlarının iyileştirilmesi ve ekonomik verimliliğin artırılması açısından da stratejik bir öncelik olarak ortaya çıkmaktadır.

3.1. Kimyasal Maddelerin Kullanımı

Tekstil boyama süreçlerinde reaktif, dispers ve asit boyalar en yaygın olarak tercih edilen kimyasal maddeler arasında yer almaktadır. Bu boyar maddeler, tekstil ürünlerine yüksek düzeyde renk haslığı, parlaklık ve geniş renk çeşitliliği kazandırmakla birlikte, üretim süreçlerinde su kaynaklarının kirlenmesine ve toksik kimyasal atıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Sudarshan et al., 2023; Dutta et al., 2024). Özellikle reaktif boyalar, kumaş ile kimyasal bağlar oluşturarak dayanıklı renkler sağlasa da, kullanım sonrası atık sularında yüksek miktarda organik ve inorganik kirleticiler bırakmaktadır.

Türkiye’de yapılan saha araştırmaları, tekstil sektöründe faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) yaklaşık %60’ında etkili atık su arıtma sistemlerinin bulunmadığını ortaya koymuştur. Bu durum, kimyasal atıkların işlenmeden doğrudan çevresel su kaynaklarına deşarj edilmesine ve sonuç olarak su kirliliğinin artmasına yol açmaktadır (Yılmaz, 2009; Ceylan & Demir, 2020). Atık suyun içeriğinde bulunan boyar maddeler ve diğer kimyasallar, su ekosistemlerinde biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve su kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır.

Bu bağlamda, tekstil sektöründe kimyasal madde kullanımının çevresel etkilerinin azaltılması amacıyla, hem teknolojik altyapının güçlendirilmesi hem de çevre dostu boyar maddelerin tercih edilmesi kritik önem taşımaktadır. Ayrıca, atık su arıtma sistemlerinin yaygınlaştırılması ve etkinliğinin artırılması, sürdürülebilir üretim ve çevre koruma hedeflerine ulaşmak için gereklidir.

3.2. Sürdürülebilir Uygulamalar ve Yenilikçi Teknolojiler

Tekstil sektöründe sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için çeşitli yenilikçi uygulamalar ve teknolojik çözümler ön plana çıkmaktadır. Bu yaklaşımlar, hem çevresel etkilerin azaltılmasına hem de iş sağlığı ve güvenliği koşullarının iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Öne çıkan uygulamalar şunlardır:

- **Su Bazlı Boyalar:** Geleneksel solvent bazlı boyaların aksine, su bazlı boyalar uçucu organik bileşik (VOC) emisyonlarını yaklaşık %50 oranında azaltma potansiyeline sahiptir. Bu özellikleri sayesinde, hem çevre kirliliği önemli ölçüde düşürülmekte hem de çalışanların kimyasal maruziyet kaynaklı sağlık riskleri minimize edilmektedir. Su bazlı boyaların kullanımı, kimyasal risklerin yönetiminde sürdürülebilir ve güvenli bir alternatif sunmaktadır (Bechtold et al., 2019; Jordeva et al., 2020; Muthu, 2020).
- **Doğal Boyar Maddeler:** Bitkisel kaynaklı ekstraktların, özellikle *Morus alba* (dudun yaprağı), ceviz kabuğu ve nar kabuğu gibi doğal maddelerin boyamada kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu doğal boyar maddeler, biyobozunur özellikleri sayesinde çevresel kirliliği %30'a kadar azaltmakta ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri minimize etmektedir. Aktürk-Bozdemir ve arkadaşlarının (2024) yaptığı araştırma, *Morus alba* ekstraktının özellikle ahşap boyama işlemlerinde etkili ve çevreci bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur.
- **Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı:** Tekstil sektöründe atık suyun geri kazanımı ve yeniden kullanımı, su kaynaklarının etkin yönetimi açısından kritik öneme sahiptir. Modern arıtma teknolojileri sayesinde, tekstil atık sularının %70'e varan oranlarda arıtılarak geri kazanımı mümkün olmaktadır. Bu süreç, su tüketimini önemli ölçüde azaltırken, kimyasal atıkların doğrudan çevreye bırakılmasını engelleyerek çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde, atıkların kaynağında azaltılması ve yeniden kullanımı, sektörün ekolojik ayak izini küçültmede etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir (Ellen MacArthur Foundation, 2021; Wojciechowska, 2021).

Tekstil sektöründe sürdürülebilir üretimi destekleyen yenilikçi teknolojiler, hem çevresel etkilerin azaltılması hem de üretim verimliliğinin artırılması açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Dijital tekstil baskı teknolojisi, geleneksel boyama yöntemlerine kıyasla su tüketimini yaklaşık %50 oranında azaltmakta ve kimyasal madde kullanımını da %30

seviyesinde düşürmektedir. Bu teknoloji, ihtiyaç duyulan boyar madde miktarını minimize ederek hem kaynak verimliliğini artırmakta hem de çevreye olan olumsuz etkileri sınırlandırmaktadır (Muthu, 2020). Bunun yanı sıra, nano-enzim teknolojileri ile gerçekleştirilen boyama işlemleri, boyama verimliliğini %20'ye kadar artırırken, kullanılan kimyasal atıkların miktarında %25'lik bir azalma sağlamaktadır. Nano-enzimler, hedeflenen reaksiyonları hızlandırarak proseslerin daha çevreci ve ekonomik şekilde yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Türkiye'de faaliyet gösteren bir tekstil KOBİ'sinin dijital baskı teknolojisini benimsemesi sonucunda, 2023 yılı itibarıyla su tüketiminde %40, kimyasal atıklarda ise %35 oranında önemli düşüşler kaydedilmiştir. Bu örnek, yenilikçi teknolojilerin KOBİ'ler tarafından benimsenmesinin çevresel sürdürülebilirlik ve iş sağlığı açısından somut faydalar getirdiğini göstermektedir (Yılmaz, 2009; Ceylan & Demir, 2020). Söz konusu teknolojilerin yaygınlaştırılması için finansal destek, teknik eğitim ve farkındalık programlarının artırılması gerekmekte olup, bu alanlarda yapılacak yatırımlar sektörün sürdürülebilir dönüşümünü hızlandıracaktır.

4. Ahşap Boyama Sektöründe Kimya Teknolojisi ve Sürdürülebilirlik

Ahşap boyama sektörü, hem ürünlerin estetik görünümünü artırmak hem de dayanıklılığını ve koruyuculuğunu sağlamak amacıyla çeşitli kimyasal maddelerin kullanımına dayanmaktadır. Bu kimyasallar, ahşabın çürüme, böceklenme ve çevresel etkilere karşı direncini güçlendirmekle birlikte, hem üretim sürecinde çalışanların maruz kaldığı sağlık risklerini hem de çevresel kirliliği beraberinde getirmektedir. Özellikle solvent bazlı vernikler ve koruyucu kimyasallar, yüksek oranda uçucu organik bileşik (VOC) içermesi nedeniyle hava kalitesini olumsuz etkileyebilmekte, çalışanlarda solunum yolu hastalıkları ve dermatolojik rahatsızlıklar gibi mesleki sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Adamova et al., 2020).

Sektörde sürdürülebilirliği artırmaya yönelik çabalar, kimya teknolojisinde geliştirilen çevre dostu alternatiflerin uygulanmasıyla şekillenmektedir. Bu kapsamda, su bazlı vernikler, doğal kaynaklı koruyucular ve biyobazlı kimyasalların kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Bu yenilikçi çözümler, ahşap boyama işlemlerinin çevresel yükünü azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda çalışan sağlığını koruma yönünde de kritik katkılar sağlamaktadır. Sürdürülebilirlik perspektifi doğrultusunda, ahşap boyama sektöründe kimyasal risklerin minimize edilmesi, hem iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının güçlendirilmesi hem de çevresel etkilerin azaltılması açısından vazgeçilmezdir. Bu durum, sektörde yenilikçi kimya

teknolojilerinin benimsenmesini ve kapsamlı risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

4.1. Boya ve Kimyasal Maddeler

Ahşap boyama sektöründe kullanılan kimyasal maddeler, ürün kalitesi, dayanıklılık ve çevresel etkiler açısından çeşitlilik göstermektedir. Bu kimyasalların başlıcaları şu şekilde sınıflandırılabilir:

- **Su Bazlı Boyalar:** Su bazlı boyalar, özellikle uçucu organik bileşikler (VOC) emisyonlarını %60'a kadar azaltma potansiyeline sahip olup, çalışanların maruz kaldığı sağlık risklerini önemli ölçüde düşürmektedir. Bu çevre dostu alternatifler, geleneksel solvent bazlı boyalara göre daha düşük toksisite ve çevresel etkilerle ön plana çıkmaktadır. Ancak, su bazlı boyaların kuruma süresi solvent bazlı olanlara kıyasla daha uzun olmakta ve dayanıklılık açısından bazı sınırlamalar göstermektedir. Bu durum, uygulama süreçlerinde dikkat ve özel tekniklerin kullanılmasını gerektirmektedir (Bechtold et al., 2019; Jordeva et al., 2020).
- **Solvent Bazlı Boyalar:** Solvent bazlı boyalar, yüksek dayanıklılık, parlaklık ve hızlı kuruma özellikleri sebebiyle geleneksel olarak yaygın şekilde tercih edilmektedir. Ancak, yüksek VOC içeriği nedeniyle hem çalışan sağlığı hem de çevre açısından önemli riskler barındırmaktadır. Solvent buharlarına maruziyet, solunum yolu hastalıkları, cilt tahrişi ve merkezi sinir sistemi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Ayrıca, bu kimyasalların atmosfere salınımı hava kirliliği sorunlarını artırmaktadır (Ulay et al., 2015; Semenzin et al., 2019).
- **Biyobazlı Boyalar:** Son yıllarda sürdürülebilirlik perspektifiyle öne çıkan biyobazlı boyalar, bitkisel yağlar, reçineler ve doğal ekstraktlar kullanılarak geliştirilmektedir. Bu boyalar, ahşap yüzeylerde %85'e varan biyobozunurluk oranı ile çevresel yükü azaltmakta ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri minimize etmektedir. Aktürk-Bozdemir ve arkadaşlarının (2024) gerçekleştirdiği çalışmalar, özellikle *Morus alba* (dut ağacı) ekstraktının çam ahşap numunelerinin boyanmasında etkili ve dayanıklı bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur. Bu tür biyobazlı çözümler, ahşap boyama sektöründe kimyasal risklerin yönetilmesinde önemli bir yenilikçi adım olarak değerlendirilmektedir.

4.2. Çevresel Etkiler ve Nano-Teknoloji

Ahşap boyama süreçlerinde kullanılan kimyasallar, özellikle uçucu organik bileşikler (VOC'ler) ve ağır metaller, çevresel kirlilik açısından

önemli riskler teşkil etmektedir. VOC'ler, atmosferde kimyasal reaksiyonlara girerek hava kalitesini olumsuz etkilerken, ağır metaller içeren boyalar ise su ve toprak kirliliğine yol açarak ekosistem sağlığını tehdit etmektedir. Türkiye'deki organize sanayi bölgelerinde gerçekleştirilen saha ölçümleri, su bazlı boyaların kullanımının VOC emisyonlarını yaklaşık %40 oranında azalttığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, çevresel sürdürülebilirlik açısından su bazlı boyaların tercih edilmesinin önemini vurgulamaktadır (Yılmaz, 2009; Ceylan ve Demir, 2020).

Son dönemde ahşap boyama sektöründe uygulama alanı bulan nano-teknoloji, çevresel ve sağlık risklerinin azaltılması yönünde umut vadeden bir gelişme olarak ön plana çıkmaktadır. Özellikle nano-bakır oksit (CuO) ve nano-çinko oksit (ZnO) partiküllerinin ahşap koruyucu olarak kullanımı, ahşabın mekanik dayanıklılığını %25 oranında artırırken, aynı zamanda toksik etkileri %30 civarında azaltmaktadır (Ulay et al., 2015; Semenzin et al., 2019). Bu nano-malzeme teknolojileri, geleneksel koruyucu kimyasallara kıyasla çok daha düşük konsantrasyonlarda etkili olmaları sebebiyle, kimyasal kullanımını ve dolayısıyla çevresel yükü önemli ölçüde minimize etmektedir. Ayrıca, nano-partiküllerin hedefe yönelik etkisi, çevre ve insan sağlığı açısından potansiyel risklerin azaltılmasında kritik bir avantaj sağlamaktadır.

Bu bağlamda, nano-teknolojinin ahşap boyama sektöründe yaygınlaştırılması, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de iş sağlığı ve güvenliği açısından stratejik bir adım olarak değerlendirilmektedir.

5. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Uygulamaları

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) uygulamaları, kimyasal maruziyet kaynaklı sağlık risklerinin minimize edilmesi ve çalışanların güvenli çalışma ortamlarında bulunmasının sağlanması açısından hayati önem taşımaktadır. Özellikle tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde, yoğun kimyasal kullanımı nedeniyle solunum yolu hastalıkları, deri rahatsızlıkları ve kronik toksik etkiler gibi çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2016) tarafından da vurgulandığı üzere, etkili İSG uygulamaları, sadece çalışan sağlığını korumakla kalmayıp aynı zamanda iş gücü verimliliğini artırmakta ve iş kazalarının önlenmesine katkıda bulunmaktadır.

İSG çerçevesinde kimyasal risklerin yönetimi, öncelikle risk tanımlaması ve maruziyet değerlendirmesi ile başlamaktadır. Takip eden aşamalarda ise mühendislik kontrol yöntemleri (örneğin, etkin havalandırma sistemleri ve kapalı devre üretim hatları), idari kontroller ve kişisel koruyucu donanımların (KKD) etkin kullanımı kritik rol oynamaktadır. Ayrıca, çalışanların kimyasal

riskler konusunda bilinçlendirilmesi için düzenli eğitim programları ve farkındalık artırıcı faaliyetler, işyerinde güvenli davranışların yerleşmesini sağlamaktadır (Fatemi ve ark., 2022; Aachimi ve ark., 2023).

Türkiye’de özellikle KOBİ’lerde İSG uygulamalarının yaygınlaştırılması ve etkinleştirilmesi, sektörlerin sürdürülebilirliği açısından önemli bir gerekliliktir. Bu bağlamda, mevzuat uyumu, denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi ve teknolojik yeniliklerin İSG süreçlerine entegre edilmesi, kimyasal risklerin etkin şekilde kontrol altına alınmasına olanak tanımaktadır.

Etkili İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) uygulamaları, tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde meslek hastalıklarının ve iş kazalarının önemli ölçüde azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı’nın (EU-OSHA, 2020) verilerine göre, bu sektörlerde kapsamlı ve disiplinlerarası İSG stratejilerinin uygulanması meslek hastalıklarında %60’a varan azalma sağlamaktadır. Kimyasal risklerin sistematik yönetimi kapsamında başvurulmuş temel İSG yaklaşımları şu şekildedir:

- **Mühendislik Kontrolleri:** İşyerinde kimyasal maruziyetin azaltılmasında öncelikli yöntemlerden biri olan mühendislik kontrolleri, özellikle lokal ve genel havalandırma sistemlerinin etkin kullanımı yoluyla uçucu organik bileşiklerin (VOC) konsantrasyonlarını %50’ye kadar düşürebilmektedir. Ayrıca, kapalı sistem tasarımları ve otomasyon uygulamaları, doğrudan kimyasal teması ve maruziyeti önemli ölçüde minimize etmektedir (Aachimi ve ark., 2023).
- **Kişisel Koruyucu Donanım (KKD):** Doğru seçilmiş ve uygun şekilde kullanılan kişisel koruyucu donanımlar, solunum yolu ve deri yoluyla gerçekleşen kimyasal maruziyetleri %70 oranında azaltmaktadır. Bu donanımlar arasında solunum maskeleri, kimyasal dirençli eldivenler, koruyucu giysiler ve gözlükler yer almaktadır (Özkan, 2016).
- **Eğitim ve Farkındalık:** Çalışanların kimyasal riskler, korunma yöntemleri ve güvenli çalışma prosedürleri hakkında bilinçlendirilmesi, işyerinde kazaların ve meslek hastalıklarının %40 oranında azalmasına katkı sağlamaktadır. Sistematik eğitim programları, düzenli güncellemeler ve katılımcı yaklaşım, İSG kültürünün yerleşmesinde etkin rol oynamaktadır (HSE, 2019).

Türkiye’deki organize sanayi bölgelerinde 2023 yılında gerçekleştirilen İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) eğitim programları, kimyasal kaynaklı iş kazalarının %25 oranında azalmasına önemli katkı sağlamıştır (Bozkurt ve Değirmenci, 2018). Bu eğitim programları, çalışanların kimyasal maddelerin güvenli kullanımı, uygun atık yönetimi, acil durum prosedürleri ve kişisel koruyucu

donanım (KKD) kullanımına yönelik bilinçlenmesini hedeflemektedir. Eğitimlerin içeriğinde, risklerin tanımlanması ve azaltılmasına yönelik uygulamalı çalışmalar da yer almakta olup, bu sayede çalışanların pratik bilgi ve becerileri artırılmaktadır.

Buna ek olarak, sosyal medya platformları ve işyeri içi bilgilendirme kampanyaları, kimyasal risklere ilişkin farkındalığın artırılmasında etkin araçlar olarak öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar, bu tür kampanyaların çalışanların kimyasal risk algısını %30 oranında iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Özellikle KOBİ'lerde sınırlı kaynak ve altyapı nedeniyle İSG kültürünün gelişimi için sosyal medya tabanlı bilinçlendirme faaliyetleri büyük önem taşımaktadır.

Eğitim ve farkındalık çalışmalarının sürekliliği ve güncellenmesi, risk yönetiminde sürdürülebilirliğin sağlanması açısından kritik olup, işverenlerin ve sektör paydaşlarının aktif katılımı ile desteklenmelidir. Bu yaklaşım, sadece çalışan sağlığını korumakla kalmayıp, aynı zamanda işyerinde güvenlik kültürünün yaygınlaşmasını ve işletmelerin yasal yükümlülüklerini etkin şekilde yerine getirmesini mümkün kılmaktadır.

6. Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etkiler

Sürdürülebilirlik, ekonomik büyüme, sosyal gelişme ve çevresel korumanın dengeli bir biçimde ele alındığı bütüncül bir yaklaşımdır. Bu bağlamda, tekstil ve ahşap boyama sektörleri için sürdürülebilirlik, hem üretim süreçlerinde kaynakların daha etkin ve verimli kullanılmasını hem de atık ve kirliliğin minimize edilmesini hedeflemektedir. Bu sektörlerin kimyasal yoğun üretim faaliyetleri, doğal kaynakların aşırı kullanımına ve çevresel kirlenmeye neden olabilmekte olup, sürdürülebilirlik stratejilerinin uygulanması çevresel etkilerin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle su ve enerji tüketimi ile kimyasal atık yönetimi, sürdürülebilirlik kapsamında öncelikli alanlar olarak öne çıkmaktadır. Tekstil ve ahşap boyama süreçlerinde kullanılan kimyasalların çevreye bırakılması, su kirliliği, toprak bozulması ve biyolojik çeşitlilikte azalma gibi ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle, atık suyun arıtılması, geri dönüşüm ve yeniden kullanım uygulamalarının yaygınlaştırılması, doğal ve biyobazlı malzemelerin tercih edilmesi sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada temel unsurlardır. Ayrıca, sürdürülebilirlik uygulamaları sosyal boyutuyla da önemli katkılar sağlamaktadır. Çalışanların sağlığının korunması, güvenli çalışma ortamlarının oluşturulması ve toplumun çevresel risklere karşı bilinçlendirilmesi, sektörde uzun vadeli refahın teminatı olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, sürdürülebilirlik hem çevresel hem de toplumsal faydaları içeren çok boyutlu

bir süreç olup, tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde stratejik planlama ve teknolojik yeniliklerle desteklenmelidir. Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (UN SDG, 2015) kapsamında su ve çevre yönetimi, temiz enerji kullanımı ve sorumlu üretim tüketim kalıplarının benimsenmesi, sektörlerin sürdürülebilirlik performansını artırmak için temel rehberler olarak kabul edilmektedir.

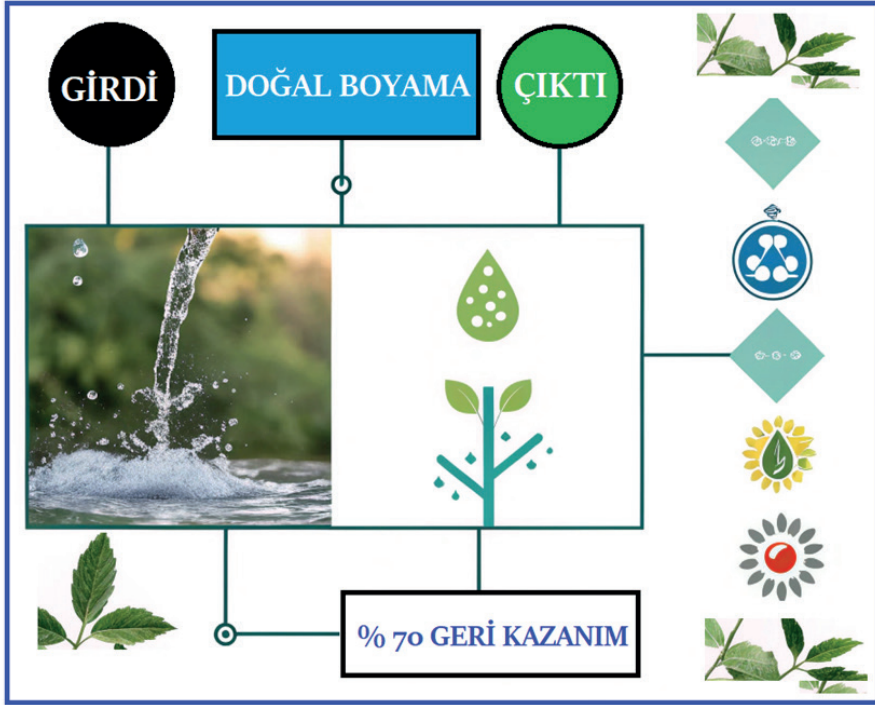
Tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde sürdürülebilirliğin artırılması için aşağıdaki temel ilkeler benimsenmektedir:

- **Döngüsel Ekonomi:** Atıkların mümkün olan en yüksek oranda geri kazanımı ve yeniden kullanımı sağlanarak, doğal kaynak tüketimi ve çevresel etkiler minimize edilmektedir. Özellikle atıkların %70'e kadar geri dönüşüm oranlarına ulaşılması, hem ekonomik hem de ekolojik faydalar yaratmaktadır (Ellen MacArthur Foundation, 2021; Wojciechowska, 2021). Bu yaklaşım, üretim döngülerinin kapatılmasını ve kaynakların etkin kullanımını desteklemektedir.
- **Yaşam Döngüsü Analizi (YDA):** Ürünlerin hammadde temininden kullanım ve atık aşamasına kadar tüm çevresel etkilerinin sistematik olarak değerlendirilmesi, sürdürülebilir üretim stratejilerinin geliştirilmesinde kritik rol oynamaktadır. YDA uygulamaları, çevresel etkilerin yaklaşık %40 oranında azaltılmasına olanak tanımakta ve karar verme süreçlerinde bilimsel bir temel sunmaktadır (Muthu, 2020).
- **Temiz Üretim:** Kirliliği kaynağında önlemeye odaklanan bu yaklaşım, üretim süreçlerinde kimyasal kullanımının azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması ile çevresel yükü önemli ölçüde düşürmektedir. Özellikle kimyasal maddelerin kullanımında %30'a varan azalma ve enerji tüketiminde %25 oranında tasarruf sağlanabilmektedir (Sudarshan ve ark., 2023; Dutta ve ark., 2024). Bu yöntem, hem işletme maliyetlerini düşürmekte hem de iş sağlığı ve güvenliği koşullarını iyileştirmektedir.

Tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde çevresel etkilerin minimize edilmesi amacıyla (Şekil 1) aşağıdaki uygulamalar ön plana çıkmaktadır:

- **Biyobozunur Boyalar:** Doğal kaynaklı boyar maddeler ve biyobazlı kimyasalların kullanımı, su ve toprak kirliliğini yaklaşık %50 oranında azaltmaktadır. Bu tür boyalar, çevre dostu yapıları sayesinde ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri önemli ölçüde sınırlandırmaktadır (Jordeva ve ark., 2020; Bechtold ve ark., 2019).

- Atık Su Arıtma: Organize sanayi bölgelerinde uygulanan ileri atık su arıtma teknolojileri, atık suyun %60'ını yeniden kullanılabilir hale getirmekte ve böylece su kaynaklarının korunmasına önemli katkı sağlamaktadır. Bu uygulamalar, hem çevresel sürdürülebilirliği desteklemekte hem de işletmelerin su maliyetlerini azaltmaktadır (Yılmaz, 2009; Ceylan ve Demir, 2020).
- Nano-Teknoloji: Nano-malzemelerin boyalarda kullanılması, ürünlerin dayanıklılığını %30 oranında artırarak, tekrar boyama gereksinimini ve dolayısıyla kimyasal madde tüketimini azaltmaktadır. Bu sayede, hem ekonomik tasarruf sağlanmakta hem de çevresel kimyasal yük azaltılmaktadır (Ulay ve ark., 2015; Semenzin ve ark., 2019).



Şekil 1: Sürdürülebilir Boyama Yöntemlerinin Çevresel Etkileri

7. Toplumsal Refah ve Kimyasal Riskler

Toplumsal refah, ekonomik büyüme, sağlık hizmetlerine erişim, eğitim düzeyi, çevre kalitesi ve sosyal adalet gibi çok yönlü faktörlerin iyileştirilmesi ile sağlanan bütünsel bir kavramdır. Kimyasal risklerin etkin şekilde azaltılması, çalışanların sağlık durumunun korunmasını sağlayarak

hem sağlık harcamalarının azalmasına hem de bireylerin yaşam kalitesinin yükselmesine önemli katkılar sunmaktadır (Bozkurt ve Değirmenci, 2018). Toplumsal refah, bireylerin ve toplumun genel yaşam kalitesini, sağlık düzeyini ve çevresel koşullarını kapsamlı bir biçimde ifade etmektedir. Kimyasal risklerin etkin bir şekilde yönetilmesi, sadece çalışanların sağlığını korumakla kalmayıp aynı zamanda toplumun geniş kesimlerinin yaşam kalitesini de olumlu yönde etkilemektedir (WHO, 2016).

Tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde kimyasal maruziyetlerin azaltılması, kronik hastalıkların ve meslek hastalıklarının önlenmesini sağlayarak sağlık harcamalarını düşürmekte ve iş gücü verimliliğini artırmaktadır. Ayrıca, çevresel kirliliğin azaltılması sayesinde doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir çevre sağlanması, toplumun genel refahına katkı sağlamaktadır (Bozkurt ve Değirmenci, 2018). Bu bağlamda, kimyasal risklerin yönetimi; ekonomik kalkınma, çevresel sürdürülebilirlik ve sosyal adaletin bir arada ele alındığı bütüncül bir yaklaşımı gerektirmektedir. Böylece, sadece işyeri ortamındaki sağlık ve güvenlik değil, aynı zamanda geniş toplumsal faydalar da sağlanmış olmaktadır.

Kimyasal riskler, toplumun farklı sosyoekonomik kesimlerini eşit olmayan biçimde etkilemektedir. Özellikle düşük gelirli gruplar ve kadın işçiler, daha yüksek düzeyde kimyasal maruziyetle karşı karşıya kalmaktadırlar (Emmanuel Thomas ve ark., 2023). Türkiye'deki tekstil sektöründe çalışan kadınların yaklaşık %40'ının, kimyasal kaynaklı dermatit gibi meslek hastalıkları riski altında olduğu tespit edilmiştir (Yılmaz, 2009; Ceylan ve Demir, 2020). Bu eşitsizliklerin azaltılmasında sürdürülebilir kimya teknolojilerinin benimsenmesi ve etkili iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarının yaygınlaştırılması kritik bir rol oynamaktadır. Doğal boyar maddelerin kullanımı, hem çalışan sağlığını korumakta hem de çevresel etkilerin minimize edilmesine katkı sağlamaktadır (Aktürk-Bozdemir ve ark., 2024). Böylece, kimyasal risklerin toplumsal etkileri azaltılarak, genel toplumsal refahın iyileştirilmesi desteklenmektedir.

8. Politikalar ve Düzenlemeler

Kimyasal risklerin etkin bir şekilde yönetilmesi, ulusal ve uluslararası düzeyde benimsenen politika ve düzenlemelerle desteklenmektedir. Bu düzenlemeler, iş sağlığı ve güvenliği standartlarının yükseltilmesi, çevresel korumanın sağlanması ve kimyasal maddelerin güvenli kullanımının teşvik edilmesini amaçlamaktadır (WHO, 2016; ECHA, 2018).

Türkiye'de kimyasal risklerin yönetimini düzenleyen başlıca yasal çerçeveler şunlardır:

- 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu: İşverenlere, kimyasal riskleri değerlendirme ve önlem alma yükümlülüğü getirmektedir.
- Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik: Kimyasal maddelerin güvenli kullanımı için standartlar belirlemektedir.
- Atık Yönetimi Yönetmeliği: Kimyasal atıkların bertarafı ve geri dönüşümü için kurallar koymaktadır.
- Ancak, KOBİ'lerde denetim eksiklikleri ve uygulama zorlukları, bu düzenlemelerin etkinliğini sınırlamaktadır (Özkan, 2016).

Kimyasal risklerin yönetimini düzenleyen başlıca uluslararası anlaşmalar şunlardır:

- Stockholm Sözleşmesi: Kalıcı organik kirleticilerin kullanımını kısıtlamaktadır.
- Rotterdam Sözleşmesi: Tehlikeli kimyasalların uluslararası ticaretini düzenlemektedir.
- REACH: Avrupa Birliği'nin kimyasalların kaydı, değerlendirilmesi, izni ve kısıtlanması için oluşturduğu düzenlemedir (ECHA, 2018).

Uluslararası alanda, Avrupa Birliği'nin REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*) ve CLP (*Classification, Labelling and Packaging*) yönetmelikleri, kimyasalların güvenli kullanımına ilişkin kapsamlı rehberlik ve zorunluluklar getirmektedir (ECHA, 2018). Bu düzenlemeler, üreticilerin ve ithalatçıların kimyasal maddelerin risklerini belirlemesini ve kontrol altına almasını zorunlu kılarak, işyerlerinde ve çevrede maruziyetin azaltılmasını hedeflemektedir.

Türkiye'de ise, 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, kimyasal risklerin önlenmesine yönelik yasal çerçeveyi oluşturmaktadır. Bu mevzuatlar, işverenlere risk değerlendirmesi yapma, uygun önlemleri alma ve çalışanları bilinçlendirme yükümlülüğü getirmektedir.

Ayrıca, sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda geliştirilen ulusal stratejiler ve çevre politikaları, kimyasal maddelerin kullanımında çevresel etkilerin azaltılmasını da hedeflemektedir. Bu kapsamda, politika yapımcıların, sektör paydaşlarının ve toplumun katılımını teşvik eden çok paydaşlı yaklaşımlar giderek önem kazanmaktadır.

9. Yenilikçi Yaklaşımlar ve Örnek Uygulamalar

Tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde kimyasal risklerin yönetimine yönelik gelecek perspektifleri, teknolojik yenilikler ve sürdürülebilirlik trendleri doğrultusunda şekillenmektedir. Bu alanlarda ortaya çıkan yenilikçi yaklaşımlar, çevresel etkileri minimize ederken aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği standartlarını iyileştirmeye odaklanmaktadır.

Yeni teknolojiler arasında özellikle dijital tekstil baskı yöntemleri dikkat çekmektedir. Geleneksel boyama tekniklerine kıyasla dijital baskı, su tüketimini %50, kimyasal madde kullanımını ise %30 oranında azaltarak hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli kazanımlar sağlamaktadır (Muthu, 2020). Ayrıca, akıllı tekstil ürünleri kimyasal maruziyetin anlık takibini mümkün kılan sensör teknolojileriyle donatılmakta, bu sayede kullanıcıların güvenliği %20 oranında artırılabilir (Ulay ve ark., 2015; Semenzin ve ark., 2019). Biyobazlı boyalar ise, bitkisel yağlar ve doğal ekstraktlardan üretilerek toksisiteyi %40 azaltırken, üretim maliyetlerinde de %15'e varan düşüşler sağlamaktadır (Aktürk-Bozdemir ve ark., 2024). Bu yenilikçi malzemeler, sürdürülebilir kimya uygulamalarının temel taşlarını oluşturmaktadır.

Araştırma ve geliştirme (AR-GE) faaliyetleri ise sektörlerin dönüşümünde kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle doğal pigmentlerin formülasyonu, nano-teknoloji tabanlı koruyucu malzemelerin geliştirilmesi ve etkili atık yönetimi sistemlerinin oluşturulması üzerine yoğunlaşan çalışmalar, çevresel etkilerin azaltılması ve kaynak verimliliğinin artırılması yönünde önemli ilerlemeler kaydetmektedir. Türkiye'de üniversite-sanayi iş birlikleriyle yürütülen projeler, biyobazlı boyaların kullanım oranını %10 artırarak sektörde somut gelişmelere öncülük etmiştir (Yılmaz, 2009; Ceylan ve Demir, 2020). Ayrıca, yerel bitki türlerinden biri olan *Morus alba* gibi kaynakların boyar madde üretiminde değerlendirilmesi, hem ekonomik açıdan katma değer yaratmakta hem de çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sunmaktadır (Aktürk-Bozdemir ve ark., 2024).

Geleceğe dönük bu yenilikçi yaklaşımlar, sadece kimyasal risklerin etkin yönetimiyle sınırlı kalmayıp, sektörlerin daha sağlıklı, çevreci ve verimli üretim süreçlerine dönüşümünü de desteklemektedir. Böylece, hem çalışan sağlığı korunmakta hem de ekosistem üzerindeki olumsuz etkiler asgariye indirilmektedir.

Kimyasal risklerin yönetimi ve sürdürülebilir uygulamaların hayata geçirilmesi, tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde hem çevresel hem de iş sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, Türkiye'de

gerçekleştirilen bazı örnek uygulamalar, sektörün dönüşüm potansiyelini ve karşılaşılan zorlukları ortaya koymaktadır. Türkiye’de faaliyet gösteren bir tekstil KOBİ’si, bitkisel ekstraktlar kullanarak geliştirdiği doğal boyama yöntemini uygulamaya koymuştur. Bu yenilikçi yaklaşım, VOC (Uçucu Organik Bileşik) emisyonlarında %30 oranında önemli bir azalma sağlamış; 2023 yılında yapılan saha ölçümleri ise su kirliliğinde %25, çalışanların mesleki sağlık şikayetlerinde ise %20 oranında düşüş olduğunu ortaya koymuştur (Aktürk-Bozdemir ve ark., 2024). Bu örnek, biyobazlı malzemelerin çevresel ve sağlık açısından etkinliğini göstermesi bakımından yol göstericidir. Benzer şekilde, ahşap mobilya üretimi yapan bir başka KOBİ, solvent bazlı boyalardan su bazlı boyalara geçiş yaparak hem çevresel hem de iş sağlığı boyutunda pozitif etkiler yaratmıştır. Bu değişim sonucunda, çalışanların solunum yolu rahatsızlıkları %35 oranında azalmış ve enerji tüketimi %15 düşürülmüştür. Bu vaka, sürdürülebilir malzeme seçimlerinin işyeri sağlığına ve enerji verimliliğine doğrudan katkısını gözler önüne sermektedir. Öte yandan, tüm bu gelişmelere rağmen, kimyasal risk yönetimi konusunda yetersiz uygulamalar da ciddi sonuçlar doğurmaktadır. 2019 yılında Denizli’de faaliyet gösteren bir ahşap boyama atölyesinde, solvent bazlı boyaların uygunsuz depolanması ve atık yönetimindeki eksiklikler nedeniyle yer altı su kaynaklarında kirlenme meydana gelmiştir. Bu durum, çevresel zararların yanı sıra işletmeye 500.000 TL tutarında idari para cezası ile sonuçlanmış ve ekonomik kayıplara yol açmıştır. Bu vaka, kimyasal risklerin yönetiminde yeterli önlemlerin alınmamasının hem çevresel hem de finansal açıdan ciddi maliyetler doğurabileceğini açıkça göstermektedir.

11. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde kimyasal risklerin yönetimi ile kimya teknolojileri, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamaları ve sürdürülebilirlik arasındaki karşılıklı ilişkiyi kapsamlı bir biçimde ele almıştır. Önerilen “*Kimyasal Riskten Refaha Modeli*” çerçevesinde, kimyasal risklerin sistematik olarak tanımlanması, kontrol edilmesi ve izlenmesi sürecinin toplumsal refah üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır. Çalışmanın temel bulguları şu şekilde özetlenebilir:

- Kimyasal riskler, özellikle tekstil ve ahşap boyama sektörlerinde çalışan sağlığı üzerinde doğrudan ve ciddi olumsuz etkiler yaratmakta; aynı zamanda çevresel kirlilik yoluyla toplumun genel yaşam kalitesini de olumsuz yönde etkilemektedir.
- Doğal boyar maddeler, özellikle *Morus alba* gibi yerel bitki ekstraktları ve su bazlı boyalar, kimyasal risklerin azaltılmasında hem çevresel

hem de sağlık açısından etkili ve sürdürülebilir alternatifler olarak öne çıkmaktadır.

- İSG uygulamaları, kimyasal maruziyetin minimize edilmesinde kritik bir rol oynamakta; düzenli eğitimler, farkındalık artırıcı kampanyalar ve kişisel koruyucu donanım kullanımı, çalışan sağlığının korunmasına ve iş kazalarının azalmasına katkı sağlamaktadır.
- Sürdürülebilir üretim yaklaşımları, çevresel etkileri azaltırken aynı zamanda ekonomik verimliliği ve rekabet gücünü artırmakta; döngüsel ekonomi ilkelerinin benimsenmesi, kaynak kullanımını optimize etmekte ve atık miktarını önemli ölçüde düşürmektedir.

Bu bağlamda, çalışmanın çıktıları ışığında aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

- Sürdürülebilir Teknolojilerin Yaygınlaştırılması: Bitkisel bazlı boyalar ve su bazlı kimyasalların kullanımının teşvik edilmesi, özellikle yerel bitki kaynaklarının (örneğin *Morus alba*) endüstriyel ölçekte değerlendirilmesi ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği güçlendirecektir. Bu süreçte, üniversite-sanayi iş birliklerinin artırılması ve Ar-Ge yatırımlarının desteklenmesi önem arz etmektedir.
- İSG Uygulamalarının Güçlendirilmesi: Kimyasal risklere karşı düzenlenen eğitim programları ve farkındalık kampanyalarının etkinliği kanıtlanmış olup (%25 kaza azalma oranı), bu çalışmaların özellikle KOBİ ölçeğindeki işletmelerde yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ayrıca, periyodik denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi, mevzuat uygulamalarının etkinliğini artıracaktır.
- Finansal ve Teknik Destek Mekanizmaları: KOBİ'lerin sürdürülebilir teknolojiye geçişlerini kolaylaştırmak amacıyla devlet ve özel sektör iş birlikleriyle finansal teşvikler, hibe programları ve teknik danışmanlık hizmetleri sunulmalıdır. Bu destekler, dönüşüm sürecinin hızlanmasına ve maliyetlerin düşürülmesine katkı sağlayacaktır.
- Döngüsel Ekonomi Uygulamalarının Teşviki: Atıkların geri kazanımı ve yeniden kullanımı oranlarının %70 seviyelerine çıkarılması, kimyasal atık yönetiminde sürdürülebilirliği artıracaktır. Bu kapsamda, geri dönüşüm teknolojilerinin iyileştirilmesi ve işletmelerde atık azaltım stratejilerinin uygulanması teşvik edilmelidir (Ellen MacArthur Foundation, 2021; Wojciechowska, 2021).

Son olarak, gelecekte yapılacak araştırmaların aşağıdaki alanlara odaklanması önerilmektedir:

- Doğal boyar maddelerin endüstriyel ölçekte uygulanabilirliği, performans optimizasyonu ve ekonomik analizleri,
- Nano-teknoloji tabanlı kimyasal risk azaltıcı çözümler ve bunların iş sağlığına katkıları,
- Kimyasal risk yönetimi stratejilerinin uzun vadede toplumsal refah ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerinin nicel ve nitel değerlendirilmesi.

Bu yaklaşımlar, hem sektörel gelişim hem de ulusal düzeyde kimyasal risklerin etkin yönetimi açısından kritik önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Aachimi, A., Marc, F., Bonvallot, N., & Clerc, F. (2023). A control banding method for chemical risk assessment in occupational settings in France. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 20(3), 123–135.
- Adamová, T., Hradeckí, J., & Pánek, M. (2020). Volatile organic compounds (VOCs) from wood and wood-based panels: Methods for evaluation, potential health risks, and mitigation. *Polymers*, 12(10), 2289.
- Aktürk Bozdemir, E., Önal, A., & Eser, F. (2024). Beyaz dut (*Morus alba*) yaprağı ekstraktıyla çam ahşap numunelerin boyanabilirliğinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 5(1), 52–62.
- Bechtold, T., Turcanu, A., Ganglberger, E., & Geissler, S. (2003). Natural dyes in modern textile dychouses – How can we combine the experiences of two centuries to meet the demands of the future? *Journal of Cleaner Production*, 11(5), 499–509.
- Bechtold, T., & Mussak, R. (Eds.). (2019). *Handbook of natural colorants*. Wiley.
- Bozkurt, M. İ., & Değirmenci, Z. (2018). Tekstil sektöründe iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(1), 1–10.
- Ceylan, H., & Demir, G. (2020). Occupational health and safety performance of Turkey: An overview of current trends. *İSG Akademik – OHS Academic*, 2(2), 123–136.
- Dutta, S., Adhikary, S., Bhattacharya, S., Roy, D., Chatterjee, S., Chakraborty, A., Banerjee, D., Ganguly, A., Nanda, S., & Rajak, P. (2024). Contamination of textile dyes in the aquatic environment: Adverse impacts on marine ecosystem and human health, and its management using bioremediation. *Journal of Environmental Management*, 353, 120103.
- ECHA. (2018). *REACH and CLP regulations: Guidance on chemical safety*. European Chemicals Agency.
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). *Circular economy in textiles*.
- Emmanuel Thomas, O., Adefolarin, A., Ana, G., & Odaibo, G. (2023). Determinants of knowledge about occupational hazards and perceived health problems among dyeing workers in Abeokuta, Nigeria. *Journal of Occupational Health*, 65(1), 45–56.
- EU-OSHA. (2020). *Occupational health and safety in chemical industries*. European Agency for Safety and Health at Work.
- Fatemi, F., Dehdashti, A., & Jannati, M. (2022). Implementing chemical health, safety, and environmental risk assessment in laboratories: A case-series study. *Frontiers in Public Health*, 10, 898826.
- Health and Safety Executive. (2019). *Training and competence in the safe use of hazardous substances*. HSE Books.

- Jordeva, S., Kertakova, M., Jezhova, S., Golomecova-Longurova, S., & [Diğer yazar]. (2020). Tekstil ürünlerinin doğal boyalarla boyanması. *Tekstil Endüstrisi*, 68(4), 12–21.
- Muthu, S. S. (2020). *Sustainable textiles: Production, processing, and recycling*. Springer.
- Özkan, N. (2016). Tekstil ürünlerinin boyama ve bitim işlemlerinde kimyasallara deri ve solunum yoluyla maruziyetin değerlendirilmesi [İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü]. Ankara.
- Semenzin, E., Subramanian, V., Pizzol, L., Zabeo, A., Fransman, W., Oksel, C., Hristozov, D., & Marcomini, A. (2019). Controlling risks of nano-enabled products through the life cycle: The case of nano copper oxide paint for wood protection and nano pigments used in the automotive industry. *Environment International*, 131, 104901.
- Sudarshan, S., Harikrishnan, S., Rathi Bhuvaneswari, G., Alamelu, V., Aanand, S., Rajasekar, A., & Govarthanan, M. (2023). Impact of textile dyes on human health and bioremediation of textile industry effluent using microorganisms: Current status and prospects. *Journal of Applied Microbiology*, 134(2), lxac064.
- TÜİK. (2023). *Türkiye sanayi istatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu.
- Ulay, G., & Budakçı, M. (2015). Ahşap yüzeylerde kullanılan su bazlı vernikler ile ilgili Türkiye’de yapılan çalışmalar. *Düzce University Journal of Science and Technology*, 3(2), 470–480.
- UN SDG. (2015). *Sustainable Development Goals*. United Nations.
- UNEP. (2019). *Stockholm and Rotterdam Conventions*. United Nations Environment Programme.
- Wojciechowska, P. (2021). Fibres and textiles in the circular economy. In M. I. H. Mondal (Ed.), *Fundamentals of natural fibres and textiles* (pp. 691–717). Woodhead Publishing.
- World Health Organization. (2016). *Chemical safety and public health*.
- World Health Organization. (2018). *Managing chemical risks for human health*.
- Yılmaz, F. (2009). Occupational health and safety in developing countries and Turkey in the globalization process. *Journal of Human Sciences*, 6(1), 1–18