

T.C.
HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE BİLİMLERİ VE ENERJİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI



**FARKLI TİP TEKSTİL İŞLETMELERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR
SU YÖNETİM UYGULAMALARININ SU TÜKETİMİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Dilek ÇEVİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GAZİANTEP - 2023



LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS TEZ KABUL VE ONAY FORMU

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Çevre Bilimleri Ve Enerji Yönetimi Anabilim Dalı **Çevre Bilimleri Ve Enerji Yönetimi** Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi **Dilek ÇEVİK** tarafından hazırlanan “**Farklı Tip Tekstil İşletmelerinde Sürdürülebilir Su Yönetim Uygulamalarının Su Tüketimine Etkilerinin İncelenmesi**” başlıklı tez, **23/06/2023** tarihinde yapılan savunma sınavı sonucu **başarılı** bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Görevi	Unvanı, Adı ve Soyadı	Kurumu/Üniversitesi	İmzası:
Tez Danışmanı	Doç. Dr. Adem YURTSEVER	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	
Jüri Başkanı	Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÖZGÜNER	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Nebiye KIZIL	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	

Bu tez Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Serhat YENİCE
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Dilek ÇEVİK
15/08/2023

HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE BİLİMLERİ VE ENERJİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

FARKLI TİP TEKSTİL İŞLETMELERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR
SU YÖNETİM UYGULAMALARININ SU TÜKETİMİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Dilek ÇEVİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Doç. Dr. Adem YURTSEVER

ÖZET

Tekstil sektörü, ihracat geliri ve istihdam açısından ülkelerin ekonomik kalkınmasında önemli bir role sahiptir. Türkiye, dünya tekstil ticaretinde %3,6 pay ile önde gelen tekstil tedarikçilerinden biridir. Tekstil endüstrilerindeki en önemli girdilerden birisi ise sudur. Ancak dünyadaki nüfusun ve sanayileşmenin artmasına bağlı olarak kullanılabilir su oranı giderek azalmaktadır. Bu nedenle özellikle tekstil endüstrileri gibi yüksek miktarlarda su tüketen endüstrilerde sürdürülebilir su tüketim uygulamalarına geçilmesi hayati önem taşımaktadır.

Bu kapsamda bu tez çalışmasında da, 5 farklı tekstil fabrikasında (T1, T2, T3, T4 ve T5) gerçekleştirilen sürdürülebilir su azaltım uygulamalarının değerlendirme çalışması yapılmıştır. Bu tekstil işletmelerinde mevcut su tüketimlerinin yanı sıra, uygulamalar öncesi ve sonrası su tüketimleri kıyaslanarak, sürdürülebilirlik uygulamalarının verimliliği analiz edilmiştir. Çalışmada 5 farklı işletmede farklı uygulamalar gerçekleştirilmiş olup, hem uygulamanın türleri hem de tekstildeki proseslerin farklı olmasından dolayı farklı etkilerin olduğu ve su azaltım verimlerinin farklı olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma neticesinde T1 işletmesinde 2 farklı dönemde makine teçhizat değişimi gerçekleştirilmiş ve toplamda ürün başına kullanılan su miktarı iki dönem sonunda 16,4 L/kg-kumaş oranında azaltılarak %24 oranında su tüketimi azaltımı sağlanmıştır. En fazla su azaltım miktarı T2 işletmesinde elde edilmiş olup (21,57 L/kg-kumaş), bunun temel nedeni ise işletme uygulanan ters ozmoz ile su geri kazanım çalışmasıdır. Oransal olarak bakıldığında ise en fazla su azaltımının gerçekleştiği tekstil işletmesi T5 olarak belirlenmiştir. T5 işletmesinde 3 dönem sonunda 5 farklı sürdürülebilirlik uygulaması ile %28 oranında su azaltım verimi elde edilmiştir. Bunun temel nedeni ise işletmede uygulanan mevcut en iyi teknolojilerin doğru şekilde uygulanması ve su tasarruflu makine teçhizat yatırımdır.

Bu çalışmanın sonucu olarak, gerçekleştirilecek sürdürülebilirlik uygulamaları ile tekstil endüstrilerinde su tüketimlerinin %1-40 arasında azaltılabileceği, özellikle su geri kazanımı ve su tasarruflu makine teçhizat yatırımları ile maksimum verim alınabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su tüketim minimizasyonu, Tekstil endüstrisi, Mevcut en iyi teknikler, Çevresel sürdürülebilirlik

HASAN KALYONCU UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCES AND ENERGY
MANAGEMENT

THE EFFECTS OF SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT
PRACTICES ON WATER CONSUMPTION IN DIFFERENT TYPES
OF TEXTILE MILLS

Dilek ÇEVİK

MASTER THESIS

Advisor
Assoc. Prof. Dr. Adem YURTSEVER

ABSTRACT

The Textile Industry has an important role for export incomes and employment in the economical development subject of the countries. Türkiye is one of the leading textile suppliers with a share of 3.6% in the world textile trade. One of the main input of textile production is water. Due to the increase in the population and industrial expansion, the clean water sources decreases by the time. Thus, it is a crucial target to proceed the sustainable water consumption techniques especially in industries that consume high amounts of water, such as textile industries.

In the subject, for the thesis, it is conducted and evaluated on the decrease techniques for process water in different 5 textile mills (T1-T2-T3-T4-T5). In addition to the current water consumption in these textile mills, the water consumption before and after the applications was compared and the efficiency of the sustainability practices was analyzed. In the study, different applications were carried out in 5 different mills, and it was determined that different effects occurred and water reduction efficiencies were different due to both the types of application and the different processes in the textile.

As a result of the study, machinery and equipment were changed in 2 different periods in the T1 mill, and the amount of water used per product in total was reduced by 16.4 L/kg-fabric at the end of the two periods, resulting in a 24% reduction in water consumption. The maximum amount of water reduction was obtained in the T2 plant (21.57 L/kg-fabric), mainly due to the reverse osmosis water recovery operation applied in the plant. When viewed proportionally, the textile mill with the highest water reduction was determined as T5. At the T5 mill, 28% water reduction efficiency was achieved with 5 different sustainability practices at the end of 3 periods. The main reason for this is the correct application of the best available techniques in the mill and the investment in water-saving machinery and equipment.

As a result of this study, it has been determined that water consumption in the textile industries can be reduced by 1-40% with the sustainability practices to be carried out. It has been concluded that maximum efficiency can be obtained, especially with water recovery and water-saving machinery and equipment investments.

Keywords: Water consumption minimization, Textile industry, Best available techniques, Environmental sustainability

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının yürütülmesinde ve oluşturulmasında, eğitici, yol gösterici ve öğrenmeye teşvik edici fırsatları tarafıma sunan, bilgi ve tecrübesiyle çalışmamı özenle şekillendiren ve her zaman anlayış gösteren değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Adem YURTSEVER'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Dilek ÇEVİK
Gaziantep - 2023



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ BİLDİRİMİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Tekstil Endüstrisi	4
2.2. Türkiye’de Tekstil Endüstrisi	4
2.3. Tekstil Endüstrisindeki Prosesler.....	5
2.3.1. Yıkama	5
2.3.2. Haşılama	5
2.3.3. Haşıl Sökme	5
2.3.4. Pişirme ve Kaynatma	6
2.3.5. Ağartma.....	6
2.3.6. Merserizasyon	6
2.3.7. Karbonizasyon	6
2.3.8. Boyama	6
2.4. Tekstil Endüstrisinde Su Tüketimi.....	7
2.5. Tekstil Endüstrisinde Kimyasal Tüketimi	8
2.6. Tekstil Endüstrisinde Oluşan Atıksu	9
2.7. Tekstil İşlemlerinde Su Tüketim Optimizasyonu	11
2.8. Temiz Üretim	12
2.9. Temiz Üretimin Kazanımları	17
2.10. Türkiye’de Temiz Üretim	18
2.11. Tekstilde Temiz Üretim	18
2.12. Temiz Üretim Uygulama Metodolojisi	20

2.12.1. Planlama ve organizasyon.....	21
2.12.2. Ön değerlendirme.....	22
2.12.3. Değerlendirme.....	22
2.12.4. Fizibilite	22
2.12.5. Uygulama ve devamlılık	22
2.13. Temiz Üretim Desteklenmesi	23
2.14. Mevcut En İyi Teknikler (MET).....	24
2.15. Tekstil Sektörü İçin Dünya’da ve Türkiye’de Uygulanan MET Örnekleri	24
2.16. Sürdürülebilirlik	26
2.17. Tekstilde Sürdürülebilirlik	29
2.18. Sürdürülebilirliğin Şirketler Üzerindeki Olumlu Etkileri	30
2.19. Sürdürülebilir Su Yönetimi.....	31
3. MATERYAL VE METOT	33
3.1. Tekstil Firmaların Genel ve Su Kullanım Özellikleri.....	33
3.1.1. Tesis-1	34
3.1.2. Tesis-2.....	38
3.1.3. Tesis-3	40
3.1.4. Tesis-4.....	40
3.1.5. Tesis-5.....	42
3.2. Verilerin Toplanması ve Analizi.....	44
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	46
4.1. Tekstil Firmalarının Su Kullanım Hedefleri	46
4.1.1. Tesis-1 Su Kullanım Hedefleri	46
4.1.2. Tesis-2 Su Kullanım Hedefleri	46
4.1.3. Tesis-3 Su Kullanım Hedefleri	47
4.1.4. Tesis-4 Su Kullanım Hedefleri	47
4.1.5. Tesis-5 Su Kullanım Hedefleri	48

4.2. Tekstil Firmaları Su Tüketimi Azaltım Çalışmaları	48
4.2.1. Tesis-1	49
4.2.2. Tesis-2	52
4.2.3. Tesis-3	55
4.2.4. Tesis-4	57
4.2.5. Tesis-5	59
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	65



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Tekstil endüstrisi işletmesi su kullanım paydaşları (Ozturk vd., 2016).....	7
Şekil 2.2. Tekstil endüstrisi işletmede proses su kullanım dağılımı.....	8
Şekil 2.3. Temiz Üretim Faaliyeti kısaca gösterimi (Öztürk 2018).....	18
Şekil 2.4. Temiz üretim değerlendirme şeması (Demirel 2019).....	21
Şekil 2.5. Sürdürülebilirliğin temel bileşenleri(Yeni 2014)	27
Şekil 3.1. T1 Kumaş Üretim faaliyeti.....	35
Şekil 3.2. T1 için Exhaust (çektirme) boyama uygulanması	36
Şekil 3.3. T1, Exhaust (çektirme) yıkama	36
Şekil 3.4. T1 Su akış şeması	37
Şekil 3.5. T2 Exhaust (çektirme) boyama	38
Şekil 3.6. T2 Kumaş Yıkama Ünitesi(kontinu)	38
Şekil 3.7. T2 Su akış şeması	39
Şekil 3.8 T2 proses içi akış metrelerin gösterimi	39
Şekil 3.9. T3 su akış planı.....	40
Şekil 3.10. T4 Boyama sonrası yıkama ünitesi görünümü	41
Şekil 3.11. T4 tesisi çıkış suyu arıtma yöntemi akış şeması.....	42
Şekil 3.12. T5 boyama ünitesi	43
Şekil 3.13. T5 iplik çekme(singeing).....	42
Şekil 3.14. T5 proses su akış diyagramı	43
Şekil 4.1. Tekstil firmalarının farklı dönemler sonunda elde ettikleri ürün başına su tüketim miktarlarının kıyaslanması	49
Şekil 4.2. T1 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları	50
Şekil 4.3. T1’de su kullanımının üretilen kumaşa oranı.....	51
Şekil 4.4. T2 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları	53
Şekil 4.5. T2’de su kullanımının üretilen kumaşa oranı.....	54
Şekil 4.6. T3 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları	55
Şekil 4.7. T3’te su kullanımının üretilen kumaşa oranı.....	56
Şekil 4.8. T4 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları	58
Şekil 4.9. T4’te su kullanımının üretilen kumaşa oranı.....	59
Şekil 4.10. T5 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları	60
Şekil 4.11. T5’te su kullanımının üretilen kumaşa oranı.....	61

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Tekstil işletmesi proses çıkış suyu kirlilik yükü (Özkan, 2007)	11
Çizelge 2.2. Uzaktan kontrol teknolojisine dayalı su kalitesi değerlendirme yaklaşımlarının karşılaştırılması	12
Çizelge 2.3. Kirlilik kontrolü yaklaşımı ile temiz üretim yaklaşımına dair genel bilgiler (Öztürk, 2018).....	15
Çizelge 2.4. Sürdürülebilirliğin temel bileşenleri.....	28
Çizelge 3.1. Tekstil firmalarının faaliyet alanları.....	34
Çizelge 4.1. T1'deki su tüketimleri ve azaltım hedefleri	46
Çizelge 4.2. T2'deki su tüketimleri ve azaltım hedefleri	47
Çizelge 4.3. T3'teki su tüketimleri ve azaltım hedefleri	47
Çizelge 4.4. T4'teki su tüketimleri ve azaltım hedefleri	48
Çizelge 4.5. T5'teki su tüketimleri ve azaltım hedefleri	48
Çizelge 4.6. T1 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar.....	51
Çizelge 4.7. T2 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar.....	54
Çizelge 4.8. T3 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar.....	57
Çizelge 4.9. T4 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar.....	59
Çizelge 4.10. T5 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

AKM	: Askıda Katı Madde
ASCE	: Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği
BİST	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
GRI	: Global Reporting Initiative
IPPC	: Integrated Pollution Prevention and Control
Kg	: Kilogram
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
L	: Litre
MET	: Mevcut En İyi Teknik
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
TO	: Ters Ozmos
TSEKÖKT	: Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Tebliği
TSKB	: Türkiye Sanayi Kalkınma Bankası
TTGV	: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNIDO	: Uluslararası Milletler Endüstri Geliştirme Organizasyonu
WBCSD	: Dünya Sürdürülebilir Kalkınma ve İş Konseyi
%	: Yüzde

1. GİRİŞ

Bütünüyle sahip olunamayan bir kaynak olan su, yaşayan tüm canlıların için önemli bir kaynaktır (Aksungur ve Firidin 2008). Gün geçtikçe doğal kaynaklar endüstriyel çalışmalara bağlı kirlenmeye maruz kalmıştır. Tahmini ekonomik büyümeye göre dünyada kullanılan suyun 2030 yılında 1500 milyar m³ olacağı belirtmiştir (Öztürk vd. 2016). Suyun insan, ekosistem, ekonomik kalkınma, ulusal güvenlik, enerji üretimi, gibi önemli kullanım alanları olduğunu belirtmişlerdir. Suyun kullanım alanlarının önemini vurgulamıştır (Aksungur ve Firidin, 2008).

Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanım ve üretim sürecinin sürdürülebilir olma fikri son 20-30 yılda önem kazanmıştır. Bu nedenle su kaynaklarının sürdürülebilir olması ve kontamine olmasını engelleyen uygulama fikri gelişmiştir. Bu düşünceleri destekleyen çalışma, kaynakların korunması veya temiz üretimdir. Temiz üretim uygulaması proses sürecinde bilinçsizce kaynak tüketimi engellemek ve kirlilik oluşumunu engellemeyi amaçlamaktadır (Ozturk vd., 2016). Bir diğer deyişle 1990'lı yıllardan başlayarak uluslararası camiada yerini alan sürdürülebilirlik kavramı çevresel, sosyal ve ekonomik bir kalkınma uygulaması olarak görülmektedir. Sürdürülebilirliğin temelinde gelecek nesillere aktarılacak bir biçimde kaynakların doğru ve eşit bir biçimde dağıtılarak, çevreye en az zararın verilmesi hedeflenerek insanların tamamının yaşam standartlarının yükseltilmesini hedeflenmiştir. Ek olarak toplumların yaşam düzeyinin sürdürülebilir olması ile yenilikçi ürünlerle ekonomiye katkı sağlamaktır (Metlioğlu ve Yakın, 2021).

Artan dünya nüfusu doğal kaynakların bilinçsizce tüketilmesi sonucu kişi başı düşen doğal kaynak miktarı düşmüştür. Bilinçsizce tüketimin yanlış olduğunu fark eden insanlar farkındalığı artırmak için, gelecek nesiller için yaşanabilir bir dünya için çaba içerisine girmişlerdir. Özellikle sivil toplum kuruluşları ve bilinçli firmalar bu konuda öncülük etmişlerdir. Bu farkındalık konusunda duyarlı insanların artması sonucu yeni üretilen ürünlerin çevre dostu ürünler olması konusunda bilinçli tüketiciler kitlesi oluşmuştur. Böylece doğal çevrenin yapısının bozulmasına engel olunmuştur (Alper, 2015).

Ekolojik dengenin bozulmamasını amaçlayan yaklaşım ile endüstride temiz üretim yapılması aynı yaklaşımı benimsemiştir. Ancak temiz üretim uygulaması çok fazla bilgi birikimi gerektiren süreçtir (Öztürk vd., 2016). Bu anlamda suyun çok iyi

yönetilerek verimli ve tasarruflu bir kullanım sergilenmelidir. Suyun tasarrufu konusunda önemli bir adım olan su ayak izini iyi belirlemekle sürdürülebilirlik konusunda önemli adım atılmış olur (Alper, 2015).

Dünyada bulunan suyun yaklaşık %3,5'lik kısmı kullanılabilir tatlı su kaynakları oldu belirtilmiştir. Son 20 yıl içerisinde aratan insan nüfusu ile buna bağlı olarak ihtiyaç duyulan su miktarı da artmıştır. Oluşan yoğun su talebi küresel su krizlerinin oluşmasına neden olacaktır (Aksungur ve Firidin, 2008). Başlıca su ihtiyacının önem sırasını içme ve kullanma, hayvanlar ve doğal hayat, tarımsal sulama ihtiyacı, enerji ve sanayi ihtiyacı, ticaret, turizm ve balıkçılık şeklinde sıralayabiliriz. Az gelişmiş ülkelerde tarıma ayrılan su oranı %70 iken gelişmiş bölgelerde tarım dışı kullanılan alanların su tüketim oranı %65 olarak belirtilmektedir. Su tüketimi bu yüzden endüstriyel alanlarda geniş kullanım olanağı bulmuştur. Kısıtlı miktarda bulunan ve gün geçtikçe kıymeti artan su, evsel ve endüstriyel kullanımla temizlenmemesi sonucu geri dönülmez olarak kirlenmektedir. Bir litre arıtılmamış su 8 litre temiz suyu kirletmektedir. Bu nedenle temiz su elde etmek için büyük maliyetler oluşmaktadır (Aksungur ve Firidin, 2008).

Tekstil endüstrisinde boyama işleminde oluşan atıksular uygulanan boyama yöntemine, kullanılan boya türü ve faaliyetin sürekli-kesik olması ile doğrudan etkili olmasından dolayı farklı sonuçlar vermektedir. Estetik açıdan kötü görünen boyalı tekstil atık suları akarsulara ve göllere karıştığında su ortamında bulunan çözünmüş oksijen miktarının düşmesine neden olmaktadır. Suyun doğal yaşamını olumsuz etkilemektedir (Namal, 2017).

Birçok sektör sanayi devrimi ile üretimde hız kazanmıştır. Seri üretim uygulamasından tekstil endüstrisinde etkilenmiştir. Geleneksel yöntemlerin yerini modern yöntemler almaya başlamıştır. Ancak seri üretimin yaygınlaşması ile tüketim toplumlarının oluşması ile enerji ve su kaynaklarının bilinçsizce kullanılmasının önüne geçilememiştir. Ortaya çıkan yeni sentetik ürünler çevreye ve ekosisteme büyük tahribatlar vermiştir. Bu olumsuz şartların iyileştirilmesi son 1970'li yıllarda başlayan ekolojik döngüde iyileştirme ve doğaya dönüş, tekstil sektöründe de etkili olmuştur (Alper, 2015).

Tekstil sektöründeki en önemli girdilerden bir tanesi sudur. Özellikle ıslak proseslerde (ön işlemler, boyama ve bitirme işlemleri) yapılan işlemlerde yüksek miktarlarda su tüketilmektedir. Spesifik su tüketiminin, lif tipine, uygulanan tekniklere

ve teknolojilere bağlı olarak 3-932 L/kg ürün aralığında olduğu rapor edilmiştir (Brik vd., 2006). Türkiye'deki pamuklu ve polyester kumaş terbiye-boyama fabrikaları için spesifik su tüketimlerinin 70–250 L/kg ürün olması beklenmektedir (Ozturk vd., 2009). Ancak son yıllarda artan pazar beklentileri, sürdürülebilirlik çalışmaları vs. gibi nedenlerle bu oranın daha da azaltılmaya çalışılması önem arz etmektedir.

Bu bağlamda bu çalışmanın temel amacı, farklı tekstil işletmelerinde farklı uygulamalarla elde edilen su tüketimi azaltım çalışmalarının incelenmesidir. Bu amaçla, toplam 5 farklı tekstil firmasının işletme su tüketimleri incelenmiş, su azaltımı amacıyla gerçekleştirdikleri sürdürülebilirlik uygulamaları analiz edilmiş ve bu uygulamalar neticesinde elde edilen su minimizasyonları belirlenmiştir. Üretilen ürün karşılığında tüketilen su miktarları üzerinden analizler yapılarak, birim ürün başına su tüketimleri belirlenmiştir. Yapılan farklı uygulamalar neticesinde, işletmelerdeki su tüketimlerinin azalma yüzdeleri ortaya konmuştur. Böylece su minimizasyonuna etki eden uygulamalar belirlenerek sürdürülebilirlik uygulamalarının verimleri tespit edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tekstil Endüstrisi

Tekstil endüstrisi kendi içinde birçok alt kategorilere ayrılan geniş bir sektördür. Tekstil endüstrisi elyafın türü, özelliği ve karışımına bağlı olarak farklılık gösteren ayrıca bu farklılığı üretim sürecinde de yaşayan proses farklılığı ile de çeşitlendirmek mümkündür. Bu çeşitlilik oluşan atıklara da yansiyarak her proste farklı bir atık meydana gelebilmektedir (Öztürk, 2014).

Türkiye Sanayi Kalkınma Bankası (TSKB-2018) verilerine göre global ölçekte 304 milyar dolarlık ihracat ve 60 milyon insanın istihdam edildiği bilgisi edilmiştir (Demirel, 2019).

2.2. Türkiye’de Tekstil Endüstrisi

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de tekstil endüstrisi kalkınma sürecinde öncülük eden sektörler arasında üst sırada yer almaktadır. Türkiye’nin ihracatında önemli role sahip olan tekstil endüstri 40 bin küçük orta ve büyük ölçekli üretim tesislerine sahiptir. Yapılan bir araştırmaya göre toplam istihdamda tekstil endüstrisinin payı %11 ve ihracattaki payı ise %38 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan araştırmalara göre Türkiye’de tekstil endüstrisi terbiye ve boyama alanında 2 milyon ton üretim kapasitesine ulaşan ve tahmini 250 milyon ton/yıl su kullanılmaktadır (Öztürk, 2014).

Tekstil sanayisi Türkiye’de istihdam ve ekonomik olarak önemli katkı sağlamıştır. Yapılan araştırmalara Türkiye’de 2018 yılında 30 milyar dolar değerinde üretim yapıldığı bilinmektedir. Bu verilere göre 430 bin kişinin istihdam edildiği tahmin edilmektedir. Türkiye tekstil endüstrisi ihracatını sırasıyla Almanya, İtalya, Bulgaristan, ABD ve İran gibi ülkelere yapmaktadır. Almanya’ya yapılan bu ihracat 2017 yılı 867 milyon dolar değerinde tekstil ve tekstil yan sanayi ürünlerini kapsamaktadır (Demirel, 2019).

2.3. Tekstil Endüstrisindeki Prosesler

Tekstil endüstrisi insanoğlunun her alanında hayatının bir parçası olarak ayrılmaz bir bütün olmuştur. Yattığımız yataktan giydiğimiz elbiselere, havludan bastığımız halıya kadar birçok örnek verilebilir. Hayatımızın bu denli her noktasında karşılaşılan tekstil ürünlerinin çok çeşitli yapıda olmasının bir sonucudur. Bu kadar çeşitli tekstil ürünlerinin bulunmasının sonucu olarak proses çeşitliliği ve oluşan atıksularında aynı şekilde karakteristiğinde çeşitliliklerin olmasına neden olmuştur.

Tekstilde kullanılan hammadde olarak elyaf çeşitleri bulunmaktadır. Bu elyaf çeşitlerini 3 ana başlıkta toplamak mümkündür. Bunlar; doğal elyaf, sentetik elyaf, yapay elyaf. Her işletmede tüm bu elyafların bir arada işletildiği nadir görülür. Genel olarak tekstil üretim tesisleri kullandığı elyaf türü üzerinde prosesler değerlendirmek uygundur. Genel olarak temel prosesler benzerlik göstermektedir.

Tekstil endüstrisi üretim prosesleri;

2.3.1. Yıkama

Elyafın tesise girdiğinde üzerindeki doğal ve kimyasal kalıntıların uzaklaştırılmasını sağlar. Ayrıca ilerleyen proseslerde elyafın lifli yapısını güçlendirerek boyamada üzerine boya çekmesini kolaylaştırmaktır. Yıkama işleminde sabun, kostik veya deterjan türü madde ile sıcak suda yapılır.

2.3.2. Haşılama

Elyafın dokuma tezgahlarında işlenirken kopmaları tüylenmeleri ve liflerinin bir arada durmasını sağlamak için doğal ve yapay ürünlerin elyaf yüzeyine tutunmasını sağlamaktır. Haşılama işleminin kullanılan maddelerin genelde tek başına yeterli olmadığı durumlarda iki veya üç haşıl maddesinin karıştırılması ile alternatif çözümler üretilmiştir. Böylece dokuma sırasında oluşacak handikapların önüne geçilmiş olunur.

2.3.3. Haşıl Sökme

Su, asitler, alkaliler, enzimler ve oksidasyon ürünler ile dokuma işleminden sonra elyaf üzerindeki haşıl maddelerinin uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Haşıl sökme işleminin sonunda oluşan atıksuyun karakteristiği kullanılan haşıl maddesine bağlanabilir. Bu noktada haşıl maddesinin hızlı ve kolay olarak çözünmesi istenmektedir.

2.3.4. Pişirme ve Kaynatma

Piştirme işleminde elyaf maddesinin üzerinde bulunan yağlı yapısını hidrofilik özellik kazandırılarak boyama işleminde boyanın su ile tutunmasını sağlamaktır. Bu işlem yaklaşık 110-130⁰C aralığında pişirilir ancak bu işlem sonrasında elyafın renginde sararmalar görülür.

2.3.5. Ağartma

Oksidasyon, yüksek sodyum hipoklorit, sodyum klorür, sodyum peroksit ve hidrojen peroksit gibi maddeler ile elyaf yüzeyine tutunan maddelerin giderilmesidir. Ayrıca doğal elyafların gerçek yapısının hafif sarımtırak veya gri renk vermesi nedeniyle ağartma işlemi yapılmaktadır. Özellikle beyaz kullanılacak elyafın ağartma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Sülfürik asit, hidroklorik asit, kostik soda, sodyum bisülfid ve yüzey aktif maddeler gibi yardımcı kimyasallar da ağartma ve son durulama da kullanılabilir.

2.3.6. Mersevizasyon

Pamuklu elyaf veya kumaşın boyama işleminde daha iyi boya alması, düzgün ve parlak olması sağlamak için bu işlem yapılmaktadır. Kumaşı sodyum hidroksit çözeltisine daldırılır ve daha sonra alkalinitesinin giderilmesi için karıştırma yaparak mersevizasyon işlemi sağlanır ve düşük sıcaklıkta yapılmaktadır.

2.3.7. Karbonizasyon

Elyafın sodyum karbonat ile nötralizasyon tarafından uygulamanın sonunda seyreltik sülfürik asitle banyo edilir. Kurduğunda elyafıta kırılğan yapı giderilmiş olur.

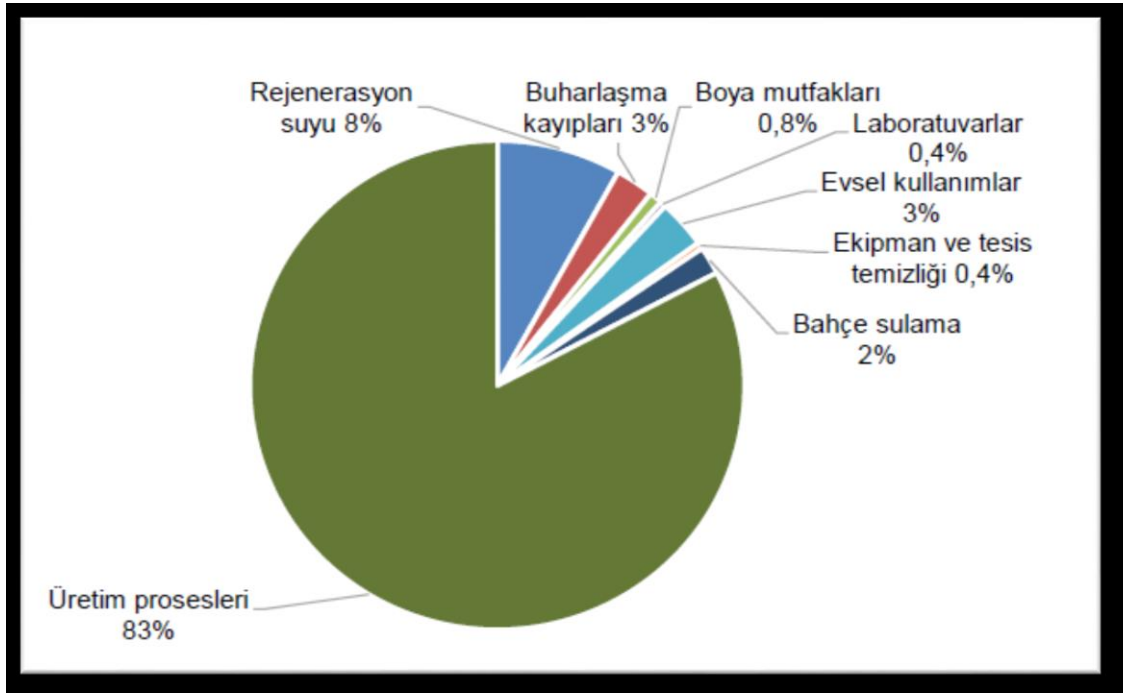
2.3.8. Boyama

Bu aşamada elyafa renk kazandırma işlemi yapılmaktadır. Genellikle reaktif naftol, kükürtlü azotlu, indigo gibi boyalar kullanılarak renklendirme yapılmaktadır (Özkan, 2007).

2.4. Tekstil Endüstrisinde Su Tüketimi

Tekstil endüstrisi kendi içinde birçok yöntem ve uygulama içermektedir. Bu yöntem ve uygulamaların birçoğunda da su kullanılır ve atıksu çıkışı gerçekleşir. (Bisschops ve Spanjers, 2003). Tekstil endüstrisi ıslak proseslerin (ön terbiye, boyama ve terbiye) en önemli girdileri arasındadır. Spesifik su tüketiminin lif tipine, uygulanan tekniklere ve teknolojilere bağlı olarak 3–932 L/kg-kumaş dolaylarında değişmektedir. Mevcut En İyi Teknik (MET) sertifikası almış bir tekstil endüstrisi 10–645 L/kg-kumaş olarak belirtilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise pamuklu ve polyester kumaş terbiye ve boyama işleminde tüketilen su miktarı 20–350 L/kg ürün olarak bulunmuştur (Öztürk vd., 2016).

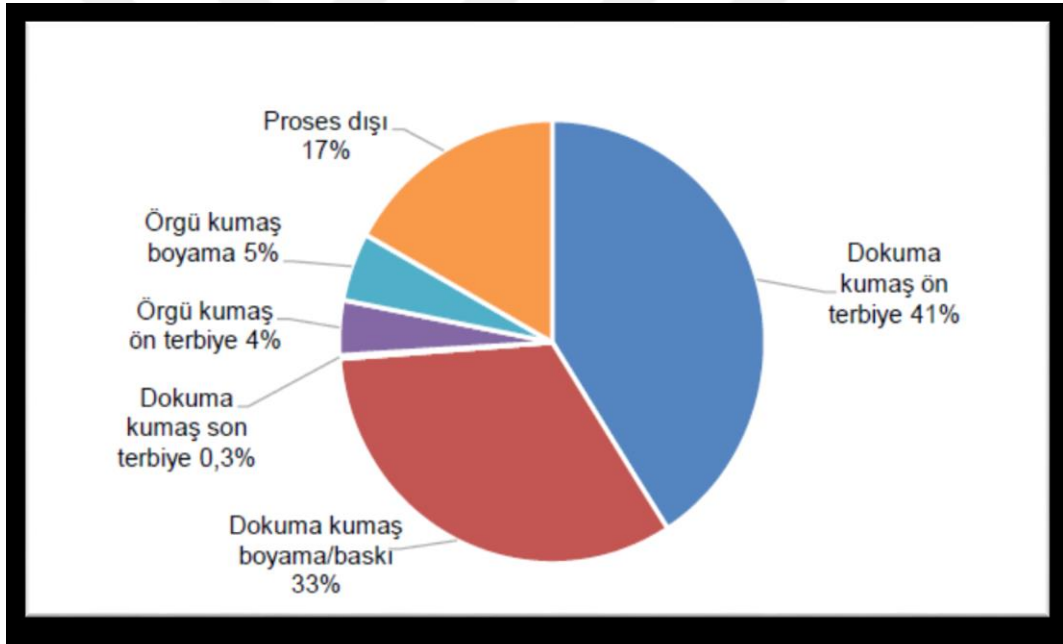
Yapılan bir çalışmada tekstil endüstrisi ön terbiyeleme, boyama/baskılama, bitim işlemler, boya mutfakları, laboratuvarlar, evsel kullanımlar, ekipman-tesis temizliği ve bahçe sulamada kullandığı su tespit edilmiştir. Tekstil işletmesi 2016 yılında ortalama 1.912.592 m³/yıl su tüketmektedir. Bu kullanılan suyun %83'lük kısmını işletmede faaliyet gösteren proseslerde kullanılmaktadır. Genel tekstil işletmesi su kullanım paydaşları Şekil 2.1'de gösterilmiştir (Demirel, 2019).



Şekil 2.1. Tekstil endüstrisi işletmesi su kullanım paydaşları (Öztürk vd., 2016)

Türkiye’de bulunan birçok polyester ve pamuk üreticileri kumaş için terbiye-boyama işlemi ile yaklaşık 70-250 L/kg-kumaş elde edebilmektedir. Bu konuda Devlet Planlama Teşkilatı Sekizinci 5 yıllık Kalkınma Planında tekstil ve konfeksiyon ihtisas komisyonu raporunda <80 L/kg ürün değerine düşürülmesi gerektiği belirtilmiştir (Öztürk vd., 2016).

Yapılan çalışmalar sonucunda tekstil endüstrisinin proses su kullanım dağılımında en fazla terbiyeleme ile devamında kumaş boyama, yıkama/durulama ve baskı proseslerinde su tüketilmektedir. Ayrıca işletmelerde kullanılan taşarla yıkama sistemlerinde su tüketimi oldukça fazladır. Bununla birlikte aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere tekstil tesislerinde kullanılan suyun %41’lik kısmı ön terbiye prosesinde tüketilmektedir. Tekstil işletmeleri proses kaynaklı su kullanım dağılımı Şekil 2.2’de verilmiştir (Öztürk vd., 2016).



Şekil 2.2. Tekstil endüstrisi işletmede proses su kullanım dağılımı

2.5. Tekstil Endüstrisinde Kimyasal Tüketimi

Tekstil endüstrisi birçok kimyasal madde kullanımını konusunda nispeten çok çeşitli ve yüksek miktarda kullanımı ile tanımlanır. Tekstil endüstrisi kimyasal madde kullanımı konusunda üretilen ürünün ağırlığına oranı yaklaşık %10-100 aralığında

değişmektedir (Öztürk vd., 2016). Genel olarak asitler, bazlar, sülfattanlar, enzimler, stabilizatörler, dispersiyon ajanları, geciktiriciler, tuzlar, boyalar, solventler, emülgatörler, fiksaj ve kompleks yapıcılar gibi kimyasal maddeler ile elyafa istenilen özellik kazandırılmak için tercih dilmektedir.

Avrupa Tekstil Endüstrisinde spesifik boyarmadde ve yardımcı madde tüketimleri sırasıyla yaklaşık 10–50 g/kg ürün ve 58–670 g/kg-ürün dür. Pamuklu ve polyester kumaş terbiye boyama fabrikaları için spesifik boyarmadde ve yardımcı madde tüketimleri sırasıyla 0,5–397 g/kg-ürün ve 3–1776 g/kg-ürün olarak bildirilmiştir. Türk tekstil sektörünün genelinde spesifik boyarmadde ve yardımcı madde tüketimleri sırasıyla 10–30 g/kg-ürün ve 100–650 g/kg-ürün olarak bulunmuştur (Öztürk vd., 2016).

Türkiye’de 2019 yılında yapılan bir çalışmada tekstil endüstrisi üretim proseslerinde işletmede boyarmadde tüketimi dokuma kumaş boyama/baskı ve örgü kumaş boyama faaliyetleri yapılmaktadır. Bu işletmenin boyar madde ve yardımcı kimyasal madde kullanımı sırasıyla 338 ton/yıl ve 10.524 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Günlük 30.17 kg/gün ortalama yardımcı kimyasal madde ve boyar madde kullanmaktadır (Demirel, 2019).

2.6. Tekstil Endüstrisinde Oluşan Atıksu

Tekstil endüstrisinde yoğun miktarda kimyasal ve su kullanımı sonucu atıksular oluşmaktadır. Bu atık suyun miktarı üretilen ve kullanılan kumaş veya elyafa uygulanan yöntem ile doğrudan etkilidir (Hynes vd., 2020; Bhatnagar vd., 2014; Bisschops ve Spanjers, 2003). Yapılan araştırmalara göre naylon ve polyester gibi sentetik ve insan yapımı kumaşlar petrol türevi kimyasallardan türemektedir. Çok fazla fosil yakıt ve su tüketimine neden olmaktadır (Hynes vd., 2020). Özellikle sanayi devriminin etkisi sonucu rafineriler, kimya, plastik ve gıda işleme tesisleri gibi birçok endüstri, güçlü renkli, organik içeriği ile karakterize edilen atık su oluşturmuştur ve buna bağlı olarak artan tekstil endüstrisi nedeniyle su kullanımını artırmıştır (Bhatnagar vd., 2014). Ayrıca naylon üretiminde sera gazları açığa çıkması başka sorunların da oluşmasına neden olmaktadır (Hynes vd., 2020).

Yapılan bazı araştırmalara göre tekstil endüstrisi üretim faaliyetlerinde özellikle fiksasyon çalışmasında orana bağlı olarak %50 oranında boyar madde ve kimyasal madde atıksu ile deşarj edilmektedir. Bazı retim prosesinde aderansı artırmak için başvurulan üretim faaliyeti yapılmaktadır. Bunun sonucunda oluşan atıksuda kirlilik yükü artmaktadır. (ztrk vd., 2016). Konvansiyonel atıksu arıtma sistemleri yüksek işletme maliyeti nedeniyle bu tür atıksuların arıtılmasına zorluk çıkarmaktadır (Hynes vd., 2020).

Üretim tesisinden çıkan atıksularda renk bulunması sonucu, alıcı ortama giren güneş ışınlarını kırması sonucu fotosentez olayını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca bu boyar maddelerin bazıları sucul ortamda bulunan organizmaların toksisitesini artırarak kanserojenik ürünlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu toksik etkiler alıcı ortamın yaşam formunu olumsuz etkilemektedir. Alıcı ortamda anaerobik şartların oluşmasına öncülük etmektedir (Hynes vd., 2020). Oluşan anaerobik şartlar nedeni ile suda bulunan boyar maddelerden aromatik aminler oluşmasına neden olmaktadır (Namal, 2017). Bir diğer çalışmada tekstil endüstrisi faaliyetleri için su, enerji, kimyasal kullanımı, çevresel deşarj emisyon çok fazla olduğunu belirtmişlerdir. Tekstil endüstrisi üretim faaliyetlerinde farklı atıksu, gaz emisyonları ve gürültü gibi çevresel kirleticiler oluşmaktadır. Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar maddelerin büyük bir çoğunluğu biyolojik olarak parçalanmaya dirençli olarak üretilmektedir (Hynes vd., 2020).

Özellikle oluşan atıksuların kirlilik yükleri fikse olmayan boyar madde, boyama banyosunda oluşan atık kimyasallar ve yardımcı kimyasal maddeler olduğu görülmüştür (ztrk, 2014). Bu nedenle tekstil endüstrisi artık sularından atıkların uzaklaştırılması önemli bir konudur. Bu nedenle tekstil atıklarının arıtmak için mevcut yayınların ayrıntılı araştırılması, ilgili teknolojinin incelenmesi gerekmektedir. Daha iyi endüstriyel ekoloji için atık su arıtmayı destekleyen proje ve desteklerin yapılması gerekmektedir (Hynes vd., 2020). Tekstil atıksuyu karakteristiği işletmelerin üretim faaliyetlerine bağlı olarak çok farklı oluşabilmektedir. Bu yüzden tekstil atıksularında çözüm nerileri çok spesifik olmak durumunda kalabilmektedir (Namal, 2017). evre konusunda alınan kararlar katılařtıķıa çeşitli su türlerinin verimli bir şekilde arıtılması için daha düşük işletme maliyeti gerektiren ve boyalar gibi refrakter organik maddeleri uzaklaştıran yeni proseslere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda organik bileşiklerin bozunması için elektrokimyasal teknik, ıslak oksidasyon, ozonlama, fotokatalitik yöntemler membran teknolojisi vb. gibi çeşitli alternatif yöntemlerin kullanılabilirliğini araştırılmaktadır

(Bhatnagar vd., 2014). Yapılan çalışmalar ile genel bir tekstil işletmesinde oluşan atıksuyun kirlilik yükü Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Tekstil işletmesi proses çıkış suyu kirlilik yükü (Özkan, 2007)

Proses	Su tüketimi Aralık (L/kg)	Su tüketimi Ortalama (L/kg)	BOİ ₅ (mg/L)	KOİ (mg/L)	Yağ-Gres (mg/L)	Fenol (µg/L)	Cr (µg/L)	Sülfür (µg/L)	Renk
Yün Yıkama	4-78	12	2270	7030	580				
Yün Bitirme	110-660	284	170	590					
Az Su Kullanımlı işler	08-140	9	293	692					
Dokuma Kumaş Basit işletme	12-275	78	270	900	70	50	40	70	800
Dokuma Kumaş Kompleks işletme	11-280	87	350	1060	45	55	110	100	
Dokuma Kumaş Kompleks işletme-Haşıl Sökme	5-508	113	420	1240	70	145	1100		
Örgü Kumaş Basit İşletme	8-393	136	210	870	85	110	80	55	400
Örgü Kumaş Kompleks İşletme	20-378	83	270	790	50	100	80	150	750
İç Giyim ve çorap İşletmesi	5,8-289	69	320	1370	100	60	80	560	450
Halı Bitirme	8-163	47	440	1190	20	130	30	180	490
İplik Stok Bitirme	3,3-557	100	180	680	20	170	100	200	570
Dokuma Dışı Tekstil Bitirme	2,5-83	40	180	2360					
Keçeleştirilmiş Kumaş Bitirme	33-931	213	200	550	30	580			

2.7. Tekstil İşlemlerinde Su Tüketim Optimizasyonu

Tekstil atıksuları üzerinde yapılan incelemelere göre su ve kimyasal tasarrufu yapılması için her bir proses ayrı ayrı ele alınarak değerlendirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Ancak bu her zaman doğru olmayıp iki ayrı prosesten çıkan atıksular karıştığında birbirini nötralize edebilir. Bu nedenle prosesleri hem ayrı hem de birleştirerek oluşan atıksular değerlendirilmelidir (Bisschops ve Spanjers, 2003).

Ayrıca optimizasyon konusunda son teknoloji ürünlerinden destek almak sürdürülebilirliğin ve MET uygulamasına öncülük edecek çalışmalar meydana gelecektir. Bu konuda yapılan bazı çalışmalarda yazılım ve internet ağ sisteminden destek alarak alternatif çözümler üretilmektedir (Hynes vd. 2020). Çizelge 2.2.’de yapılan uygulamalar verilmiştir. (Hynes vd. 2020)

Çizelge 2.2. Uzaktan kontrol teknolojisine dayalı su kalitesi değerlendirme yaklaşımlarının karşılaştırılması

Su kalitesi izleme	ARM İşlemci ve IoT cihazları	Düşük güçlü ekonomik çözüm.	İzleme düğümleri ve sensörleri seçimi
Sudaki besin maddelerinin izlenmesi.	Wi-Fi modülleri ve IoT cihazları ile Arduino kartları	Gerçek zamanlı olarak düşük maliyetli IoT tabanlı sistem	Kimyasal ve fiziksel parametrelerin çıkarılması
Su şebekesi yöntemleri	Bulut tabanlı model	Halkı su kalitesi konusunda bilinçlendirmek için tasarım çözümü.	Ağ oluşturma yöntemlerinin seçimi
Uzaktan su kalitesi izleme	Raspberry Pi modülü tabanlı IoT çerçevesi	Su kalitesi parametrelerini bir uzaktan kumandadan görselleştirme.	Bulut entegrasyon stratejileri
Su sistemlerinin davranış analizi.	yerelleştirme algoritması ve grafik teorisi	Su sistemlerindeki anormal davranışların gözlemlenmesi.	Yerelleştirme sürecinin optimizasyonu

2.8. Temiz Üretim

Nüfusun artması ile beraberinde sanayileşmenin büyümesi çevresel geri dönüştürülemez etkiler bırakmıştır. Çevre üzerindeki en belirgin etkiler; iklim değişikliği ve kaynakların hızla tükenmesi olmuştur. Bunun üzerine kirlilik kontrolü diğer bir adı olan boru sonu arıtım yaklaşımı uygulanmıştır. Bu uygulamanın amacı oluşan atıkların çevreye zararsız hale getirilmesidir. Ancak bu yaklaşım günümüz şartları altında yüksek maliyetler ile karşı karşıya kalmıştır. Bu uygulamaya alternatif olan “temiz üretim” yaklaşımıdır. Temiz üretim yaklaşımı ile işletmelerin verimsiz çalışan ekipmanlar ve alternatif kimyasal madde kullanımının uygulanmamasından kaynaklanmıştır (Demirel, 2019).

Temiz üretim, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak doğal kaynakların kullanımını kısıtlayan emisyonları ve atıkları azaltan veya tamamen ortadan kaldıran veya tamamen ortadan kaldıran bir süreç ürün ve hizmetler bütünüdür (Tunç, 2019)

Temiz üretim kavramını literatürde birçok çalışmada tanımları yapılmıştır. Tekstil üretimi yapan firmaların Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliğine göre bir üretim tesisi, durumu bütünüyle ele alarak çevresel açıdan değerlendirme yapmasını istemektedir. Ayrıca çevresel bütün risklerin ele alınarak giderilmesi konusunda takibin

yapılmasını ifade etmektedir. Yapılan bu tanımlamaya benzer anlam taşıyan farklı ifadeler kullanılmıştır. Bu ifadeler atık azaltma, kirlilik azaltma, yeşil verimlilik, eko verimdir (Öztürk, 2018). Kirliliğin önlenmesi konusunda önemli bir bakış açısı da “proaktif” olarak çevresel konularda duyarlılıktır (Demirel, 2019).

Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de doğal kaynakların aşırı kullanımı küresel ısınmayla birlikte iklimde farklılaşmaya neden olmuştur. Bu sebeple doğada bulunan bazı canlı türleri azalırken bazı türlerin de yok olması kaçınılmaz olmuştur.

Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Teknolojisi Ekonomi ile Endüstri alanında 1989 yılı da Temiz Üretim Programını başlatmıştır. Bu sayede Kurum ve kuruluşlara algı yapılarak sürdürülebilir kalkınmanın yaygınlaşmasına yönelik ilk ve önemli adım atılmıştır. Günümüze gelene kadar birçok firma ve dünya devletleri tarafından ilgiyle konun bilincine vararak tanımıştır. Özellikle 1992 yılında Rio’nun düzenlediği bir genel kongrede birçok çevresel konu gündeme alınmıştır. Sürdürülebilir kalkınma fikrinin uygulanmasında önemli bir yer kaplayan temiz üretim kavramı sıkça konu edinilmiştir. Bu nedenle temiz üretimin sürdürülebilirliğin temel stratejisi olduğu düşünülmüştür (Öztürk, 2018). Temiz üretimde temel amaç ve planlama;

- Malzeme ve enerji tüketiminin düşürülmesi
- Toksik maddelerin kullanımının azaltılması
- Ürünlerin hammadde sürecinden bertarafına kadar çevreye olan etkilerinin düşürülmesi
- Potansiyel çevre senaryolarının önceden planlanması.

şeklinde ele alınması gerekmektedir (Demirel, 2019)

Literatür, tekstil endüstrisinde çeşitli temiz üretim teknikleri önlemlerinin uygulanmasıyla kimyasal tüketiminin %20-50 oranında azaltılabileceğini göstermiştir (Öztürk vd., 2016).

Temiz üretim kavramı, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından “toplam etkinliği artırmak, insan ve çevre üzerindeki riskleri azaltmak için entegre ve önleyici bir çevre stratejisinin proselere, ürünlere ve hizmetlere sürekli olarak uygulanması” şeklinde tanımlanmaktadır (Öztürk, 2018).

Temiz üretimi destekleyen temiz üretim teknolojilerinin paydaşları; maliyetler, sermaye, rekabet, tüketiciler ve iklim olarak sıralayabiliriz.

Pazarda temiz üretimin desteklenmesinde teşviklerin önünü açması ve temiz teknolojiler önemli rol oynamaktadır. Çevre dostu enerji kaynaklarının maliyetinin geleneksel enerji kaynaklarından daha düşük maliyetlere düşmesi temiz üretim için ilgi artırıcı bir güç olabilmektedir.

Temiz üretimin büyüebilmesi için makine ve ekipman alınması ile desteklenebilir. Devlet sübvansiyonu, proje finansmanı ve çeşitli kuruluşlardan sağlanan destekler temiz teknoloji için önemli büyüme faktörleridir (Tunç, 2019). Türkiye’de 2022 yılında Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan “Tekstilde Temiz Üretim Uygulamaları” adlı genelge ile tekstil endüstrisi enerji, su ve emisyon konularında yaptırımlar yayımlamıştır. Bu genelge ile;

- Boyama faaliyetinde bulunan tekstil endüstrisinde yıkamadan çıkan suyun yıkama ve tekrar boyamada kullanılması için hazırlıkların yapılması,
- Su yumuşatma işleminde kullanılan rejenerant (tuzlu su) çözeltisinin içerdiği iyonların uygun teknoloji ile uzaklaştırılması ile elde edilen tuzlu suyun başka proseslerde tekrar kullanılması,
- Yumuşatma sisteminde çıkan suyun ve rejenerasyon sonrası oluşan suların izlenerek sertlik kontrolü takip edilerek durulama yapılırken daha kaliteli su kullanımının önüne geçilmesi,
- Tekstil endüstrisi işletmesinde su kullanımı izlenerek tüm kayıtların tutularak proses kaynaklı su kullanımının takibinin yapılması,
- Oluşan atıksuların arıtılarak tekrar kullanılması ve az kirli suların kullanımına uygun yerlerde kullanılmasının sağlanması,
- Sürekli çalışan makinelerde su debisi kontrolü ve otomatik kapanan vanaların kullanılması,
- Kimyasal maddelerin ayrı ayrı hatlarda verilerek on-line olarak dağıtılması ve uygulamadan hemen önce karışımın yapılması,
- Merserizasyon yapılan işletmelerde merserizasyon durulma sularının membran sistemler ile arıtılması veya kostik içeren suların diğer atıksularda tekrar kullanılmasını sağlamak,
- Su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde Organize Sanayi Bölgesi (OSB) atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun yakın bölgelerde kullanılmasının sağlanması

Hükümlerinin belirlenen zaman aralığında tüm Türkiye’de belirtilen şartları sağlayan tekstil endüstrisi tesislerinde uygulanmasına karar verilmiştir.

Tükenmekte olan mevcut enerji kaynaklarının kısıtlanması rekabet faktörünün etkisindedir. Tükenmekte olan kaynakların maliyetlerinin artması yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımını bir adım öne taşımış olacaktır. Üretilen ürünlerin temiz üretim kaynaklı olmasında tüketicilerin önemli rolü vardır. Tüketicilerin kişisel tercihlerini bu yönde artırmaları gerekmektedir. Kullanılan fosil yakıtlarının iklim değişikliğine neden olması tüketicinin temiz üretim yapan üreticilere yönelmesinde ve üreticilerinde temiz üretim için gerekli sermaye ve yatırımlara yönelik çalışmalarına hız vermelerine zemin hazırlamaktadır (Tunç, 2019).

Çizelge 2.3. Kirlilik kontrolü yaklaşımı ile temiz üretim yaklaşımına dair genel bilgiler (Öztürk, 2018).

Kirlilik Kontrolü Yaklaşımları	Temiz Üretim Yaklaşımları
Üretim sırasında ortaya çıkan atıkların giderilmesi için arıtma yöntemleri ile beraber kirliliğin uzaklaştırılmasını hedef almaktadır. Bu yaklaşımla anlaşılan kirlilik ortaya çıktıktan sonra çözüm yolları aranmaktadır.	Üretim başlamada kirlilik yapacak ürünün kullanılmaması için gereken tedbirlerin alınmasını kapsar.
Üretimden kaynaklı oluşan atıklar üretimin geliştirilmesinden sonra ortaya çıkan atıklar için değerlendirme yapılarak kontrolü sağlanır.	Üretim yapan tesis geliştirilen ürün ile beraber atık konusunu gündeme alarak üretim ve arıtım bir arada düşünülerek etkili bir yol olmaktadır.
Üretim tesisler atıkların temizlenmesini veya azaltılmasını tesis işletmelerine ek bir gider olarak değerlendirmelerini sağlamaktadır.	Tesiste oluşan atıkların başka tesisler için yan sanayi ürünü veya hammaddesi olmasına olanak tanımaktadır. Buda maddi kayıptan ziyade maddi kazanç anlamına gelmektedir.
Kirlilik kontrolü için bir atık bertarafı konularında bilgili ve uzman arkadaşların çalışmasını öngörmektedir.	Çevresel konularda duyarlı olmayı gerektirdiği için üretim yapan tesisin proses sürecindeki personel ile tüm çalışanları ilgilendiren bir yaklaşıma ele almaktadır.
Atıkların bertarafı ve kontrolü için bir şok teknik ve teknoloji ürünlerinde yararlanmak gereklidir.	Üretimin yanında çevresel konularında ele alınması teknik ve teknik olmayan bir üretim prosesini ele almaktadır.
Üretim tesisini denetleyen resmi makamların koyduğu kural ve standartlara uymakla yetinen bir yaklaşım benimsenmesidir.	Temiz üretim ise üretim faaliyeti yapan tesis çevreye duyarlı üretim yapabilmenin bilincinde yeni arayış ve hedefler belirlenmektedir.
İyi ürünün tanımı müşterinin taleplerini karşılaması olarak tanımlanmaktadır.	İyi ürünün tanımı, müşterinin taleplerini karşılamasına ek olarak çevreye duyarlı olması konusunda başarılı olmasını da ele alarak tanımlanmaktadır.
Kalite, müşterilerin ihtiyaçlarına cevap verme olarak tanımlanır.	

Kirlilik kontrolü için harcanan bütçeler zaman zaman değişiklik göstermektedir.(Artan teknolojik ürün ve kullanılan ürün maliyetine bağlı)

Temiz üretimi hedef alan üreticiler ilk yatırımında yüksek harcamalar yapsa da gün geçtikçe uzun vadede işletme ve bakım giderleri daha düşük çıkmaktadır. Temel m-nedeni ise tesiste harcanan enerji-hammadde-su giderlerinin oldukça düşük olmasındadır.

Kirlilik kontrolü ile Temiz üretim yaklaşımı arasında benzerlikler olmasının yanında çokça anlam farklılığı da bulunmaktadır. Bu farklılıklar Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Temiz üretim birçok sektörde olduğu gibi tekstil endüstrisinde de eko verimlilik yaklaşımına uygundur. Çevresel yaklaşım ile verimlilik bir arada düşünüldüğünde çevreye verilen zararın en aza indirilmesi aynı yönde işletmenin genel hammadde su ve enerji giderlerinde olağan düşüş ile üretici büyük bir kazanç elde etmiş olmaktadır. İşletmelerin bu yönlü karlı çıkmasının yanında büyük bir çevresel felaketin önüne geçilerek atıkların oluşumunun engellenmesi, alternatif doğal-çevresel ürün kullanılması, atık azaltılması gibi uygulamalar hayata geçmiş olacaktır.

Temiz üretim ekolojik-verimlilik yaklaşımı, çevreye olan duyarlılığının yanında faaliyet gösteren işletmede verimliliğin artmasına neden olmaktadır. Bu yaklaşım ile aynı eksende hareket eden atığın engellenmesi yaklaşımı yani boru sonu oluşan atık arıtma yöntemleriyle kıyaslandığında önleyici bir yaklaşım sağlayarak, işletmenin verimliliğini artırması ve çevresel kirliliğin önlenmesini desteklemektedir. Atığı oluştuktan sonra kontrol etmek yerine, kaynağında önlemeyi ikinci aşamada ise azaltmayı amaçlar (Öztürk, 2018). Entegre sistemler ile tekstil endüstrisi üzerinde yapılan uygulamalar ile teknik bir takım değişiklik ile modern uygulamalar doğru yönetilmesi ile sürdürülebilir bir yol bularak oluşan çevresel ekonomik ve sosyal problemlere çözümler oluşturulabilir. Modern uygulamalar ile su sistemi üzerinde gerçek zamanlı izlenebilir olmasını sağlayabilir. Araştırmacılar modern yaklaşım ile kontrollü operasyonların çevre kirliliğini azaltarak su tüketimi ve arıtma maliyetlerini düşüreceği konusunda umut verici çalışmaların olduğunu belirtmişlerdir (Hynes vd., 2020).

2.9. Temiz Üretimin Kazanımları

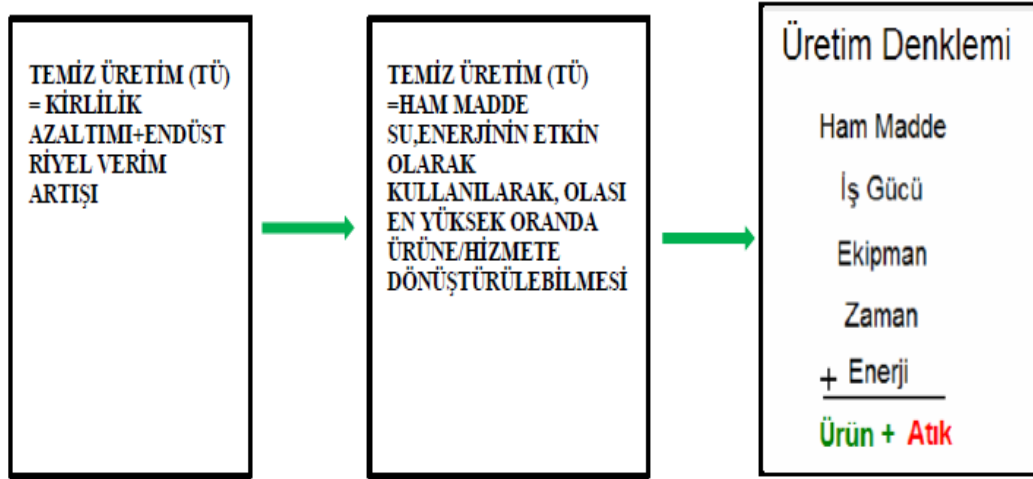
Temiz üretim faaliyeti hem sanayiciye üretim maliyetini düşürmek hem çevreye duyarlı üretim yapmasını sağlamak hem de üretim süreçlerinin verimliliğini artırarak çok yönlü bir kazanç sağlamasına neden olmaktadır. Temiz üretim uygulaması tüm işletmeler için uygulanabilir olması nedeniyle birçok işletmede enerji, malzeme ve su tüketimi konusunda bağımsız olarak uygulanabilmektedir. Yapılan araştırmalara düşük bütçeli yatırım veya işletme içi uygulama değişikliği ile işletmede %10-15 aralığında bir verimlilik elde etmenin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

Temiz üretim uygulaması ile sosyal, ekonomik ve çevresel olumlu etkiler elde edilebilir.

- Sosyal yaşama etkisi: Çevresel konularda iyileştirme yapan üreticilerin toplum nezdinde olumlu etki yapacağı bilinmektedir. Bu da işletmede pazar alanının genişlemesinde önemli etken olduğunu göstermektedir. Atık oluşumunun önlenmesi atıkların kontrolüne kıyasla daha verimli bir yaklaşım olduğu görülmüştür. Ancak temiz üretim atıkların oluşmasını engellenmesinin yanında üreticilerin tüm çalışanlarının da bulunduğu bir uygulama olması nedeniyle daha etkili bir yaklaşım elde edilmektedir.
- Ekonomik yaşama etkileri; Atıkların arıtılması, atık oluşumunu azaltılması gibi uygulamalar temiz üretim kadar etkili olamamışlardır. Temiz üretim doğal kaynakların korunmasında en etkili yöntem olarak görülmektedir. Özellikle firmaların su, enerji ve kullanılan kimyasal maddelerin azaltılması veya yeniden kullanılmasının önünü açarak üreticilere kazanç sağlayan bir çözüm olanağı tanımaktadır. Daha önceleri oluşan atıkların arıtımı için ekstra maliyetler ile karşılaşmıştır. Temiz üretimin yaklaşımı ile ekonomik kazanımlar için iyi bir çözüm olduğu görülmüştür.
- Çevresel yaşama etkileri: Temiz üretim uygulamasının en önemli belirleyici parametresi çevreyi korumaya yönelik uygulamalarıdır. Özellikle insan ve çevrenin korunarak doğanın korunmasında önemli rol üstlenmiştir. Üreticilerin ürettiği tehlikeli atıkların azaltılması ile yeterli enerji ve su kullanılması ile çevresel kazanımlar oluşmaktadır. Genel olarak temiz üretim uygulaması çevresel ekonomik ve sosyal konularını kapsayarak üretici ve tüketicilerin bilinçlenmesiyle hem olumlu

yönde rekabet ortamı yaratmada hem de çevrenin korunmasına yardımcı olmaktadır (Öztürk, 2018).

Temiz üretim uygulamasının, atık miktarının azaltılması ile birlikte verimliliğin artışının hedeflenmesi Şekil 2.3.'de anlatılmıştır (Öztürk, 2018).



Şekil 2.3. Temiz Üretim Faaliyeti kısaca gösterimi (Öztürk 2018)

2.10. Türkiye’de Temiz Üretim

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de tekstil endüstrisinden kaynaklı atıkların çevresel boyutta oluşturdukları tehlike için çözüm aranmıştır. Bu bağlamda AB üyelik sürecinde endüstri kaynaklı oluşan çevresel kirlilik için yasal düzenle yaparak Türkiye tekstil sektöründe kirliliğin önlenmesi ve kontrolü amacıyla 14.12.2011 tarihinde “Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Tebliği (TSEKÖKT)” yayınlanmıştır. (Çavuşoğlu, 2015; Öztürk, 2018). Tebliğ ile günlük üretimi 10 ton üzerindeki çeşitli terbiye, boyama, baskı ve bitim işlemleri yapan tekstil üreticilerini kapsamaktadır (Öztürk, 2014).

2.11. Tekstilde Temiz Üretim

Tekstil endüstrisinde temiz üretim; hammaddelerin %100’e yakın kısmının kullanılması, oluşan atıklarda bulunan yardımcı kimyasal maddelerin tekrar kullanımı veya geri dönüşümünü sağlamaktır. Temiz üretimin temeli kirlilik unsurunun

oluşturduğu problemin çözümü için gereken önleme eğer yapılamıyorsa azalma yapmaktır. Aynı zamanda çevrenin korunmasının yanında üreticiye olumlu yansıtacak bir uygulamanın yolu açılmıştır. Bu stratejinin olumlu olarak yürüyebilmesi için pek çok alandan yararlanmak gereklidir. Çevre yönetim sistemi, çevresel iletişim, çevresel tasarım ve raporlama, eko-verimlilik, çevresel vergiler, çevresel etiketleme, çevresel denetim olarak verilebilir (Öztürk, 2018).

Mevcut En İyi Teknolojiler (MET) işletmeler için fayda ve maliyeti göz önünde bulundurarak çevreyi yüksek düzeyde korumanın en iyi yoludur. Bir işletme ilk kurulumundan başlayarak işletilmesi gerekli cihaz ve makinanın temin edilmesine kadar geniş alanda çevresel konuları değerlendirerek temiz üretim süreci başlatılabilmektedir. Bu nedenle MET uygulanması temiz üretim yaklaşımının ayrılmaz parçasıdır. Bazı MET uygulamaları için yüksek maliyetli yatırımlar yapmadan sağduyulu çalışma ile MET çalışmasını başarılı bir şekilde uygulamak mümkündür. MET uygulamasında verilen tekniklerin yürütülebilmesi için bazı kriterler vardır. Bu kriterler;

- Atıkların oluşturmaya teknoloji tercihi
- Çevreye ve insana zararlı olmayan maddelerin tercihi
- Üretim kaynaklı oluşan atıkların yeniden kullanımı veya geri dönüşümünün tercihi
- Uygun görülen firmaların proses ve uygulamalarını göz önünde bulundurmamak.
- Eklenen bilgi ve teknolojilerin tatbik edilmesi
- Oluşan emisyonların etkilerinin ve kapsadığı alan değerlendirilmeli
- Uygulanacak proses veya yeni ekipmanların faaliyete geçme süresi
- MET uygulamasının başlama zamanı
- Proses kaynaklı kullanılan su ve enerjinin sarfiyatının takibi
- Emisyonların çevre ve insan üzerindeki etkisinin önlenmesi veya düşürülmesi,
- Çevresel kazaların önlenmesi için gerekli tüm önlemlerin alınması.
- Ulusal veya uluslararası alanda bir karşılığının olması olarak sıralayabiliriz (Çavuşoğlu, 2015).

Tüketicinin çevre bilincinin artırılması ile çevreye duyarlı üretim yapan üreticileri tercih etmesini, rekabet gücü ve pazar payını bu yönde artırarak çevre dostu ürünleri piyasaya sürmesine yönlendirme yapmış olur (Alper, 2015).

Dünyada bir ekol haline gelen Temiz üretim uygulamaları Türkiye’de geniş yankı uyandırmıştır. İlk kez İzmir’de başlatılan bir uygulamadır. Uygulamanın 2011-2015 yıllarını kapsayan bir dönemde yürütülmeye başlanmıştır. Gerçekleştirilen diğer temiz üretim ve eko verimlilik projeleri; “Tekstil Sektöründe Temiz Üretim” (Adıyaman, Malatya, Kahramanmaraş ve Gaziantep) ve “Uluslararası Milletler Endüstri Geliştirme Organizasyonu (UNIDO) Kayseri ve Niğde’de Temiz Üretim (Eko-verimlilik) Programları” uygulanmıştır (Tunç, 2019).

2011 yılında temiz üretim konusunda Türkiye’de faaliyet gösteren Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) konuya dâhil olmuştur. Bunlardan ilki, Fas’da faaliyet gösteren bir şeker fabrikasında, temiz (sürdürülebilir) üretim kapsamında gerçekleştirilen proses iyileştirmeleridir. Fabrika üretim sürecinde yüksek oranda su tüketiyor ve bunun karşılığında da yüksek oranda atıksu çıkışı görülmektedir. Oluşan atıksuda askıda katı madde (AKM), organik atık görülmektedir. Yapılan analizlere göre organik ürünlerin %50’lik kısmı atıksuda görülmektedir. Fabrikanın yıllık atık oluşumu göz önüne alındığında, 200 bin ton katı ve 120 bin ton CO₂ emisyonunu çevreye yayararak çevresel felaket oluşturmaktadır. Bu yanlış işletme sürecinin iyileştirilmesi için bir takım işletme içi düzeltmeler yapılmıştır. Su ve üretim maliyetini düşürmek için yapılan bu iyileştirmeler,;

- Yıkama proseslerine müdahale edilmiştir.
- Yeni ekipman temini yapılmıştır.
- Sıcak su kazanımı ve soğuk su geri kazanımı için ek ekipman tedarik edilmiştir (esanjör sistemi).

Yapılan iyileştirmeler sonucunda işletmede çevresel kirliliğin önüne geçilmiştir. Su kullanım miktarı düşmesi ve enerji giderinin düşmesi işletmedeki giderlerin düşmesine neden olduğu için üretim de karlılık oranı yükselmiştir (Tunç, 2019).

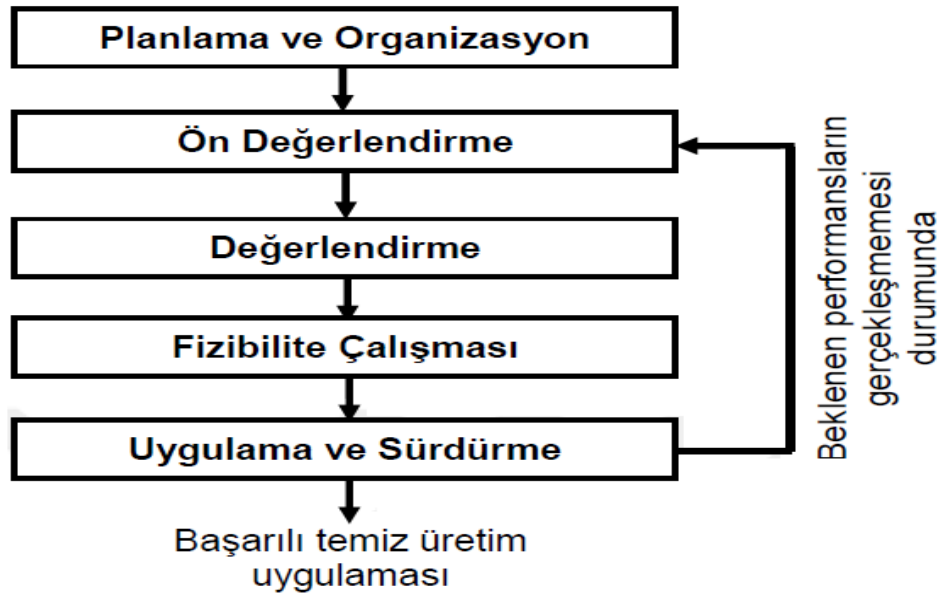
2.12. Temiz Üretim Uygulama Metodolojisi

Temiz üretim uygulaması bir düzen içinde uygulanması gerekmektedir. Bu düzen, için kullanılan kimyasal madde işletmede hammaddenin kullanılma oranını kapsayan, işletmede enerjiden kaynaklı gereksiz kullanımın verimli hale getirilmesi, oluşan

atıklarında içinde bulunduğu teknolojik iyileştirmelerin oluşturduğu bir düzendir. Temelde 5 ana başlık altında temiz üretim uygulamasını hayata geçirmek mümkündür. Bunlar;

- Planlama ve Organizasyon
- Ön değerlendirme
- Değerlendirme
- Fizibilite Çalışması
- Uygulama ve Sürdürme

Temiz üretim metodolojisinin uygulama sıralaması şekil 2.4.'de verilmiştir.



Şekil 2.4. Temiz üretim değerlendirme şeması (Demirel, 2019).

2.12.1. Planlama ve organizasyon

Her işletmenin bir çalışma yöntemi ve düzeni bulunmaktadır. Ancak planlama ve organizasyon her işletmelerde temiz üretim uygulamasının iyi bir şekilde uygulamak isteniyorsa en önemli aşmadır planlama ve organizasyondur. Teknik bilgiye sahip personel ile temiz üretim faaliyetini yürüten ekip var olan problemleri giderme ve çözümlene belirlenmiş olur. Ayrıca bu aşama yönetimin taahhüdü ve katılımının sağlanmasını da içermektedir

2.12.2. Ön değerlendirme

Ön değerlendirme aşamasında işletmede başlatılacak uygulama ve prosesler bu kısımda belirlenmektedir. İşletmenin işleyiş planı ve işletmeye giren ve çıkan ürünler hakkında değerlendirme ve miktar belirlemesi bu aşamada yapılmaktadır.

2.12.3. Değerlendirme

Yönetim kapsamında işletme içerinde yürütülen faaliyetlerin tümü ele alınır. Bu Ön değerlendirmede yapılan faaliyetlere ek olarak işletmenin kütle ve enerji denkliği hakkında sonuçlar elde edilir. Elde edilen sonuçlar neticesinde verimlilik analizi gözlemlenebilmektedir. İşletme içerinde oluşan veya oluşması muhtemel olan verimsizlikler veya eksiklikler göz önüne serilmektedir. Alınacak veriler ne kadar geçmişe dönük olursa daha sağlıklı veriler elde edilerek üretim verimi hesaplaması ve performansı tespit edile bilmektedir. İşletmede geriye dönük veriler sayesinde temiz üretim tekniği ve fizibilitesi çıkartılarak kıyaslama ve verimsizlik için alınacak önlemlere yol haritası belirlenmiş olur.

2.12.4. Fizibilite

Uygulanacak temiz üretim faaliyetinin ekonomik açıdan, çevresel açıdan ve fiziki-teknik açıdan gözlemlenerek işletmede üretilen ürünün kalitesinden üretim zamanı, uygulanan teknik çalışmaya kadar bir çok noktada değerlendirmelerin sonuçları detaylı olarak takip edilir. İşletmede ekonomik ve finansal açıdan değerlendirmelerde incelemeye tabidir. Mali açıdan fizibilite, alacak ve geri ödemelerin zamana göre ödeme ve alacakların takibinin yapılmasını içermektedir.

2.12.5. Uygulama ve devamlılık

İşletmede temiz üretim faaliyetinin fayda maliyet analizinin yapıldığı son noktadır. Faaliyet gösteren işletmenin planlama, değerlendirme ve sonuçların bir araya getirilmesini oluşturan temiz üretim aşamaları son olarak uygunluk ve devamlılık noktasında takibin yapılmasını içermektedir. Faaliyet gösteren işletmede yanlış

uygulanan bir faaliyetin performans kayıpları tespit edilmesi halinde tekrar sürecin değerlendirme sürecine dönülerek çözüm arayışları yapılmaktadır (Demirel, 2019).

2.13. Temiz Üretimin Desteklenmesi

Temiz üretimin şirketler üzerinde uygulanması halinde mevcut iş ve ürünlerin ötesine uzanmasına imkân vermiş olur. Bu stratejiyi benimseyen firmalar çevre sorunlarının çözümünde öncülük etmiş olurlar. Temiz teknolojileri kullanarak ürün ve hizmet tasarımı yenilikçi fikirlerin ortaya çıkmasına yardımcı olurlar. Kirlilik önleme ve ürün yönetimi stratejilerinin çevresel ölçütleri çevresel verimlilikle bir arada düşünülürken, temiz üretim stratejisi çevresel ölçütleri malzeme enerji tüketiminin azaltılmasında doğrudan ilişkilidir. Temiz üretimin desteklenmesinde temiz teknolojilerin öncülük etmesi kaçınılmazdır. Bu bağlamda şirketlerin becerilerini geliştirmeli ve gelecekteki pazar paylarını şimdiden yakalamış olurlar ve literatür çalışmaları konuyu destekler niteliktedir.

Temiz üretimin desteklediği enerji kaynakları çevre dostu çözümler bularak çevrenin korunmasında çok önemlidir. Çeşitli teknolojiler ile güneş, rüzgâr ve hidroelektrikten biyo-yakıtlara, yeşil transfer ve yeşil binalara kadar geniş alanlara yayılması kaçınılmazdır. Temiz üretimde girişimcilerin duyarlılığı sayesinde yatırımcıların bu yönlü yatırımlarını yapmalarına sebep olmaktadır. Hem bir şirket hem de bir sistemin parçası olan üreticiler topluluğu (Organize Sanayi Bölgesi (OSB), sanayi siteleri, vb.) çevreye olan görevlerle beraber mali açıdan bir kazanç elde edilmesinin önünü açmaktadır. Temiz üretimin tam olarak uygulanabilmesi yani verimli bir temiz üretim faaliyetinin yürütülebilmesi için sadece işletmenin değil tüm fabrika ekosisteminin tam bir uyum içinde çalışarak oluşan atığın bir diğer fabrikaya hammadde olarak girmesine olanak tanınmasıyla yani endüstriyel ekoloji dengesinin kurulması ile mümkün olmaktadır. Bu noktada temiz üretimin sürdürülebilir olmasıyla endüstride karşılıklı bir sinerji ortamı yakalayarak çevreye olan bilincin yayılmasına olanak tanınmış olacaktır (Tunç, 2019).

2.14. Mevcut En İyi Teknikler (MET)

Avrupa Birliği (AB) tarafından 1996 yılında yayınlanan entegre kirlilik önleme ve kontrol direktifi (IPPC-Integrated Pollution Prevention and Control) yasal faaliyetlerle endüstrilerin çevreye olan davranışlarını denetleyen ve izin veren şartı getirilmiştir (IPPC-2008). IPPC direktifi, işletmelerin verilen sınır değerler kontrolünde faaliyetlerini yürütebileceğini belirleyen “Mevcut En İyi Teknikler (MET)” uygulaması hava, su ve toprağın korunmasına yönelik entegre bir yaklaşım benimsenmiştir (Çavuşoğlu, 2015). Faaliyet gösteren işletmelerin çevresel konularda yapacakları yatırımlar çevreye verdiği zararın gitmesinin yanında işletmelere ekonomik olarak kalkınma, kar ve gelecek planlarına öncülük edecek hamlelerin oluşmasına yardımcı olacaktır. Aynı zamanda bu yapılan hamleler devlete olan karlılık anlamına gelmektedir. Böylece iki kesimde faydasına olan bir gelişme yaşanmaktadır.

Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Tebliği (2011,2015) içinde bolca yer verilen MET; önceliği atıkların ve çevreye olan zararının önlenmesi eğer mümkün değilse kaynağında azalma politikası uygulamaktır. İşletmeler ve faaliyet gösteren kurumlara deşarj ve emisyon için sınır değerlere ulaşmalarında yardımcı olarak belirli tekniklerin uygulamasını göstererek en etkili bir biçimde tatbik etmektir. Bu bildiriye göre Temiz Üretim Planı; faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların 5 yıllık planlar yaparak bu planlar çerçevesinde MET uygulamalarını hayata geçirmeleri ve gerekli sonuçların elde edilmesinin takibi yapılarak rapor haline getirilmiştir (Öztürk, 2018).

2.15. Tekstil Sektörü İçin Dünya’da ve Türkiye’de Uygulanan MET Örnekleri

Bir tekstil işletmesi yaklaşık %30 oranında su ve %9 oranında kayıp ısının kazanılarak yeniden işletmede kullanılmasını sağlamışlardır. İşletmede yüksek miktarda su çıkışının görüldüğü proseslerden yumuşatma ünitesine su akışı yönlendirilmiş ve ısıtmada açığa çıkan atık ısının kullanımı ile sağlanmıştır (Kocabas, vd. 2009).

Boyama sonrası işletmede açığa çıkan atıksular incelenmiştir. Boyama sonrası kumaş su ile durulanmaktadır. İşletmede bu faaliyetin sonucunda oluşan atıksular tekrar kullanılması sağlanarak mali ve çevresel acısan faydalı olacağı ön görülmüştür (Eren, 1999).

Tekstil fabrikasında temiz üretim amaçlı faaliyetler yürütülmüştür. Yapılan faaliyetler, proses kontrolü, atıkların kontrolü, ve eğitim çalışmalarıdır. Temiz üretim kapsamında tekstil işletmesinin su tüketiminde yaklaşık %4, ve tüketilen enerjide %2'ye yakın sonuç elde edilmiştir (Odabaşı, 2001).

Bir farklı tekstil firması küçük bir yatırım ile çalışma zamanı, yönetiminin ayarlanması ve atıksularını tekrar kullanımı ile su, enerji ve kimyasal kullanımının düşürülerek büyük kazanımlar elde edebileceğini tespit etmiştir (VNCPC, 2000).

Bir işletmede bir depo yapılması sonucu oluşan atık suların tekrar kullanılması hedeflenerek üretim yöntemi ve bir deponun yapılması sonucu yaklaşık 47 bin dolar kazanç sağladığı tespit edilmiştir (Geveci ve Karakoç, 1999).

Ülkemizde ise tekstil endüstrisi alanında faaliyet gösteren bir firma 348.000 dolar bütçe ile üretim sürecindeki makinelerde güncelleme yapılmıştır. Bu değiştirilen makinelerin yanında hammadde de yapılan yenilik ile işletme enerji ve kimyasal madde tasarrufu sağlamıştır. Değişimin neticesinde bir yılda 630 bin dolar tasarruf edilmiştir. İşletmenin karının yanında çevreye verdiği zarar minimuma inmiştir (Öztürk, 2018).

Yapılan hesaplamalara göre %59 su, %12 elektrik, %20 buhar %16 doğal gaz, %26 yardımcı kimyasal %19 boyar madde kullanımında bir geri kazanım söz konusu olabilmektedir. Bu kazanımın elde edilmesinde MET uygulamalarını büyük önemi vardır. MET uygulamasının işletmeye geri kazanımının yanında çevresel olarak %64 atıksu çıkış suyu, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerinde %25-60, çevreye salınan emisyonların %23 ve katı atıkların ise %5 lik kısmında bir düşüş sağlanmasıyla yüksek oranda çevreye duyarlı bir faaliyet yürütülmüştür (Demirel, 2019).

Bu sayede su, enerji ve kimyasal madde kullanımı azaltılarak çevre kirliliğini azaltılmıştır. MET uygulamasının yapıldığı Türkiye'de bir tekstil endüstrisinde çeşitli temiz üretim önlemlerinin alınması ile su tüketim potansiyeli yaklaşık %15-79 oranında azalacağını bildirmiştir (Öztürk vd., 2016).

14.12.2011 tarihinde Resmi Gazete 'de paylaşılarak yürürlüğe giren ve 10.03.2015 tarihinde revize edilen Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği kapsamında; Dış giyim ürünlerini üreten bir tekstil firması bir çalışmada çevreye verebilecek zararların minimuma düşürülmesi için, üretim faaliyetinde başlayarak havaya, suya, toprağa, salınacak tüm atıkların (katı-sıvı-gaz) gözetlenerek temiz üretimin

getirdiği yeni teknolojiler ile enerji ve kimyasal madde kullanımına ilişkin araştırma yapılmıştır.

Bu kapsamda sistemdeki tüm prosesler incelenmiş ve bu tebliğ kapsamında yer alan MET ile yapılabilecekler tespit edilerek tavsiyelerde bulunulmuştur. Sonuç olarak ozonlama ve lazer teknolojisi ile su ve kimyasal kullanımında yüksek oran da tasarruf sağlanmaktadır (ztrk, 2018).

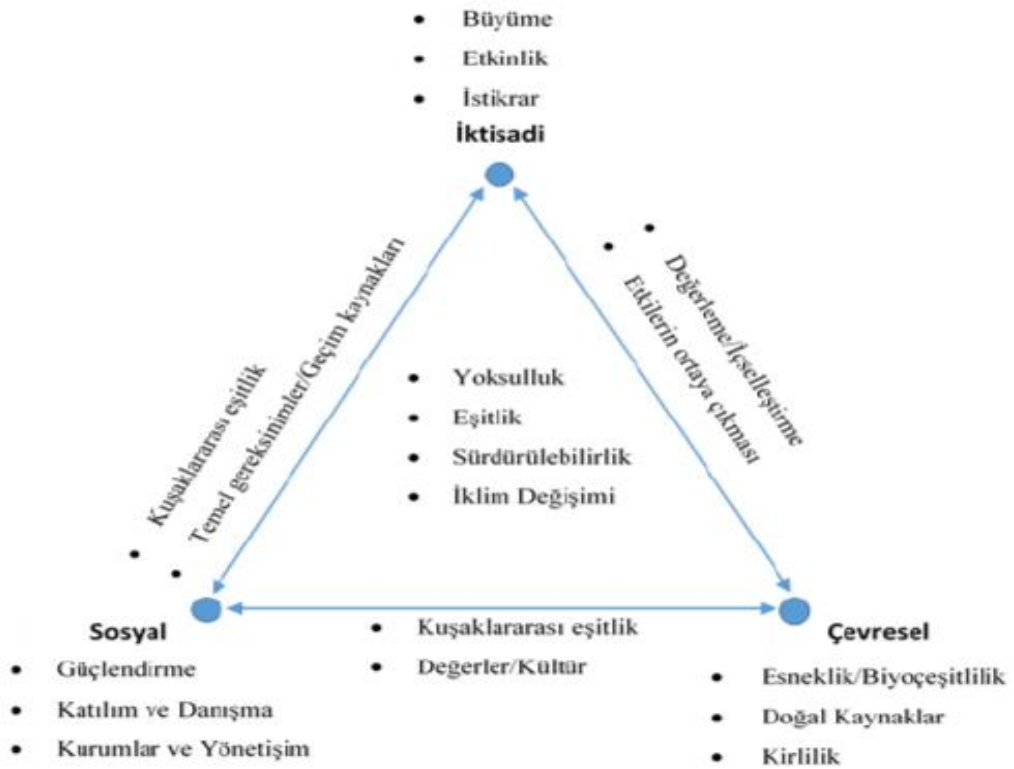
2.16. Sürdürülebilirlik

Kirleticilerin ortaya çıktıktan sonra arıtılarak bertarafı olarak uygulanan çevreye yönelik uygulanan politikalara “Kirlilik kontrolü” (ya da “boru-sonu”) yaklaşımı olarak nitelendirilmiştir. Ancak bu yaklaşım işletmelerin artan girdi maliyetleri ve oluşan atıkların bertarafı için harcanan maliyetlerin artması bu yöntemin uygulanabilir olmasının önüne geçmiştir. Özellikle tüketiciler ve devletler işletmelere bu konuda baskılar uygulayınca yeni alternatif çözümler aramalarına sebep olmuştur. Bu kirlilik kontrolü uygulamasına çözüm olarak işletmelerin tesis içinde çok küçük yatırımlar yaparak madde kaybı azaltan veya enerji verimliliğini artıran ekipmanları kullanması alternatif çözümler olmuştur. Buna ek olarak en iyi yapılacak uygulama ise kullanılan hammaddenin yerine evre duyarlı hammadde ile değiştirilmesi veya daha az kirlilik üreten ürünlerin tercih edilmesi işletmeleri çevreye duyarlı bir faaliyet yürütmelerine imkân tanımıştır. Bu uygulama ile sürdürülebilirlik kavramının temelleri atılmıştır (Menteşe, 2017; avuşoğlu, 2015). Bir diğer deyişle çevrede sürdürülebilirlik, doğal evre ve kaynakların gelecek nesillerin de kullanım hakkını gözeterek tüketicilerdir. Sürdürülebilirlik, sanayi devriminin başlamasıyla dünyada doğal kaynakların çok hızlı tüketicilerle gündeme gelmiştir. Tüm sanayi işletmelerinin girdi olarak doğal kaynakları kullanması veya doğal hayata zarar vermesinin önüne geçmek için sanayi kuruluşlarının da üzerine durduğu bir konu olmuştur. Temel amacı doğal kaynakların Őuan ile gelecek nesil arasında adil olarak dağıtılması olarak da açıklanabilir (Ağraş ve etinkaya, 2023; Alper, 2015). Ayrıca retim ve hizmet sektörünün çevreye daha az zararlı ürünleri tercih etmeleri ile üretim ve kullanım sürecinde gerekli olan su ve enerji ihtiyaçlarının maliyetlerini aşağya çekmiştir (avuşoğlu, 2015).

Sürdürülebilirliğin temelinde çevre sorunlarının (iklim değişikliği, toprak kaybı ve çölleşme, biyoçeşitlilikte azalma, hava, su ve toprak kirliliği) insan yaşamı ve ekonomiler üzerindeki etkilerinin artması yatmaktadır. Bu konuda daha kapsamlı çözümlerin üretilmesi disiplinlerarası ve çoğulcu bir yaklaşımla çözülmesi gerektiği belirtilmiştir (Yeni, 2014).

Ulusal bölgesel ve yerel faaliyetlerin sonucunda “sürdürülebilir kalkınma” adında bir tanım söz konusu olmuştur. İlk defa 1920’li yıllarda gündeme alınan politik ve küresel faaliyetlerin bir uzlaşması sonucu ortaya çıkmıştır (Öztürk, 2018).

Sürdürülebilirlik, 3 ayak üzerinde konumlandırılması anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır (Şekil 2.5). Bunlar sosyal, ekonomik ve çevresel olarak ele alınarak detaylandırabiliriz (Yeni, 2014).



Şekil 2.5. Sürdürülebilirliğin temel bileşenleri (Yeni, 2014)

Bu kavramın ortaya çıkmasında çevresel kaygılar, yenilenemeyen kaynakların giderek azalması, katı yasalar, enerji maliyetlerinin düşülmesi istenmesi yatmaktadır. En önemli neden ise tüketici kitlesinin çevre dostu ürünlere yönelmesiyle şirketler bu yönde yolmalarına öncülük etmektedir (Alper, 2015). Bir diğer deyişle yaşama, aralarında bir

denge olduğunu varsayım kabul edilmiştir. Bu varsayım çevre ile ekonomiyi bir arada düşünen ve bir denge politikasının olduğuna değinilmiştir. Böylece sürdürülebilirlik kavramı, yeşil faaliyetler bütünü oluşturmaktadır. Bu faaliyetinin en önemli ayağı işletmedir. Bu bağlamda işletmelere çok fazla görev düşmektedir (Ağraş ve Çetinkaya, 2023; Tunç, 2019).

Sürdürülebilirliğin temelinde ise çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlar bulunmaktadır (Çizelge 2.4.) (Ağraş ve Çetinkaya, 2023; Menteşe, 2017). Ürün geliştirmeye ilişkin sağduyulu yaklaşım ve iyi bir iş uygulaması anlamını taşıyan ekoverimlilik, Dünya Sürdürülebilir Kalkınma ve İş Konseyi'ne (WBCSD) göre, daha az etkiyle daha çok değer yaratma, paralel ekonomik ve çevresel verimlilik (Öztürk, 2018).

Çizelge 2.4. Sürdürülebilirliğin temel bileşenleri

Ekonomik Ölçütleri	Çevresel Ölçütleri	Sosyal Ölçütleri
- Toplam gelir	- Çevre yönetiminde çalışanların oranı	- Toplam çalışan sayısı
- Vergi öncesi kazanç	- Enerji tüketimi	- Eğitim kadrosu
- Net gelir	- Su tüketimi	- Eğitimlere çalışan katılımı
- Hisse başına kazanç	- Seragazi emisyonları	- Kadın yönetici oranı
- Mal, hizmet ve malzeme alımı toplam harcaması	- Yıllık kişi başı atık miktarı	- Çalışan sayısında değişim
- Borç ve temettülere faiz	- Kağıt tüketimi	- Endüstriyel kaza ve hastalıkların raporlanması
- Ödenen vergiler	- İş seyahati	- Yaralanma ve ölüme bağlı kayıp gün sayısı
- Devlet sübvansiyon ve yardımları	- Toplam malzeme tüketimi	- Çalışan başına eğitim süresi
- Bağışlar	- Atık geri dönüşümü	- Stajyer sayısı
- Ar-ge yatırımları	- Kullanılmış ürün iadeleri	- Personel maliyeti
- Sermaye harcamaları	- Uygunsuzluk cezası ve yaptırımlar	- Engelli çalışanlar
- Nakit akışı	- Suya karışan emisyonlar	- Fikir yönetimi ve çalışan katılımı
- İSG harcamaları	- Atık su hacmi	- Sosyal kriterleri sağlayan tedarikçiler
- Kültür ve toplum için yapılan toplam harcama	- Toplam çevre koruma harcamaları	- Yarı zamanlı çalışan oranı
- Toplam personel maliyeti	- CO ₂ emisyonu	- Çalışan projeleri sayısı
- Vergi sonrası sermaye getirisi	- Sürdürülebilirliğe katkı sağlayan hizmet sayısı	- Eğitim harcamaları
- Fon tahsisleri (temettü, ücret, sosyal hak, vergi, harç, faiz, yedek)	- Toz emisyonu	- Çalışanların ortalama hizmet yılı

Sürdürülebilirlik, iyi bir gözlem sonrası geri dönüşümün maksimum olduğu, yani tamamen kapalı ve izole bir sistem içinde gerçekleşebilir. Bu da ancak döngüsel ekonomi ve sıfır atık ya da beşikten beşiğe gibi yaklaşımlarla mümkün olur (Ağraş ve Çetinkaya, 2023; Tunç, 2019).

Sürdürülebilirlik fabrikalar için gelecek kaygılarını ortadan kaldırmaya neden olacak bir çıkış noktası olmuştur. İşletmeler bu bağlamda tedarikçileri, üretim prosesi, personeli, marka imajı, ürün portföyü, gelecek hamleleri, kullanacağı cihaz teknolojisi, yönetim kadrosu gibi geniş bir kitleyi sürdürülebilirlik konusunda toplu eyleme geçirmek zorundalardır. Bu nedenle planlı ve stratejik yaklaşmak kaçınılmazdır. Aksi durumda sürdürülebilirlik tam manasıyla başarılı olamaz (Tunç, 2019).

2.17. Tekstilde Sürdürülebilirlik

Tüm sektörlerde olduğu gibi tekstil sektöründe de sürdürülebilirlik kavramı gün geçtikçe önem kazanmıştır (Ağraş ve Çetinkaya, 2023; Üner ve Başaran, 2016). Özellikle toplumsal tepkileri azaltmanın bir yolu olarak çevreye duyarlı ve sürdürülebilirlik kavramı tekstil sektörüne girmiştir (Ağraş ve Çetinkaya, 2023).

Çevre sorunlarının artmakta olmasının nedenlerinden birisi de, çevre korumaya yönelik boru-sonu yaklaşıma dayanan yatırımların çok yüksek maliyetli olmasıdır. Çevresel duyarlılık kavramının beraberinde sürdürülebilirlik kavramının doğmasına neden olmuştur (Ağraş ve Çetinkaya, 2023; Çavuşoğlu, 2015). Tekstil ve hazır giyim sektöründe sürdürülebilirlik uygulamalarının artması için hem işletme hem de tüketicilerin bilinçlendirilmesi önemlidir. Hammaddelerin tekrar kullanılabilmesi ve doğaya minimum atık bırakılması gerekmektedir. Bu nedenle tekstil ve hazır giyim ürünlerinin tekrar değerlendirilmesi ve geri dönüştürülmesi oldukça önemlidir (Üner ve Başaran, 2016). Buna ek olarak, son 20-30 yılda artan çevre duyarlılığı özellikle gelişmiş ülkelerde yaşayan tüketicilerin artan bir şekilde üretim, kullanım ve kullanım sonrası süreçlerde çevreye daha az zarar veren ürünleri ve süreçleri tercih etmelerine neden olmuştur (Çavuşoğlu, 2015).

Tüm işletmelerde olduğu gibi tekstil endüstrisi faaliyetlerini ekonomik toplumsal ve çevresel boyutta ele almaları gerekir. Ayrıca kaynaklarda sürdürülebilirlik ticari olarak

bir rekabet unsuru olabileceği belirtilmiştir. Bu rekabetçi unsurun çevresel olumlu etkileri, etkin kaynak kullanımı ve atık çıkışının düşürülmesine yönelik yaklaşımların oldu çalışmalar belirtilmiştir. Ticari geliri artırmaya yönelik olumlu izlenimler vermiştir.

Bir başka çalışmada sürdürülebilirliğin, işletmeciler için yeni ürünler ortaya koymaları yeni makine ve ekipman tedarik etmeleri konusunda ikna edebilecek kabiliyette olduğunu göstermiştir. İşletme sahipleri için hayatta kalmak sürdürülebilirliğin bir parçası oldu belirtilmiştir. Sürdürülebilirlik konusunda başarılı olan işletmeler ticari gelirlerini artırmaları kaçınılmaz olmuştur (Tunç, 2019).

Sürdürülebilirliğin tekstilde uygulanması üretim sürecinde alınacak basit önlemler, oluşan atık miktarının düşmesi, oluşan atığın alternatif uygulamalarda girdi olarak kullanılması gibi çözümleri doğurmuştur. Bu yaklaşım ile atık azaltma geri kazanım ve yeniden kullanım gibi konular üzerine yapılan araştırmalar artış göstermiştir. Böylece kirlilik kontrolü yerini sürdürülebilir üretim yaklaşımını benimsemişlerdir. Sürdürülebilir üretimin tanımında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) “bütünsel ve önleyici bir çevre stratejisinin ürün ve süreçlere sürekli olarak uygulanması ile insanlar ve çevre üzerindeki risklerin azaltılması” olarak durumu tanımlamıştır. Bu tanıma göre sürdürülebilirlik;

- Üretim proseslerinde hammadde ve enerji tüketiminin azaltılması
- Toksik maddelerin kullanımının azalması veya yan ürün olarak çıkışının azaltılması
- Emisyonların düşürülmesi
- Kullanılacak hammaddenin eldesinden nihai bertarafına kadar olumsuz etkilerinin minimuma indirilmesi
- Çevresel kaygıların hizmet aşamasına kadar bütünleştirilmesini kapsamaktadır. (Çavuşoğlu 2015).

2.18. Sürdürülebilirliğin Şirketler Üzerindeki Olumlu Etkileri

Sürdürülebilirliğin şirketler üzerindeki olumlu etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Etkin ve verimli kaynak kullanımı ve üstün Pazar performansı Şirket imajını iyileştirme ve itibarını artırmada önemli olduğu belirtilmiştir. Sürdürülebilirlik üst düzey yöneticilerin desteği ile stratejik olarak başarılı olabilir.

- Sürdürülebilirlik uzun soluklu bir çalışma gerektiren bir olgudur.
- Şirketlerin sosyo, ekonomik ve çevre arasındaki ilişkisinin iyi olmasında öncülük eder.
- Global Reporting Initiative, (GRI) göre hazırlanan ve İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda (BİST) yer alan 33 kuruluşun 2015 yılı verilerinin kullanıldığı çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Karlılık oranında sürdürülebilirlik kavramının pozitif etkisinin olduğu belirtilmiştir.
- Çevre dostu ürünlerin üretilmesine yönelik çalışmaları artmasına olanak tanımaktadır.
- Sürdürülebilirlik ile bir çok kurum ve kuruluş çeşitli kalkınma girişimlerini başlatabilmiştir (Tunç, 2019).

Yapılan bir araştırmaya göre tekstil endüstrisinin olumsuz etkilerinden kurtulabilmek için sürdürülebilir ürün olan çaput dokumacılığının yaygınlaştırılarak piyasada devam edenlerin desteklenmesi ve markalaşma oluşturularak değerinin artırılarak farkındalık yaratılabilir (Üner ve Başaran, 2016).

Şirketlerin çevresel açıdan sürdürülebilirliğinin devamında ekonomik kalkınma gibi konuların oluşmasına neden olmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma aynı zamanda iktisadi açıdan yeni gündem yaratmıştır. Tarihi sıralamaya göre sürdürülebilir çevrenin devamında sürdürülebilir kalkınma kavramı tanımlanmıştır (Yeni, 2014).

2.19. Sürdürülebilir Su Yönetimi

Sürdürülebilirlik kavramı için birçok tanımlama yapılmıştır. Bunlar yenilenebilir, dayanıklılık, geri kazanılabilirlik olarak belirtilmiştir. Su kaynakları planlama ve yönetimine sürdürülebilirlik kriterlerinin getirilmesi ilk kez 1998 yılında ASCE'nin (Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği) Sürdürülebilirlik Kriterleri Görev Komitesi (Task Committee on Sustainability Criteria, 1998) tarafından gerçekleştirilmiştir (Harmancıoğlu vd., 2013).

Sürdürülebilir su yönetimi endüstrilere sıkı atıksu deşarj limitlerinin uygulanması sonucunda işletmeciler bir araya gelerek oluşturdukları toplantılarda ortaklaşa kabul ettikleri yegâne konu olmuştur. Bu yaklaşım sürdürülebilir su yönetimi konusunda firmaların iş birliği yaparak karşılıklı etkileşim içinde olmalarına neden olmuştur. Ancak tam anlamıyla uygulanabilir olmuş değildir (Lyu vd., 2021).

Sürdürülebilir bir su yönetimi için Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 'de bir eyalette bulunan su kaynağı üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile su kaynağında sürdürülebilirlikten ziyade sürdürülemezlik konusu ele alınarak oluşabilecek riskler konusunda ön görülerde bulunmuşlardır. Özellikle ihtiyaca yönelik su yönetimi üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak sürdürülebilirliği 3 ana unsurda ele alınması gerektiğini belirtmişlerdir (sosyo-ekonomik-çevresel).

Türkiye'de Gediz Nehri Havzası üzerinde sürdürülebilirlik anlamında gönüllülük esasına dayalı veriler ile bilgisayar tabanlı verilerin optimizasyonu ile oluşturulan model hazırlanmıştır. Üç kıstas üzerinden göl havzası üzerinde simülasyonlar ile yapılacak olumlu veya olumsuz değişikliklerin ön görülmesine yardımcı olunmuştur (Harmancıoğlu vd., 2013).

Sürdürülebilir su yönetiminde kent bazında değerlendirme yapıldığında suyun yeniden kullanımı ve yeşil alt yapı çalışmalarının artırılması öngörülmüştür. İki aşamada su yönetiminde sürdürülebilirlik konusuna değinilmiştir. Birinci aşamada yağmur suyu ve gri suyun yeniden kullanımı, ikinci aşamada içme suyunun tekrar kullanımı ve arıtımı olarak ön görülmüştür. Bu noktada halkın kendi suyunu artmaları konusunda bilinçlendirme yapılmasını ön görmüşlerdir (Tess vd., 2014).

3. MATERYAL VE METOT

Tekstil endüstrisinde üretim sırasında kullanılan temiz su ve oluşan atıksulara ilişkin bulgular üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada tekstil endüstrisinde faaliyet gösteren beş farklı tesis üzerinde inceleme yapılmıştır. Bu beş firma anlaşılması daha kolay olması için T1,T2,T3,T4,T5 olarak isimlendirilmiştir. Tesislerin ürün başına su kullanım kapasiteleri test edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda ürün başına kullanılan su miktarının düşürülmesi için her bir tesis kendi yöntem ve çözüm uygulamaları ile belirlenen sınır değerlere dönem sonuna kadar ulaşmışlardır. Bu hedefler için çalışma sezonunda 2, 3 veya 4 ayrı dönem belirlenerek istenilen hedeflere kademeli olarak geçişler söz konusu olmuştur.

3.1. Tekstil Firmaların Genel ve Su Kullanım Özellikleri

Tekstil sektöründe birçok faaliyet konusu ayrı ayrı veya bir bütün halde bulunan tesisler bulunmaktadır. Bu çalışmada değerlendirme yapılan firmalardan T1, Dokuma kumaş üretim faaliyetinde bulunmaktadır. Ayrıca T1 ve T2 Dokuma kumaş üzerinde boyama alanında yürütülen prosesleri benzer yöntemler ile uygulamaktadır. T3, tesisi örme kumaş türündeki kumaşlar için boyama ve boyamadan kaynaklı gereken diğer prosesleri içermektedir. T4 tesisi dokumadan elde edilmiş ürünlerin yıkanması prosesleri uygulanmaktadır. T5, tekstil firması iplik çekimi ve ardından boyama alanında faaliyet göstermektedir.

Tesislerin belirlenmesinde, temel olarak tesislerin proses farklılıkları gözetilmiştir. Bu seçimde boyama, yıkama, ön işlem, boyama türü, kumaş türü gibi kriterlere dikkat edilmiştir. Ayrıca bu türlerde yeterli veri temini yapılabilecek ve anlamlı data üretilebilecek tesisler dikkate alınmıştır. Bu amaçla 20 farklı tesis incelenmiş olup, bunların arasından belirtilen kriterlere uygun olan 5 tanesi seçilmiştir. Özellikle diğer tesislerde veri temininin zorluğu o tesislerin temiz üretim uygulamalarının incelenmesinin önüne geçmiştir. Ayrıca benzer karakterde proseslerin bulunduğu firmalar da elenmiştir. Yapılan elemeler neticesinde aşağıda detayları verilen tesislere karar verilmiştir. Tekstil sektöründe faaliyet gösteren ve farklı kriterlere bağlı olarak

seçilen 5 firmanın genel olarak çalışma alanları ve işleyiş prosesleri Çizelge 3.1.’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tekstil firmalarının faaliyet alanları

Tesis Adı	Tesis Kod	Kumaş Türü	Prosesler					
Tesis-1	T1	Dokuma (woven)	Kumas dokuma	Ön işlem	Exhaust (çektirme) boyama	Kontinu yıkama	Exhaust yıkama	Bitim/apre işlemleri
Tesis-2	T2	Dokuma (woven)	Ön işlem	Exhaust (çektirme) boyama	Kontinu yıkama	Exhaust yıkama	Bitim/apre işlemleri	
Tesis-3	T3	Örme (Jersey)	Ön işlem	Exhaust (çektirme) boyama	Exhaust Yıkama	Bitim/apre işlemleri		
Tesis-4	T4	Dokuma ürün Yıkama	Exhaust Ürün Yıkama					
Tesis-5	T5	İplik Cekimi ve Boyama	İplik çekme	İplik boyama				

3.1.1. Tesis-1

Tekstil endüstrisinin önemli alanlarından biri olan dokuma alanında faaliyetlerini göstermektedir. Tesis içinde kumaş dokuma yapılmakta olup devamında dokunan kumaşın ön işlem ve boyama işlemine tabi tutularak kumaşa renk verilmektedir. Elyaf maddesinin çeşitli işlemlerin ardından kumaş ipi eldesi yapılır. Bu işlem ile uygulanacak yeni bir proses ile elyaf ipliği kumaş haline getirilir. Şekil 3.1’de T1 kumaş üretim prosesi görünümü verilmiştir.

Bir sonraki aşamada exhaust (çektirme) boyama işlemi ile kumaşa istenilen renk pigmentlerinin çektirilmesi işlemine dayanan yöntem ile yapılmaktadır. Bu uygulaman yöntem ile tekstil sektöründe boya yöntemleri arasında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Exhaust (Çektirme) yönteminin sonunda renk verici boyar maddenin tamamen kumaş veya elyafa tutunmasını ile işlem %100 tamamlanarak tesiste oluşan atıksuda boyar maddenin bulunma riskini en aza indirmektedir. Şekil 3.2’de T1 çektirme yöntemi ile boyama yaparken elde edilen görsel yer almaktadır.



Şekil 3.1. T1 Kumaş Üretim faaliyeti

Renklendirme işleminin sonunda kumaşa tutunamayan renk pigmentlerinden ve kimyasal maddelerden kumaş veya elyafın arınması için yıkama yapılmaktadır. Genel tekstil firmalarının atıksu kaynağı olarak görülen prosesleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Şekil 3.3'te T1'deki yıkama ünitesinin görseli yer almaktadır. Tesis, yıkaması yapılacak kumaşın miktarı ve türüne göre yıkama prosesini uygulamaktadır. Eğer uzun metrajlı kumaş ve kırıklılık olması istenmiyorsa kontinu yıkama yöntemi uygulanmaktadır. Ancak kısa metraj ve kırıklılık olmasında problem görülmeyen kumaşların yıkanmasında exhaust yıkama tercih edilmektedir. Çektirme yıkama, çektirme boya makinalarında yapılmaktadır. Son olarak da apre işlemi ile kumaş ticari olarak istenilen son haline dönüştürülerek satışa hazırlanır.



Şekil 3.2. T1 için Exhaust (çektirme) boyama uygulanması



Şekil 3.3. T1, Exhaust (çektirme) yıkama

Tekstil üretim tesisinde iki su kaynağı kullanılmıştır. Tesise kuyu ve şehir hattından su girişi yapılmaktadır. Şekil 3.4’te tesis su akış diyagramı görülmektedir.

3.1.2. Tesis-2

Tekstil endüstrisinde dokuma kumaşı dışarıdan alan tesis kumaşı istenilen renkte boyama faaliyeti yapmaktadır. Boyama işlemini T1 gibi Exhaust (çektirme) boyama yöntemi ile kumaşa uygulamaktadır. (Şekil 3.5) Aynı şekilde boyama işlemi tamamlanan kumaşı tutunmayan renk pigmentleri ve kimyasal maddelerden arındırmak için yıkama işlemi yapılmaktadır. Yıkama işleminde iki yöntem kullanılmaktadır. Kumaş yıkama için kontinü yıkama ve exhaust yıkama yapılmaktadır. Kontinü yıkama, exhaust yıkama yöntemine göre daha verimli bir yıkama sağlamaktadır. Ancak exhaust yıkama işleminde düşük miktarda kumaş yıkamalarda daha pratik ve hızlı olduğu için tercih edilmektedir. (Şekil 3.6) Kontinü yıkama, uzun metrajlı kumaşların yıkaması daha kolay olup ayrıca kumaşın kırışmadan yıkanmasına olanak tanımaktadır. Son olarak ticari olarak satılabilecek forma dönüştürmek için apre uygulaması yapılarak tesise gelen dokuma kumaş üzerindeki uygulama tamamlanmış olmaktadır.

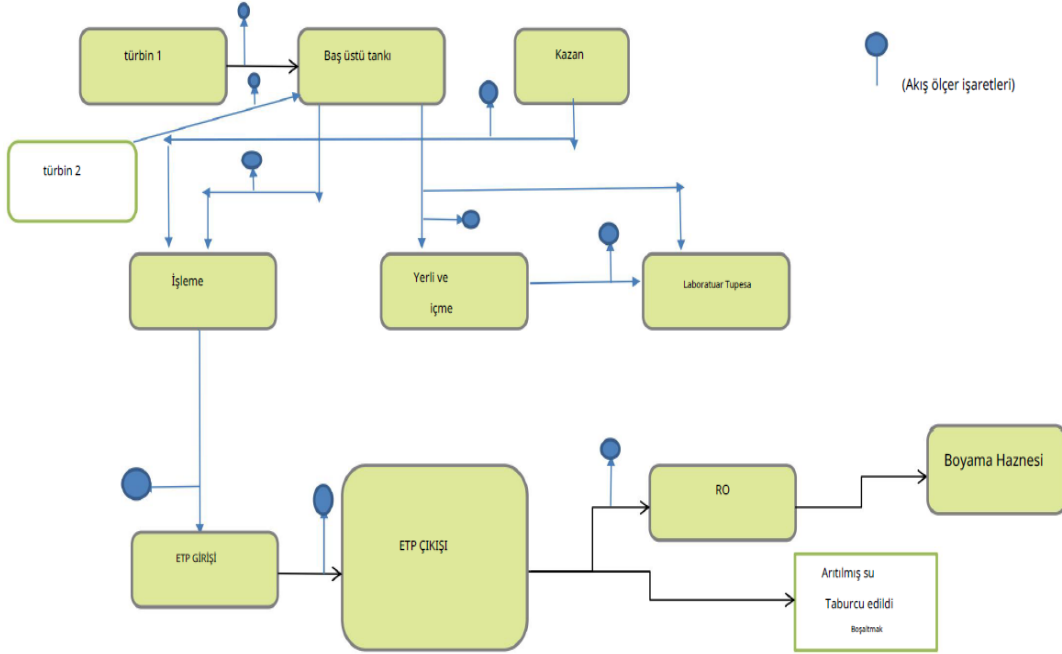


Şekil 3.5. T2 Exhaust (çektirme) boyama



Şekil 3.6. T2 Kumaş Yıkama Ünitesi (kontinü)

Tesise gelen suyu kullanan makine ve ekipmanlara su sayacı bulunmaktadır. Bu sayede tesisteki makine ve teçhizatlarının su tüketim miktarı kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Şekil 3.7’ de tesis içi su kullanım diyagramını ve Şekil 3.8’ de akış metre konumları verilmektedir.

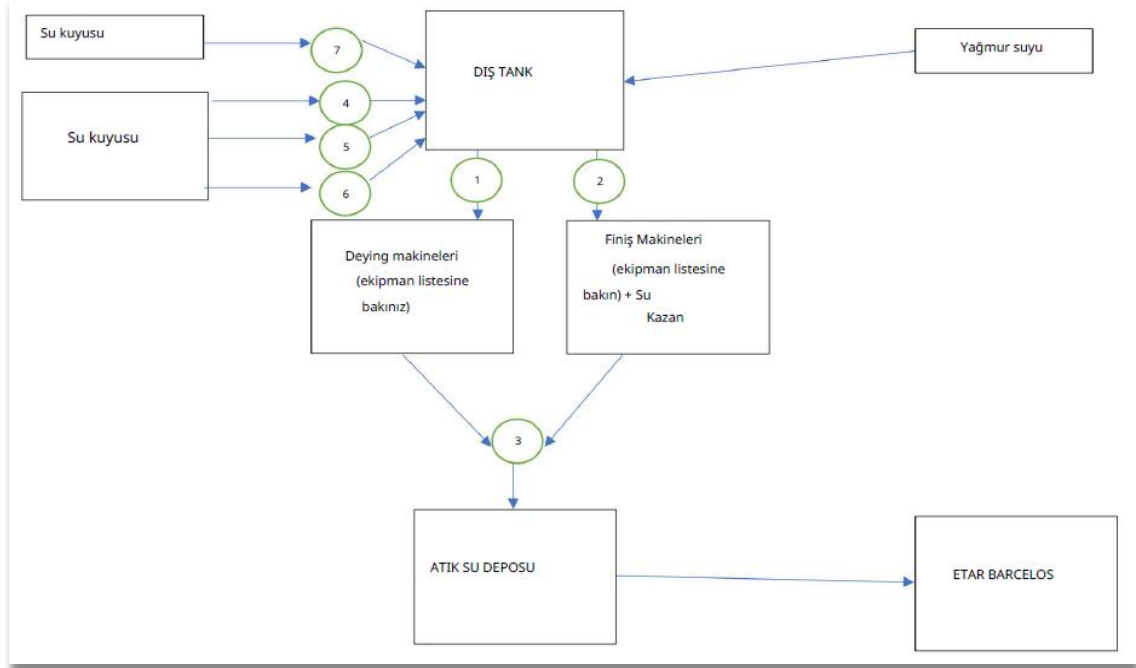


Şekil 3.8 T2 proses içi akış metrelerin gösterimi

3.1.3. Tesis-3

Tekstil endüstrisinde faaliyetlerin gösteren işletmelerin bir diğer önemli kumaş türü olan örme işlemi ile üretilen kumaşların boyanması için kurulmuş bir işletmedir. Bu tesiste örme kumaş gelir ve müşterinin isteği doğrultusunda boyama yapılabilmesi için boyaya ön hazırlık faaliyeti yürütülür. Bu işlem ile kumaş üzerinde katlanma ve boyamayı olumsuz etkileyecek yabancı maddelerden arındırma işlemi yapılır. Boyama hazır olan örme kumaş Exhaust (çektirme) boyama yöntemi ile boyama yapılır. Bu faaliyet sonrası kumaş üzerine tutunamayan renk pigmentleri ve kimyasal maddeler kumaş üzerinden yıkama yapılarak uzaklaştırılır. Son olarak örme kumaş ticari olarak satılabilecek forma dönüşmesi için apre uygulaması ile işlem tamamlanmaktadır.

Tesise giren su ve tesis içinde kullanılan sular için birçok noktada akış metreler kullanılmaktadır. Tesis kuyu suyu ve yağmur suyu kullanarak tesiste su ihtiyacını gidermektedir. Şekil 3.9'da T3 su akış planı verilmiştir.



Şekil 3.9. T3 su akış planı

3.1.4. Tesis-4

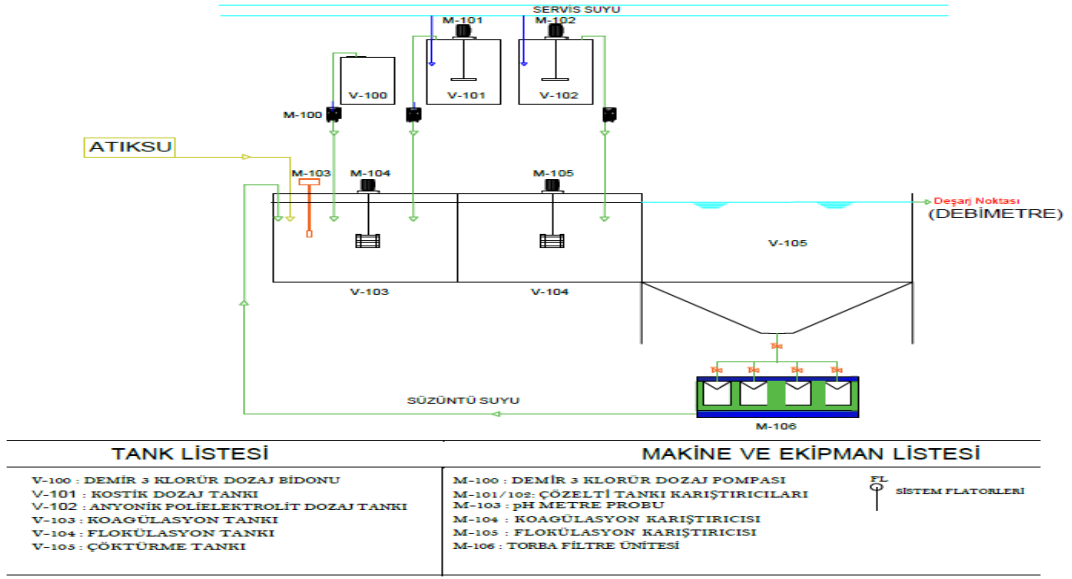
Bu tesis dokuma kumaştan elde edilen ürünlerin yıkanması alanında faaliyetlerini tamamlamaktadır. Başka noktalardan gelen dokuma ürünlerin boyama işlemi tamamlanmış vaziyette tesise giriş yapmaktadır. Tesise gelen kumaş Exhaust (çektirme)

yıkama yöntemi ile gereksiz kimyasal ve boya pigmentlerinden uzaklaştırma yapılarak veya ürünlere farklı kimyasal teknikleri ile soldurma efekti uygulayarak , yıkama faaliyeti tamamlanmaktadır (Şekil 3.10). Bu işlemin ardından ürün ile olan faaliyetler bitirilerek tesis çıkışı yapılmaktadır.



Şekil 3.10. T4 Boyama sonrası yıkama ünitesi görünümü

Tesis çıkış suyunda bir arıtım yaparak çıkış suyu arıtılmış vaziyette tesisten ayrılmıştır. Tesisi terk eden su hattında bulunan akış metre çıkış suyunun miktarı takip edilmektedir. Şekil 3.11’de tesis-4 çıkış suyu arıtma yöntemi akış şeması verilmektedir.



Şekil 3.11. T4 tesisi çıkış suyu arıtma yöntemi akış şeması

3.1.5. Tesis-5

Bu tesiste iplik çekme (singeing) ve boyama faaliyeti yapılmaktadır. Tesise gelen kumaş öncelikle iplik çekme işlemine tabi tutulmaktadır (Şekil 3.12). İplik çekim işlemi, kumaş üzerinde tüylenme yapan veya serbest halde bulunan ipliklerin uzaklaştırılması işlemidir. Bu işlemin ardından kumaş istenilen renk için boyama işlemi yapılarak faaliyetler tamamlanır (Şekil 3.13). Tesisin hazır hale getirdiği kumaşlar tekrar tesisten çıkışı yapılmaktadır.

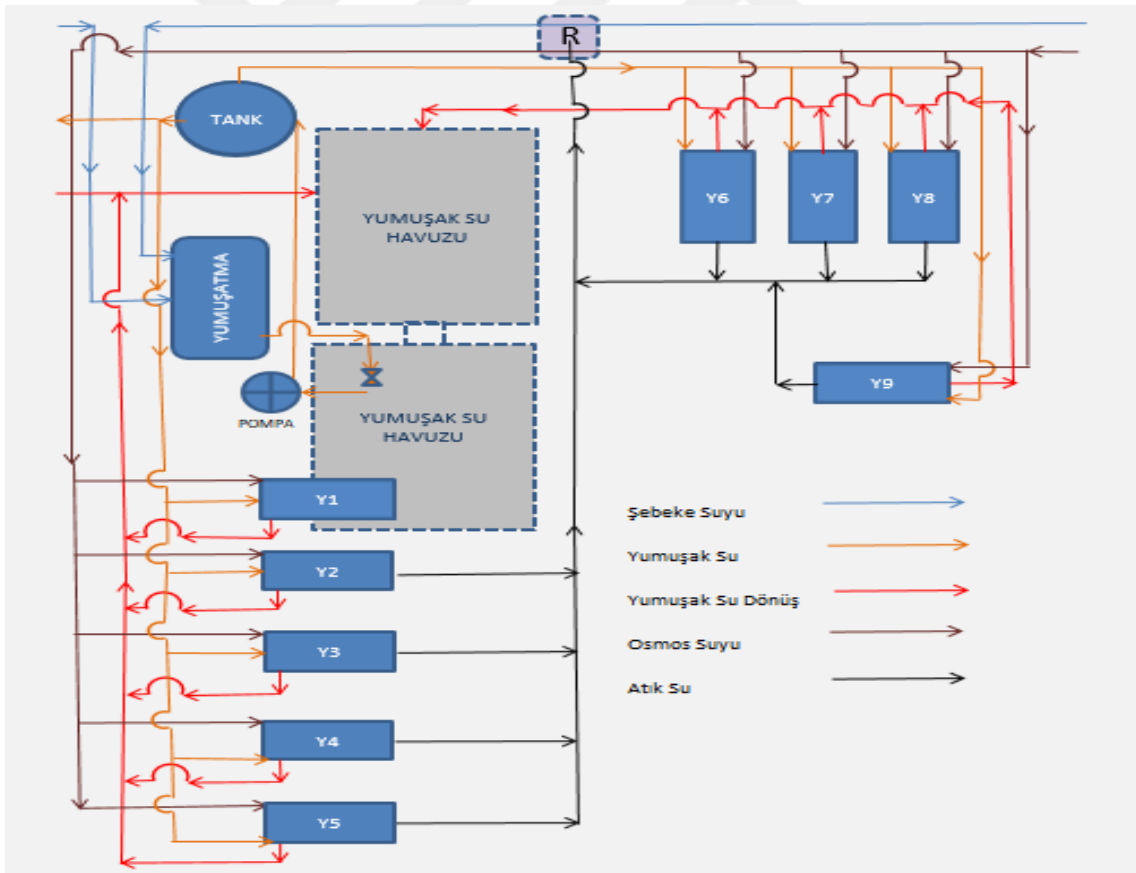


Şekil 3.12. T5 iplik çekme(singeing)



Şekil 3.13 T5 boyama ünitesi

Tesis proses ve genel ihtiyaçların karşılanması için kullanılan suyu şebekeden temin etmektedir. Tesis içi su akış şeması şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.13. T5 proses su akış diyagramı

3.2. Verilerin Toplanması ve Analizi

Çalışmada kullanılan veriler, işletmelerdeki su tüketimleri ve işlem yapılan ürün miktarları olup, aylık, günlük ya da dönemsel olarak bu veriler işletmeler tarafından kayıt altına alınmaktadır. Kayıt altına alınan bu veriler tesislerden temin edilmiş gerçek saha verileridir. Tesislerden temin edilen su tüketim verileri, farklı tesislerde farklı olmak üzere, Ocak 2022-Mayıs 2023 tarihlerini kapsamaktadır. İşletmelere ait veri temin tarihlerine aşağıda yer verilmiştir. Veriler 3 aylık dönemlerden oluşmaktadır. Her bir tesis için 3 aylık döneme ait veriler, aylık ve günlük bazda temin edilmiştir. Tesiste gerçekleştirilen sürdürülebilirlik çalışmalarına bağlı olarak 2, 3 veya 4 adet döneme ait 3 aylık veri temin edilmiştir. Dönem sayıları ve dönem periyotları tesisteki sürdürülebilirlik uygulamalarının su tüketimine etkisine bağlı olarak işletme tarafından belirlenmiştir. Bu süreler ise uygulanan yöntemin büyüklüğüne ve yapılan çalışmanın türüne bağlıdır.

T1 işletmesi Temmuz-Eylül 2022,Ekim-Aralık 2022, Ocak-Mart 2023 dönemleri arasında su kullanım ve üretim miktarları üzerinden sürdürülebilir uygulamalar takip edilmiştir. T2 işletmesi Ağustos-Ekim 2022, Kasım-Aralık 2022-Ocak 2023 dönemleri arasında su kullanım ve üretim miktarları üzerinden sürdürülebilir uygulamalar takip edilmiştir. T3 işletmesi Mayıs-Temmuz 2022,Ağustos-Ekim 2022, Kasım-Aralık 2022-Ocak 2023 dönemleri arasında su kullanım ve üretim miktarları üzerinden sürdürülebilir uygulamalar takip edilmiştir. T4 İşletmesi Eylül-Kasım 2022, Aralık 2022-Ocak-Şubat 2023 dönemleri arasında su kullanım ve üretim miktarları üzerinden sürdürülebilir uygulamalar takip edilmiştir. T5 işletmesi Temmuz –Eylül 2022, Ekim-Aralık 2022 dönemleri arasında su kullanım ve üretim miktarları üzerinden sürdürülebilir uygulamalar takip edilmiştir.

Su tüketim verilerine ilave olarak tesislerde işlenen, işlem yapılan (önişlem, boyama, yıkama, örme vs.) ürün miktarları da benzer yöntemle ve periyotlarla temin edilmiştir. Bu veriler de su tüketim verilerine benzer şekilde analiz edilmiş ve özellikle su tüketimleri ile kıyaslanarak birim ürün başına su tüketimleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar kilogram ürün başına tüketilen su olarak (L/kg-kumaş) belirlenmiştir.

Tesislerden yukarıda belirtilen kapsamda temin edilen bu veriler ise çalışma kapsamında analiz edilerek, tesislere ait birim su tüketimleri ortaya konmuştur. Ayrıca

uygulanan sürdürülebilirlik çalışmaları neticesinde elde edilen son veriler de çalışmada kaynak olarak kullanılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Tekstil Firmalarının Su Kullanım Hedefleri

4.1.1. Tesis-1 Su Kullanım Hedefleri

Bu işletme tekstil dokuma ürünleri üzerinde faaliyet göstermekte olup, çalışma sezonu başında tespit edilen sonuçlara göre kg ürün başına kullanılan suyu hesaplanmıştır. İşletmedeki su tüketimi çalışma başlangıcında 67,10 L/kg-kumaş olarak tespit edilmiştir. T1, faaliyet dönemi içinde 1. dönemde elde ettiği bu değer karşılığında 3. dönemde (2 dönem sonunda) %21'lik bir su kullanımını azaltarak 53 L/kg-kumaş seviyelerine düşürmeyi hedeflemiştir (Çizelge 4.1). İşletmede sürdürülebilirlik uygulamalarının etki süresi 2 dönem olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. T1'deki su tüketimleri ve azaltım hedefleri

Mevcut Durumda Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	67,10
Hedeflenen Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	53
Hedeflenen toplam Azaltım Oranı (%)	21
Azaltımın gerçekleştirildiği dönem sayısı	2

4.1.2. Tesis-2 Su Kullanım Hedefleri

T2 tekstil endüstrisi ise örme alanında faaliyet göstermekte olup, çalışmaların başında ürün başına harcadığı su 79,73 L/kg-kumaş olarak tespit edilmiştir. Bu işletme ise çalışmalar neticesinde ürün başına su tüketimini 59 L/kg-kumaş'a düşürmeyi hedeflemiştir. Bu hedefe ulaşması neticesinde %26'lık bir su verimi elde etmektedir. T3 çalışma sezonunu 2 dönem olarak belirlemiştir. Bu çalışma periyodu içinde tesiste su tüketimi kademeli olarak düşürülerek belirtilen hedefe ulaşılmıştır (Çizelge 4.2). Yapılan çalışmalara ait detaylar aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

Çizelge 4.2. T2'deki su tüketimleri ve azaltım hedefleri

Mevcut Durumda Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	79,73
Hedeflenen Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	59
Hedeflenen toplam Azaltım Oranı (%)	26
Azaltımın gerçekleştirildiği dönem sayısı	2

4.1.3. Tesis-3 Su Kullanım Hedefleri

Bu işletme tekstil örme faaliyetleri göstermekte olup, çalışma başlangıcında ürün başına kullanılan su miktarı tespit edilmiştir. Alınan bilgiler neticesinde çalışma başında yani 1. dönemde 77,67 L/kg-kumaş su kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır. T3'ün çalışmalar sonunda, toplamda 4 dönem içerisinde %9'luk bir iyileştirme yaparak su tüketimlerini azaltmıştır (Çizelge 4.3). Uygulanan sürdürülebilirlik çalışmaları neticesinde tesisteki ürün başına su tüketimi 71 L/kg-kumaş'a düşürülmüştür.

Çizelge 4.3. T3'teki su tüketimleri ve azaltım hedefleri

Mevcut Durumda Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	77,67
Hedeflenen Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	71
Hedeflenen toplam Azaltım Oranı (%)	9
Azaltımın gerçekleştirildiği dönem sayısı	4

4.1.4. Tesis-4 Su Kullanım Hedefleri

Bu işletme tekstil dokuma ürünleri yıkama üzerinde faaliyet göstermekte olup, T4 piyasaya sürdüğü ürün başına kullandığı su 82,99 L/kg-kumaş olarak tespit edilmiştir. Bu tesis %16 oranında tüketilen su performansını düşürerek 69 L/kg-kumaş değerine ulaşmak için uygulamalar gerçekleştirmiştir. Bu uygulamalar için toplam süre tesis tarafından 2 dönem olarak belirlenmiş ve bu 2 dönem sonunda hedefe ulaşılmıştır (Çizelge 4.4.)

Çizelge 4.4. T4'teki su tüketimleri ve azaltım hedefleri

Mevcut Durumda Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	82,99
Hedeflenen Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	69
Hedeflenen toplam Azaltım Oranı (%)	16
Azaltımın gerçekleştirildiği dönem sayısı	2

4.1.5. Tesis-5 Su Kullanım Hedefleri

Bu tekstil tesisi ise iplik çekimi ve iplik boyama alanlarında faaliyet göstermekte olup, ürün başına tüketilen suyun 70,83 L/kg-kumaş olduğu tespit edilmiştir. Bu tesis sezon başından sezon sonuna kadar %20'lik bir su azaltma performansı hedeflemiştir. Böylece ürün başına kullanılan su 57 L/kg-kumaş değerine düşürülmüştür. Çizelge 4.5' te sürdürülebilirlik uygulanmaları neticesindeki su tüketimleri ve hedef gösterilmiştir. Bu hedefe ulaşmak için 3 dönemlik süre öngörülmüştür.

Çizelge 4.5. T5'teki su tüketimleri ve azaltım hedefleri

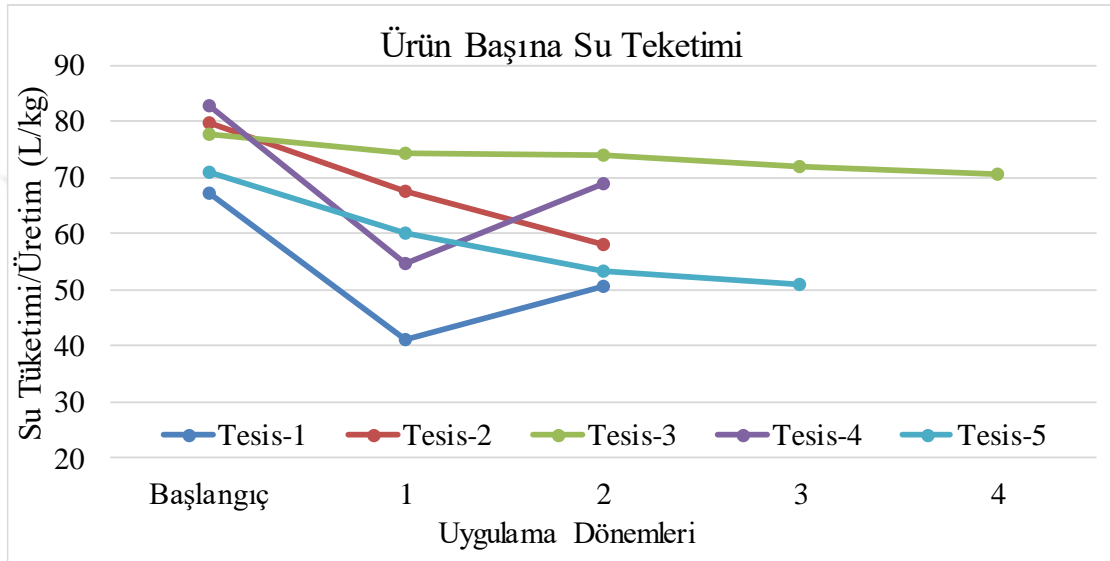
Mevcut Durumda Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	70,83
Hedeflenen Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	57
Hedeflenen toplam Azaltım Oranı (%)	20
Azaltımın gerçekleştirildiği dönem sayısı	3

4.2. Tekstil Firmaları Su Tüketimi Azaltım Çalışmaları

Tekstil endüstrisinde faaliyetlerini yürüten 5 tesisin sezon içinde farklı çalışma dönemlerinde su tüketimleri hesaplanmıştır. Farklı dönemlerde hesaplanan ürün başına su tüketim performanslarına Şekil 4.1'de yer verilmiştir. Bu 5 tesis kendi çalışma düzeni ve üretim kapasitelerine göre farklılıklar göstermektedirler. Bu farklılıklar nedeniyle su tüketimleri ve su azaltım miktarlarında da farklılık görülmüştür. Çalışma başlangıcında en yüksek su tüketimi T4'te iken (82,99 L/kg-kumaş), en az su tüketimi T1'dedir (67,10 L/kg-kumaş). Bununla birlikte en yüksek su azaltımı ise yapılan uygulamalara bağlı

olarak T2’de gerçekleştirilmiştir. T2’de 4 dönem sonundaki toplam su azaltımı %26 olarak hesaplanmıştır.

Tesislerde su kullanım oranlarının azaltılması için farklı sürdürülebilirlik uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Tesislerde uygulanan sürdürülebilirlik ve su azaltım çalışmalarına ait detaylara sonraki bölümde yer verilmiştir. Ayrıca aylık bazda su tüketimleri ve işlenen ürün miktarlarına bağlı olarak kg ürün başına su tüketimleri analiz sonuçları gösterilmiştir.

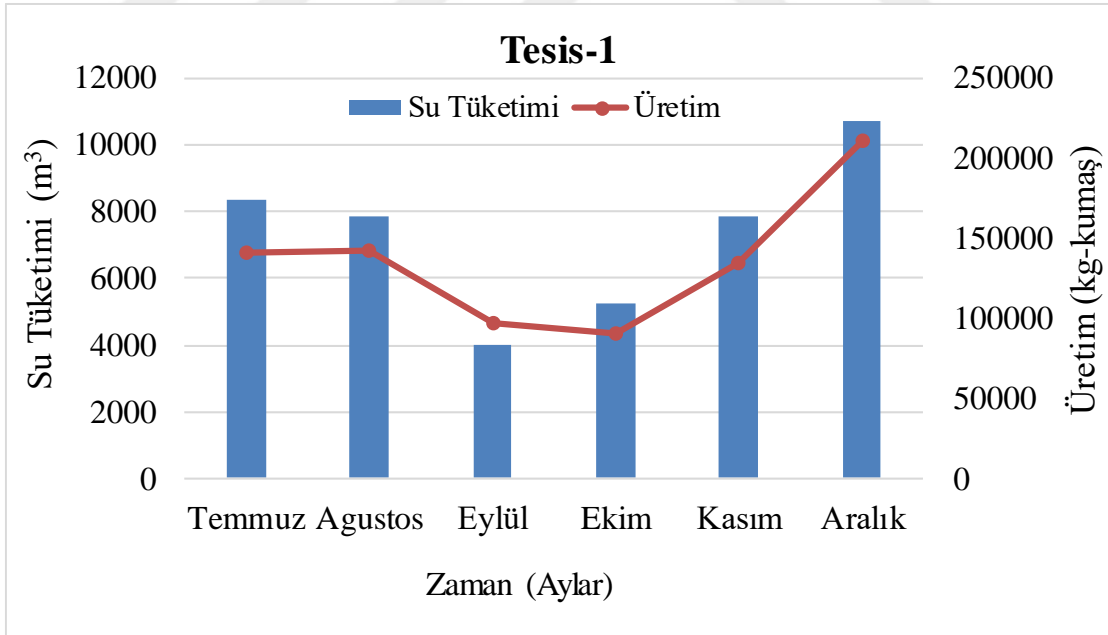


Şekil 4.1. Tekstil firmalarının farklı dönemler sonunda elde ettikleri ürün başına su tüketim miktarlarının kıyaslanması

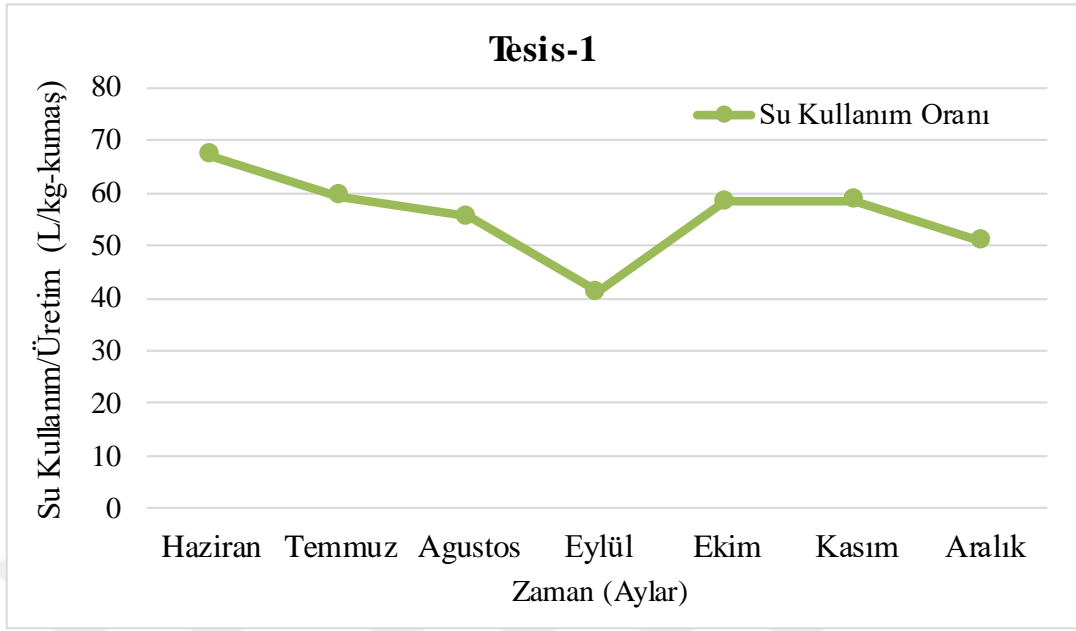
4.2.1. Tesis-1

Bu tesiste iki aşamada sürdürülebilirlik çalışması uygulanmış olup, süreç sonunda su tüketim miktarında azalma meydana gelmiştir. Bu tesiste birinci dönemde sürdürülebilirlik uygulaması olarak, yeni makine ekipmanı alımı yapılmıştır. Yeni makine, havalı jet tipinde olup, on işlem-boyama ve çektirme yıkama proseslerinde kullanılabilir. Bu makineler, 1:5 ve altı flotte ile çalışmaktadır. Eski tip yatay pipo çektirme boya makineleri ve jiggerler 1:10 ve üstü flotte ile çalışmaktadır. Alınan makinenin kapasitesi 750 kg ürün alabilmektedir. Bu yenileme sonrasında ürün başına su kullanımı 26,05 L azaltılarak, 67,10 L/kg-kumaş’tan 41,05 L/kg-kumaşa kadar düşürülmüştür. Bu dönemdeki su azaltım oranı %38,8 olarak elde edilmiştir. Ancak işletmedeki üretime bağlı olarak su tüketim oranı 2. dönemin başında 58,40 L/kg-kumaş seviyesine artmaktadır (Şekil 4.3). İkinci dönem için uygulanan sürdürülebilirlik

çalışmasında, tesis 300 kg kapasiteli 2 makine daha bünyesine katarak ürün başına kullanılan su miktarında düşüş sağlanmıştır. Son değişiklik ile ürün başına kullanılan su miktarı 7,70 L/kg-kumaş oranında azaltılarak 58,40 L/kg-kumaş'tan 50,70 L/kg-kumaş seviyelerine çekilmiştir. Normal koşullarda firmanın çalışmalar öncesinde hedeflediği değer 53 L/kg-kumaş olmasına karşılık (Çizelge 4.1), yapılan çalışmalar neticesinde daha fazla su azaltımı başarılmıştır. Böylece ürün başına kullanılan su miktarı iki dönem sonunda toplam 16,4 L/kg-kumaş oranında azaltılarak %24 oranında su tüketimi azaltımı sağlanmıştır. Su azaltım hedefi ise yüzdesel olarak %21 iken, daha fazla su azaltımı sağlandığı için yüzdesel olarak da daha yüksek oranda başarı elde edilmiştir. T1'e ait su tüketimi ve üretim kapasitesi bilgileri aşağıdaki şekilde sunulmuştur (Şekil 4.2). T1'de giriş sularındaki elektronik su sayaçları sayesinde kullanılan su miktarı tespit edilmiştir. Böylelikle ürün başına su kullanımı hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin aylık sonuçlar Şekil 4.3'te verilmiştir. Tesis içinde uygulanan çalışmalar ve yapılan sürdürülebilir uygulama sonrası su tüketim değişimine ait bilgiler ise tabloda özetlenmiştir (Çizelge 4.6).



Şekil 4.2. T1 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları



Şekil 4.3. T1’de su kullanımının üretilen kumaşa oranı

Çizelge 4.6. T1 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar

Sürdürülebilirlik Uygulaması	Uygulanan dönem	Uygulama Öncesi Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	Uygulama Sonrası Su Tüketimi (L/kg-kumaş)
Makine-Ekipman Değişimi	1.Dönem	67.10	41,05
Makine-Ekipman Değişimi	2.Dönem	58,40	50.70

Bu tesis sürdürülebilir uygulama yöntemi olarak makine ve ekipman değişimi yapmıştır. Bu değişimler neticesinde birinci dönem 26,05 L/kg-kumaş ve ikinci dönem 7,70 L/kg-kumaş olacak şekilde su azaltımı sağlanmıştır. Bu su azaltımları ise bu işletme için oransal olarak %38,8 ve %13,20 olarak gerçekleştirmiştir. Dolayısıyla tekstil endüstrilerinde su azaltım uygulaması olarak makine-ekipman değişiminin su minimizasyonuna etkisinin %10-40 arasında değişebileceği tespit edilmiştir. Bu oranlar değiştirilen makine ve ekipmanın türüne ve boyutuna göre değişiklik gösterebilmektedir. Ancak iki dönem arasında işletmedeki farklı prosesler neticesinde ürün başına su tüketimi arttığından dolayı kümülatif olarak bakıldığında bu miktar daha olarak hesaplara yansımıştır. Dönemsel olarak daha fazla miktarda su azaltımı sağlansa da (26,05 L/kg-

kumaş), çizelge 4.6'ya bakıldığında iki dönem toplamında 16,40 L/kg-kumaş su azaltımı sağlanmıştır.

Öztürk vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada ise farklı sürdürülebilirlik uygulamaları ile (mevcut en iyi teknoloji – MET) Mevcut en iyi tekniklerin uygulanmasından sonra, su tüketiminde potansiyel olarak %43-51 oranında azalma sağlanabildiği rapor edilmiştir. Bu oranlar uygulanan yöntemle, endüstrideki proseslerin çeşitliliğine göre değişkenlik göstermekte olup, bu tesiste (T1) tek seferde oransal olarak %38,8 oranında su minimizasyonu elde edilmiştir.

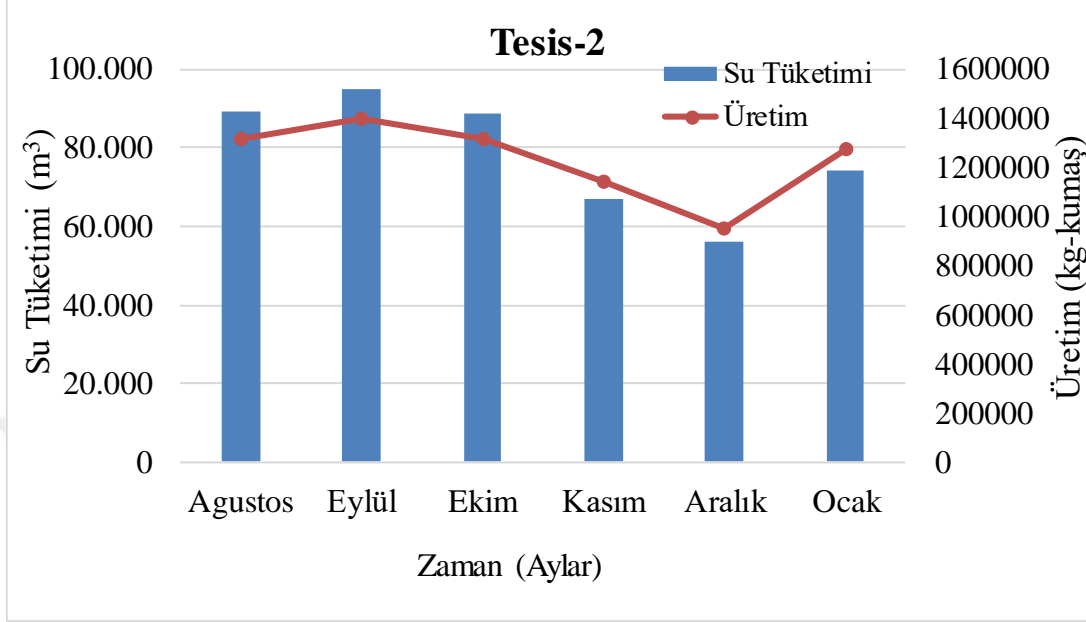
4.2.2. Tesis-2

Bu tesis sürdürülebilirlik anlamında su kullanım oranına ulaşabilmek için sezon içinde 2 farklı dönemde uyguladığı çözüm yöntemleri ile faaliyeti yürütmüştür. Sürdürülebilirlik uygulamaları Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Birinci dönemde sürdürülebilirlik uygulaması olarak ters ozmoz (TO) sistemi ile su geri kazanımı yapılmış olup, buradaki su azaltım hedefi %15 olarak belirlenmiştir. İşletme, yapılacak olan su geri kazanım uygulaması ile atıksularının %15'ini geri kazanmak için hedef koymuştur. İkinci dönemde ise su kullanımında iki farklı iyileştirme yapmıştır. Bunlardan biri merserizasyonda oluşan atıksuların ön yıkamalarda yeniden kullanımı, diğeri ise TO sisteminde meydana gelen konsantre suları deşarj etmek yerine işletmedeki tuvaletlerde sifon suyu olarak kullanımdır.

Çizelgeden de görüldüğü üzere, çalışmaların başlangıcında 79,73 L/kg-kumaş olan su tüketimi, 1. dönem sonunda 67,51 L/kg-kumaş değerine kadar düşürülmüş olup, toplamda 12,22 L/kg-kumaş oranında su azaltımı sağlanmıştır. Bu uygulama ile %15 su azaltımı gerçekleştirilmiş olup, hedeflenen su geri kazanımı sağlanmıştır.

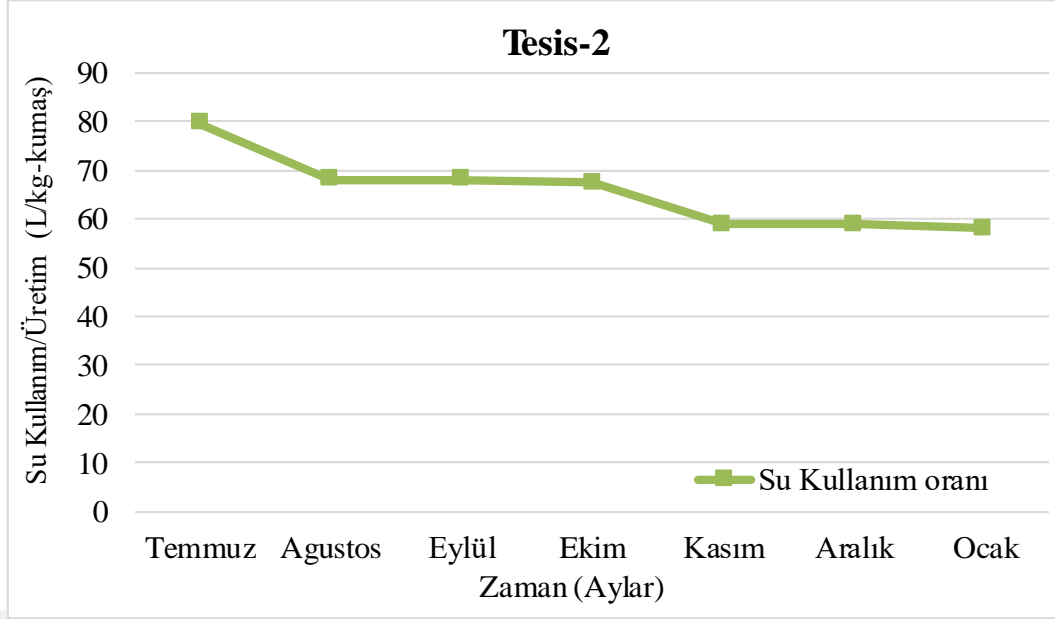
Sonraki dönemde ise su iyileştirmeleri ile ürün başına su tüketimi 58,16 L/kg-kumaş seviyesine indirilmiştir. Dolayısıyla su iyileştirmeleri ile yalnızca 0,74 L/kg-kumaş'lık bir su azaltımı gerçekleştirilmiştir. Buradaki su azaltım oranı ise %1.25 olarak gerçekleşmiştir.

Bu tesis için su azaltım hedefi 59 L/kg-kumaş iken, yapılan çalışmalar ile bu değer 58,16 L/kg-kumaş seviyelerine indirilmiştir. Böylece %27'lik bir su azaltımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.4. T2 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları

Tesiste ilk periyotta proses çıkış suyunun bir kısmının ters ozmos (TO) yöntemi ile arıtım yapılarak geri kazanılması durumu söz konusudur. İkinci aşamada ise Merserizasyon işleminden meydana gelen atıksu deşarj edilmek yerine tesis içinde ağarma işleminin ön yıkama suyu olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Son olarak tesisten çıkan atıksularda TO sisteminden önceki yumuşatma işleminin ardında tuvalet kullanım suyu olarak kullanılması uygun görülmüştür. Böylece T2 sürdürülebilir su anlayışında ürün başına su kullanımı 58,16 L/kg-kumaş ile istenilen hedefe ulaşılmıştır.



Şekil 4.5. T2’de su kullanımının üretilen kumaşa oranı

T2 çalışma sezonu içerisinde aylık su kullanım ve kumaş üretim miktarları Şekil 4.4’te verilmiştir. Sürdürülebilirlik uygulamaları sonucunda T2 üretilen ürün miktarına karşılık kullanılan su miktarının oranı Şekil 4.5’te verilmiştir.

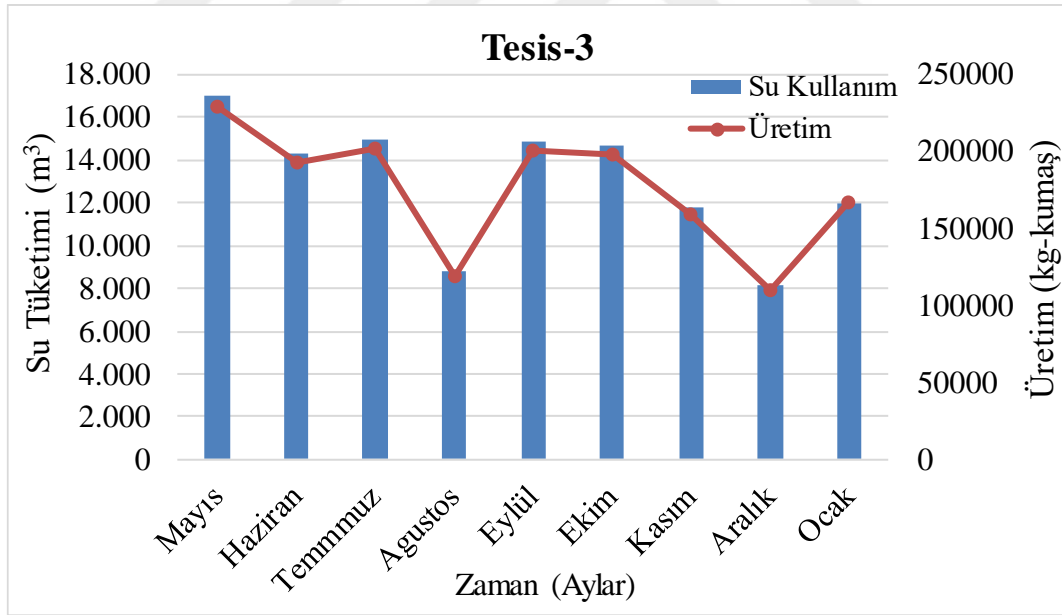
Çizelge 4.7. T2 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar

Sürdürülebilirlik Uygulaması	Uygulanan dönem	Uygulama Öncesi Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	Uygulama Sonrası Su Tüketimi (L/kg-kumaş)
Atıksuyun arıtılarak tekrar kullanımı	1.Dönem	79,73	67,51
Su kullanımında iyileştirme	2.Dönem	58,90	58,16

Tesisin sürdürülebilirlik çalışmaları olarak uyguladığı yöntemler arasında atıksuyun geri kazanılarak tekrar kullanılması ve su kullanımının iyileştirilmesi çalışmaları mevcuttur. Su geri kazanımı ile 12,22 L/kg-kumaş oranında su azaltımı sağlarken, su kullanımının iyileştirilmesi ile 0,74 L/kg-kumaş’lık bir su azaltımı sağlayabilmiştir. Bu sonuçlara göre su geri kazanımının su tüketimini azaltmada oldukça önemli bir uygulama olduğu sonucuna varılabilmektedir. Diğer işletmelerle kıyaslandığında ise en yüksek su azaltım miktarı T2’de elde edilmiştir. Bunun nedeninin ise işletmede uygulanan su geri kazanım çalışmasının olduğu söylenebilir.

4.2.3. Tesis-3

Bu tesiste sürdürülebilirlik uygulamalarının başlamasından önce ürün başına su kullanımını 77,67 L/kg-kumaş olarak tespit edilmiştir. T3 sürdürülebilirlik uygulamaları ile tesis içi su kullanımında iyileştirmeler yapmıştır. Yapılan sürdürülebilirlik uygulamaları Çizelge 4.8.'de verilmiştir. T3 kumaş boyama zamanlarını planlayarak koyu renkler ve beyazımsı renklerin farklı günlerde boyanmasını hedefleyen program hazırlamıştır. Renk değişikliği olduğunda makinede yıkamak gerekmektedir ve bu da aşırı su tüketimine yol açar. Bu nedenle üretimler arası yıkama ihtiyacını azaltmak için, koyu renkler ve açık renkler için üretimler planlanarak su tüketimi azaltılabilmektedir. İşletmede ilk dönemde bu uygulamaya geçilmiştir. Böylelikle ilk aşamada proses sonrası kazanların yıkanması için temiz su yerine önceki proses çıkışı suyunu bir sonraki proses için boya kazanlarının yıkanmasında kullanılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde, T3 tesisinde üretilen kumaş başına tüketilen su miktarının 77,67 L/kg-kumaş değerinden 74,21 L/kg-kumaş değerine düştüğü tespit edilmiştir.



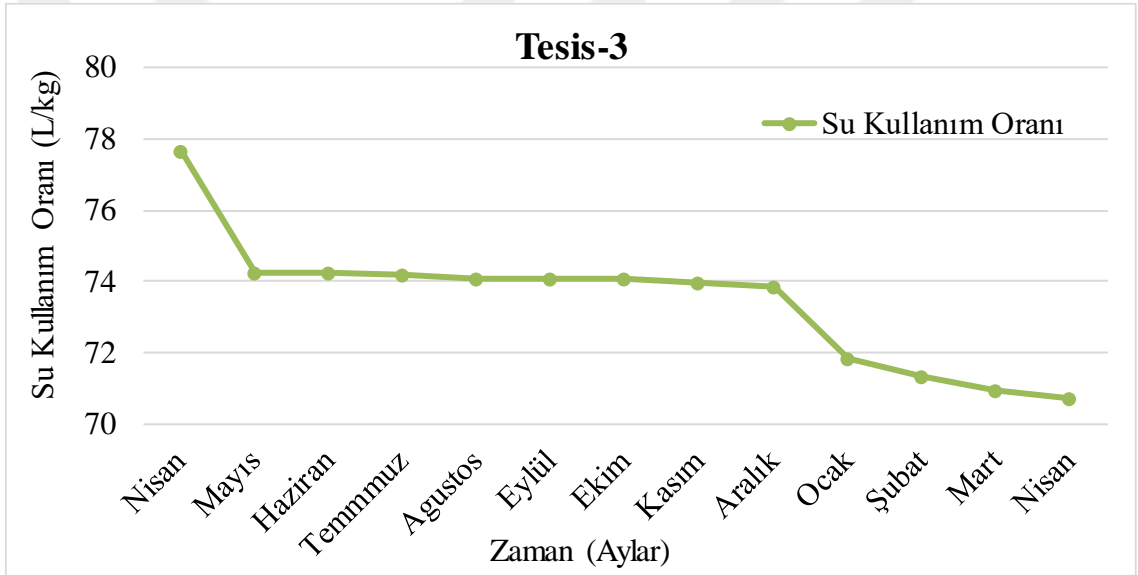
Şekil 4.6. T3 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları

Çalışmanın 2. aşamasında ise beyaz renkli veya beyaza yakın renklere boyama yapılması durumunda kazanların yıkanması için yine beyaz renkli oluşan atıksu kullanılarak suyun tesis içinde tekrar kullanımı sağlanmıştır. Bu çalışma neticesinde ise ürün başına su tüketiminin 74,06 L/kg-kumaş değerine düşürüldüğü tespit edilmiştir.

Üçüncü dönem uygulaması olarak ise boyama sonrası kazan yıkama işleminde kullanılan suyun miktarı azaltılmıştır. Özellikle benzer renklerin boyamaları arasında yapılan yıkamalarda kazanların temizlenmesinde kullanılan su miktarı azaltılmıştır. Aynı şekilde beyaz ve beyaza yakın renkler ile boyama işleminde de bu yöntem kullanılmıştır. Böylece su tüketimi 71,81 L/kg-kumaş olarak hesaplanmıştır.

Son dönemde de 2. Döneme benzer bir çalışma yapılmış olup, bu uygulama neticesinde de su tüketimi 70,68 L/kg-kumaş değerine kadar azaltılmıştır.

Tesis böylece %9 oranında su kullanımında iyileştirme yapmıştır. T3'teki çalışma dönemlerinde aylık üretilen kumaş ve tüketilen suların miktarları Şekil 4.6' da verilmiştir. Ayrıca su kullanımının üretilen kumaşa oranı Şekil 4.7' de verilmiştir.



Şekil 4.7. T3'te su kullanımının üretilen kumaşa oranı

Çizelge 4.8. T3 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar

Sürdürülebilirlik Uygulaması	Uygulanan dönem	Uygulama Öncesi Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	Uygulama Sonrası Su Tüketimi (L/kg-kumaş)
Su kullanımını planlama ve iyileştirme	1.Dönem	77,67	74,21
Su kullanımını planlama ve iyileştirme	2.Dönem	74,21	74,06
Su kullanımını planlama ve iyileştirme	3.Dönem	74,06	71,81
Su kullanımını planlama ve iyileştirme	4.Dönem	71,81	70,68

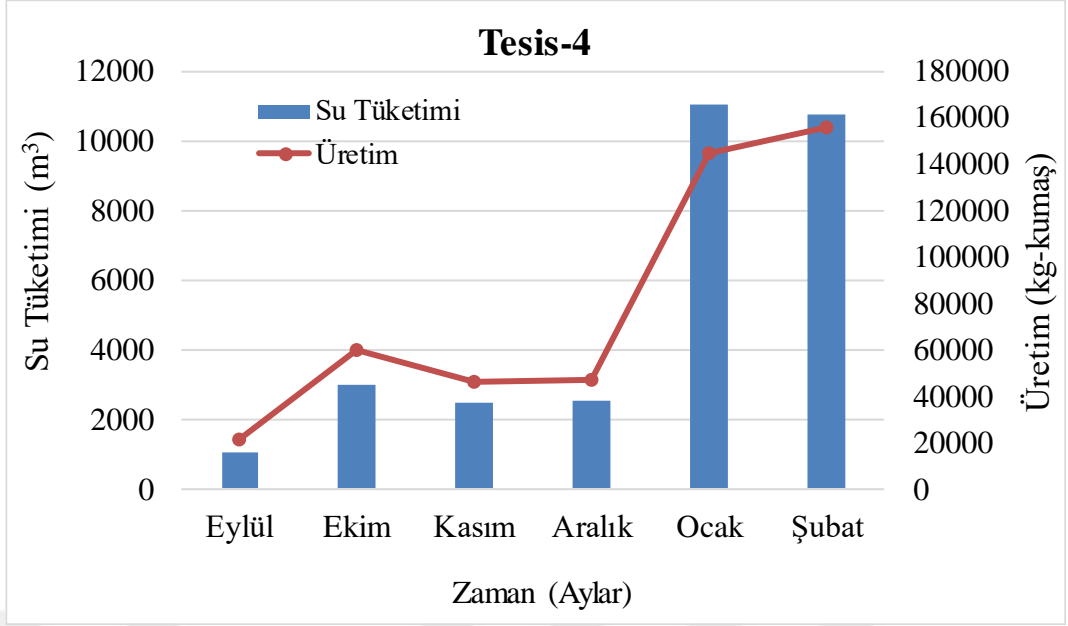
T3 işletmesi 4 dönem içinde tesis içi su kullanımında iyileştirme yapmıştır. Toplamda kullanılan suda 7,0 L/kg-kumaş verim elde edilmiştir (%9). Bu %9'luk verim 4 farklı dönemde 4 farklı uygulama neticesinde elde edilmiştir. Dolayısıyla her bir dönem için ortalama 1,75 L/kg-kumaş oranında iyileştirme sağlanmıştır.

T2 işletmesinde de uygulanan benzer uygulama neticesinde kullanılan su miktarında 0,74 L/kg-kumaş kadar düşüş sağlanmıştır. Dolayısıyla su kullanımının iyileştirilmesi neticesinde ürün başına su tüketimi 0,75-2 L/kg-kumaş miktarında azaltılabilmektedir.

4.2.4. Tesis-4

Bu işletme tekstil dokuma ürünleri yıkama üzerinde faaliyet göstermekte olup, T4 piyasaya sürdüğü ürün başına kullandığı su 82,99 L/kg-kumaş olarak tespit edilmiştir. Bu tesis %16 oranında ürün başına tüketilen su miktarını düşürerek 69,00 L/kg-kumaş değerine ulaşmıştır. Yapılan sürdürülebilirlik uygulamaları Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

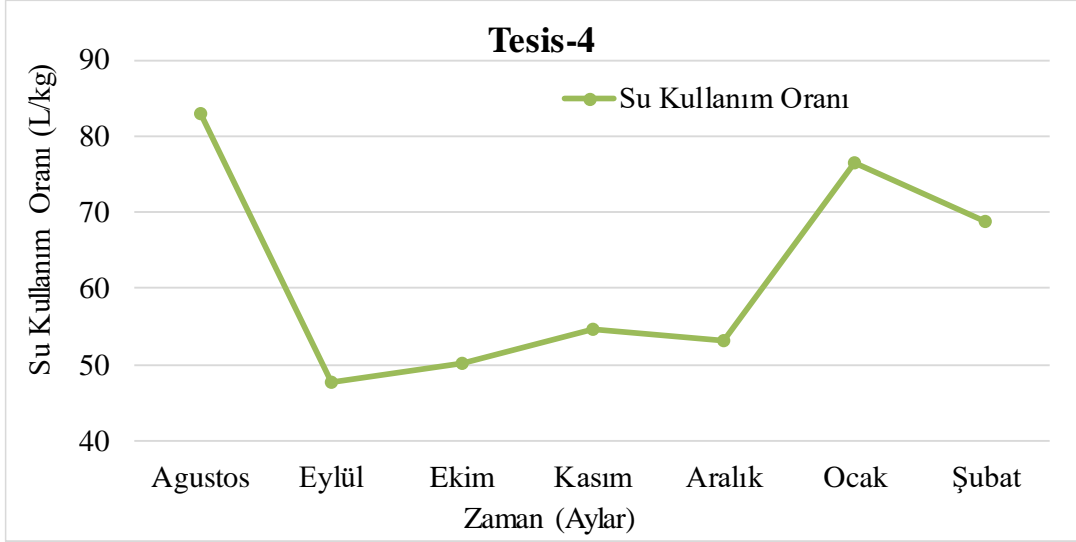
Birinci dönemde tesiste yıkama tamburlarında bir takım değişimler yapılarak yıkama verimleri artırılmıştır. Bu işlem ile tesiste yıkama sonrası oluşan atıksuların bir sonraki yıkama ünitesine gelen ürünlerin ön yıkamasında kullanılması sağlanmış ve bu sayede 28,40 L/kg-kumaş miktarında bir düşüş sağlanarak 54,60 L/kg-kumaş değeri elde edilmiştir. Bu dönemdeki su azaltım oranı %28,4 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.8. T4 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları

İkinci dönemde ise makine opsiyonları ile makine iyileştirilmesi uygulaması yapılmış ancak bu aşamada yapılan uygulama neticesinde su tüketiminde azaltım meydana gelmemiştir. Bunun aksine, işletme içerisindeki, üretimi yapılan kumaş m² ağırlığı ve elyafların hidrofilitesi arttığından, iş akışlarının değişimine bağlı olarak su tüketimlerinde artmalar meydana gelmiştir. Ancak genel olarak değerlendirildiğinde iki dönem sonunda su kullanım oranı 68,85 L/kg-kumaş olarak elde edilmiştir. Bu oran çalışma başlangıcında hedeflenen değerden daha düşük olup, bu su azaltımı çalışmanın birinci döneminde sağlanmıştır.

T4 işletmesi sezon içinde kullanılan su ve yıkaması yapılan ürünlerin aylık verileri Şekil 4.9'da verilmiştir. Ayrıca kullanılan suyun yıkaması yapılan ürünlere oranı Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.9. T4'te su kullanımının üretilen kumaşa oranı

Çizelge 4.9. T4 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar

Sürdürülebilirlik Uygulaması	Uygulanan dönem	Uygulama Öncesi Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	Uygulama Sonrası Su Tüketimi (L/kg-kumaş)
Su kullanımında iyileştirme	1.Dönem	82,99	54,60
Su kullanımında iyileştirme	2.Dönem	75,00	69,00

İşletmede atıksu arıtımı ile 7,99 L/kg-kumaş verim elde edilirken, su kullanım ve planlama ile 6,0 L/kg-kumaş verimi elde edilmiştir T4 işletmesi su kullanım konusunda yaptığı planlama ile çalışılan 5 tesis arasında tek seferde uyguladığı yöntem ile en fazla verimi sağlayan tesis olmuştur.

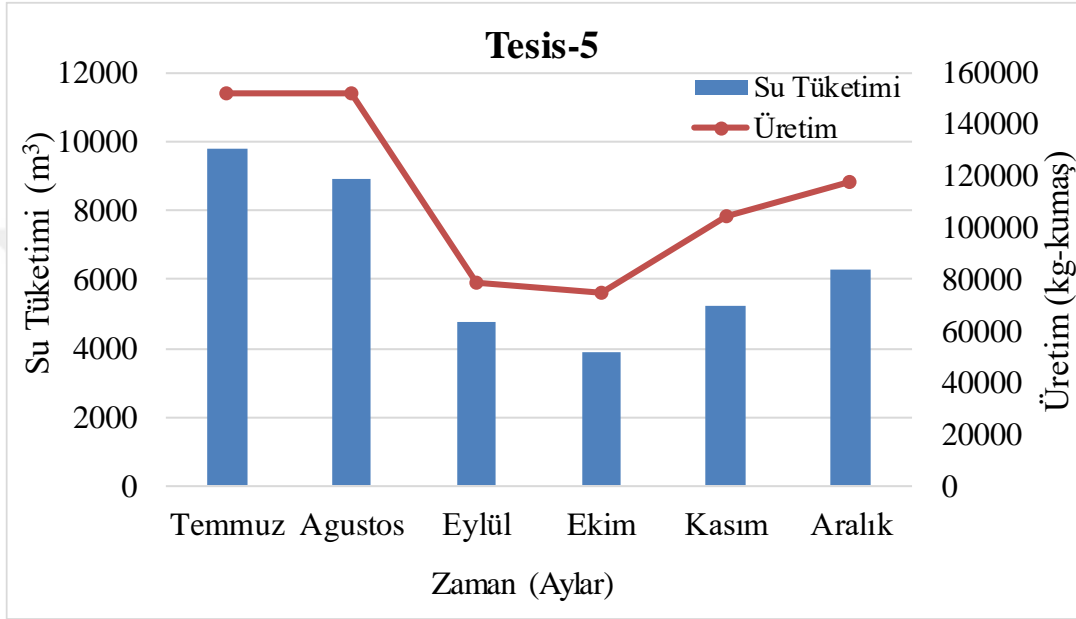
4.2.5. Tesis-5

Bu tesisteki başlangıç ürün başına kullanılan su miktarı 70,83 L/kg-kumaş olarak hesaplanmıştır. Bu tesiste iplik çekme ve boyama işlemi uygulanmaktadır. Tesiste sürdürülebilirlik uygulamalarının gerçekleştirildiği aşamalar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelgeden de görüleceği üzere, birinci dönemde iki farklı uygulama planlanmıştır. Bunlardan bir tanesi tesis içi su kullanımının planlaması ve iyileştirilmesi olup, bu çalışmada ıslak proses alanı temizleme suyunun tüketiminde sınırlama getirilmesidir. Bu dönemdeki ikinci uygulamada ise makine teçhizat yatırımı yapılmış

olup, işletmede mevcut olan ve 1/10 flote oranı ile çalışan makineler yerine 1/6 ve altı flote oranında çalışan yeni teknoloji iplik boyamaya yatırım yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci ve üçüncü döneminde ise proses optimizasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu optimizasyonlar, boyama sonrası yıkama işleminden 2 veya daha fazla banyo eksiltilmesi, Ön işlem sürecinden (ağartma veya ön yıkamadan) 1 banyo azaltılması ve en az %2 oranında yeniden boyama işleminin azaltılmasıdır.



Şekil 4.10. T5 işletmesinde aylık bazda su tüketimleri ve üretim miktarları

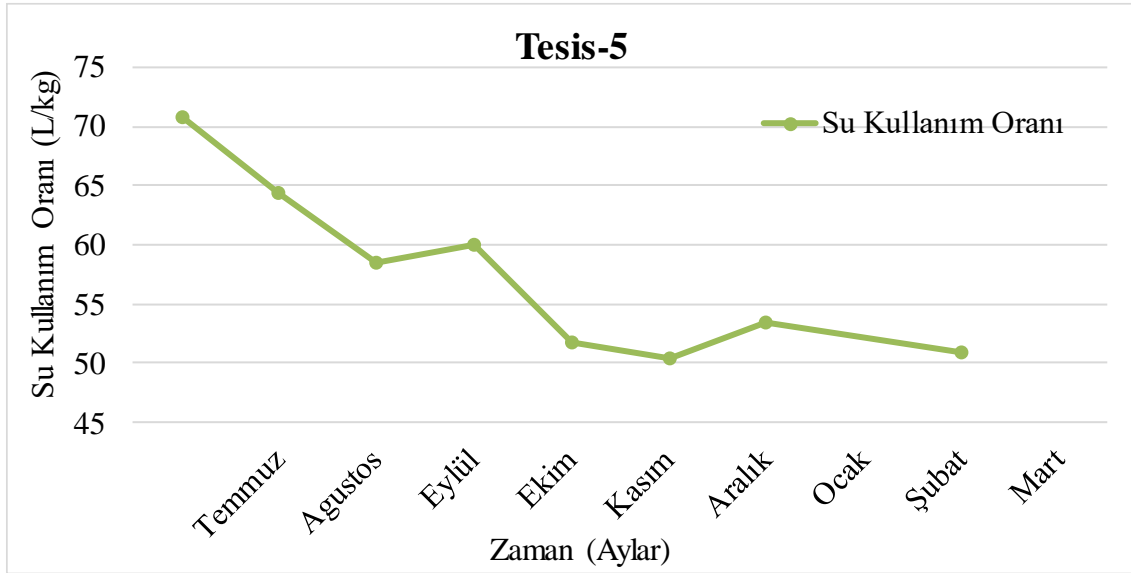
Yapılan uygulamalar neticesinde, birinci dönemde 70,83 L/kg-kumaş olan su kullanım oranı, 59,97 L/kg-kumaş'a düşürülmüştür. Bu aşamada iki farklı uygulama ile toplam 10,86 L/kg-kumaş oranında su azaltımı gerçekleştirilmiş olup, bunun oranı ise %15,33 olarak belirlenmiştir. İkinci ve üçüncü dönemlerde gerçekleştirilen uygulamalar genel olarak yönetim optimizasyonu ile alakalı olup, diğer tesislerde olduğu gibi düşük miktarlarda azalmalara neden olmuştur. Tesiste ikinci dönemde su tüketim oranı 1,4 L/kg-kumaş oranında azaltılmıştır.

Bu süreçte tesisteki su tüketimi tesis içi farklı düzenlemeler neticesinde 53,42 L/kg-kumaş seviyesine yükselmiş olup, üçüncü dönem sürdürülebilirlik uygulaması neticesinde 2,42 L/kg-kumaş azalarak 51 L/kg-kumaş seviyesine düşmüştür.

Dolayısıyla T5'te 3 farklı dönemde toplamda 5 farklı sürdürülebilirlik uygulaması gerçekleştirilmiş ve uygulamalarla %28'lik bir su minimizasyonu sağlanmıştır. Bu

süreçte en büyük etkiyi birinci dönemde gerçekleştirilen makine teçhizat yatırımının yaptığı söylenebilir.

İşletmede kullanılan su miktarı ile boyaması yapılan ürün miktarı sezon içinde aylık verileri Şekil 4.10'da verilmiştir. T5'te çalışma sezonu içinde su kullanım ve boyamasının yapıldığı kumaşa oranı Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. T5'te su kullanımının üretilen kumaşa oranı

Çizelge 4.10. T5 işletmesine ait dönemsel sürdürülebilirlik uygulamaları ve elde edilen sonuçlar

Sürdürülebilirlik Uygulaması	Uygulanan dönem	Uygulama Öncesi Su Tüketimi (L/kg-kumaş)	Uygulama Sonrası Su Tüketimi (L/kg-kumaş)
Su kullanımını planlama ve iyileştirme – Makine/Ekipman değişimi	1.Dönem	70,83	59,97
Proses optimizasyonu	2.Dönem	51,83	50,43
Proses optimizasyonu	3.Dönem	53,42	51,00

Tesis içinde sürdürülebilir uygulama yöntemleri arasında tesis içi proses optimizasyonu ile su kullanımında toplamda 3,82 L/kg-kumaş verimi elde edilmiştir. T5 işletmesinin uyguladığı tesis içi yıkama yönteminde yıkama sayısını düşürerek sağlamıştır. Diğer 4 tesis içinde bu yöntem ile su kullanım miktarının azaltılmasını çalışan tesis olmamıştır. T5 birinci dönemde yeni makine yatırımı yapmış ve tesis içi su kullanımı planlaması ile su kullanımında %15 verim elde etmiştir. T5 işletmesi ile benzer

sürdürülebilirlik uygulaması yöntemi T1 işletmesinde de makine ve ekipman yenilemesi ile uygulanmıştır. T1'deki iki farklı değişimde farklı verimler elde edilmiş olup, bu değişimlerden ikincisinde %13,20'lik bir verim elde edilmiştir. Bu sonuç T5'te elde edilen verime oldukça yakın bir değerdir. T1'de makine ekipman yenileme ile iki farklı dönemde 26,05 L/kg-kumaş ve 7,70 L/kg-kumaş verim elde edilmişken, T5'te bu verim 10,86 L/kg-kumaş seviyesinde kalmıştır. Ayrıca çalışılan diğer işletmeler ile kıyaslandığında oransal olarak en fazla su azaltımının gerçekleştiği tekstil işletmesi T5 olmuştur. Bu işletmedeki su azaltım oranı %28 olarak elde edilmişken, bu işletmeye en yakın değer T2'de elde edilmiş olup, T2'nin su azaltım oranı %27'dir. Bunun nedeninin ise, yenilemesi yapılan ekipman türü ya da temin edilen ekipmanın verimliliğinin ve işletmede gerçekleştirilen doğru optimizasyon uygulamalarının olduğu söylenebilir.

Tekstil endüstrilerinde kolay bir şekilde uygulanabilecek çeşitli su tasarrufu teknolojileri ve MET'ler mevcuttur. Örneğin, çeşitli temiz üretim önlemlerinin uygulanmasıyla tekstil endüstrisindeki su tüketiminin potansiyel olarak yaklaşık %15-79 oranında azaltılabileceği bildirilmiştir (Alkaya ve Demirer, 2014). Yapılan bu tez çalışmasında da değerlendirilen 5 farklı tesis işletmesinde farklı uygulamalarla, %1-40 arasında su azaltımı sağlanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Son 20-30 yılda doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve sürdürülebilir üretim süreçlerini destekleyen çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan biri de çevrenin ve kaynakların bir bütün olarak bütünleşik bir yaklaşımla korunması anlamına gelen kirliliğin önlenmesi veya genel olarak temiz üretimdir. Temiz üretim yaklaşımı, üretim süreçlerinde verimsizlik sonucu yüksek miktarda kaynak tüketiminin ve kirlenici oluşumunun önlenmesini amaçlar. Temiz üretim ve kirliliği önleme/en aza indirme yaklaşımları, üretim süreçlerini çevresel hususlar açısından optimize etmeye çalışır. Temiz üretim aynı zamanda proaktif bir çevre koruma stratejisi olarak da adlandırılır.

Türkiye'nin devam eden AB üyelik süreci kapsamında, mevcut yasal altyapının AB standartlarına uyumlaştırılması çalışmaları devam etmektedir. Bu bağlamda Türkiye'de bulunan işletmelerin de temiz üretim çalışmaları yürütmesi ve kaynak kullanımını azaltması zorunluluğu bulunmaktadır. Bu kaynaklardan en önemlisi ise sudur. Özellikle tekstil endüstrilerinde yüksek miktarlarda su tüketilmekte ve farklı karakteristiklerde atıksu meydana gelerek, çevreyi olumsuz şekilde etkilemektedir. Türk tekstil endüstrisine küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) hakimdir. Çok sayıda alt sektörden oluşur ve karmaşık üretim süreçlerine sahiptir. Türkiye İstatistik Kurumu'na göre tekstil sektörü, toplam endüstriyel su tüketiminin (yılda 191,5 milyon m³) %15'inden sorumludur ve imalat sektöründe ikinci en büyük endüstriyel su tüketicisidir (TÜİK, 2010). Bu nedenle su tüketiminin azaltılması ve su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi Türk tekstil sektörü için önemli konulardan biridir.

Bu bağlamda, bu tez çalışmasında farklı tekstil işletmelerindeki su tüketimleri ve su azaltım uygulamaları analiz edilmiştir. Özellikle farklı işletmelerde uygulanan farklı uygulamaların su azaltımına olan etkisi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Tez çalışması kapsamında 5 farklı tekstil işletmesi ve bu işletmelerde gerçekleştirilmiş olan farklı sürdürülebilirlik uygulamaları değerlendirilmiştir.

Çalışma neticesinde, işletme türüne ve gerçekleştirilen sürdürülebilirlik uygulamasına bağlı olarak %1 ile %40 arasında su azaltım verimlerinin elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Su geri kazanımının yapıldığı T2 işletmesinde en yüksek miktarda

su azaltımı elde edilmiş olup, su azaltımında TO sistemleri ile su geri kazanımının önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra makine teçhizat değişimi de su azaltımındaki önemli uygulamalardan bir tanesidir. Özellikle su tasarrufu sağlayan makine teçhizat değişimi ile yüksek oranlarda su azaltımının sağlanabileceği söylenebilir. Bu kapsamda T5 işletmesinde 1/10 flotte oranına sahip makinelerin 1/5 ve altı flotte oranına sahip, sulu veya havalı jet tipi makinelerle değiştirilmesi neticesinde %15'lik su azaltım verimi elde edilmiş olup, T5 işletmesindeki diğer proses optimizasyonu çalışmaları neticesinde toplamda %28'lik su azaltım verimi elde edilmiştir. Bu oran 5 tekstil işletmesindeki en yüksek orandır. Sonraki en yüksek oran ise T2'de elde edilmiş olup, T2'deki su azaltım verimi %27 olarak hesaplanmıştır. Bu işletmede oranın yüksek olmasının nedeni ise TO sistemi ile su geri kazanımının yapılmasıdır.

Yapılan çalışmadan da görüldüğü üzere tekstil endüstrilerinde gerçekleştirilen sürdürülebilirlik uygulamaları ve temiz üretim çalışmaları neticesinde su tüketimleri çok yüksek oranlarda azaltılabilmektedir. Bu nedenle temiz üretim çalışmalarının yaygınlaştırılarak, sürdürülebilir su yönetimine geçilmesi su kaynaklarının korunması açısından oldukça önemlidir.

Bunun yanı sıra işletmelerin net sonuca ulaşabilmesi için giriş-çıkış su miktarlarının ve proste kullanılan su miktarlarının periyodik olarak düzenli olarak ölçmesi gerekmektedir. Su kayıp-kaçakların önlenmesi için periyodik takibi, buhar kaçaklarının önlenmesi, yeni inovasyon makinaların eski versiyonları ile değiştirilmesi, su geri kazanım çalışmalarının yapılması, proses optimizasyonları, yeni kimyasalların takibi ve uygulanması, az taşar ve banyo sayılarının kısaltılması uygulamaları, koyu renk ve acık renklerin işlemlerinde konsolidasyon/düzenleme/iyi planlama, yıkama proseslerinde temiz son yıkama sularının biriktirilip, tekrar ilk banyoda kullanımı vb. gibi kritik uygulamaların işletmelerde yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Ayrıca bu tarz çalışmaların farklı sektörler ve farklı proses yapısına sahip işletmeler için de yapılmasına ve yüksek su azaltım verimliliği sağlayan uygulamaların tespit edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılacak olan bu çalışmalarla hem tekstil sektöründeki farklı proseslere sahip işletmeler için hem de farklı sektörler için kılavuzların oluşturulması bu tür temiz üretim uygulamalarının yaygınlaşmasına katkıda bulunacaktır. Bu nedenle bu tür çalışmaların yapılması önem arz etmektedir. (Eren 1999)

KAYNAKLAR

- Ağraş, S., ve Çetinkaya F., (2023). Tekstil Sektöründe Çevresel Duyarlılık ve Sürdürülebilirlik Politikalarına Yönelik Bir İçerik Analizi. *Equinox Journal of Economics Business and Political Studies* **10(1)**:26–48.
- Aksungur, N., ve Firidin., Ş., (2008). Su kaynaklarının kullanımı ve sürdürülebilirlik. *Aquaculture Studies* (2).
- Alper, F., (2015). *Sürdürülebilirlik Kavramı İçerisinde Su Ayak İzi: Tekstil Sektörü Örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi (Yüksek Lisan Tezi).
- Bhatnagar, R., Joshi. H., Mall, I. D.ve Srivastava, V. C. (2014). Electrochemical oxidation of textile industry wastewater by graphite electrodes. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* **49(8)**:955–66.
- Bisschops, I. ve Spanjers, H., (2003). Literature review on textile wastewater characterisation. *Environmental Technology United Kingdom* 24(11):1399–1411.
- Brik, M., Schoeberl, P., Chamam, B., Braun, R., & Fuchs, W., (2006). Advanced treatment of textile wastewater towards reuse using a membrane bioreactor. *Process Biochemistry*, **41(8)**, 1751-1757.
- Çavuşoğlu, B., (2015). *Tekstil Sektöründe Temiz Üretim Teknolojisi Uygulamaları*. Namık Kemal Üniversitesi (Yüksek Lisans Tezi).
- Demirel, Y. E., (2019). *Entegre Bir Tekstil İşletmesinde Temiz Üretim Uygulamaları*. *Progress in Retinal and Eye Research* **561(3)**:S2–3.
- Eren, H., A., (1999). *Tekstil terbiyesinde temiz üretim yaklaşımı çerçevesinde boyama sonrası yıkamaların incelenmesi*. Uludağ Üniversitesi (Yüksek lisan tezi)
- Geveci, A. ve Karakoç, F., (1999). Tekstil Ürünlerinin Uluslar arası Standartlarda Üretiminde Ekolojik Dengeyi Bozmayacak Temiz Üretim Teknolojilerinin Geliştirilmesine Işık tutacak Ar-Ge Çalışmalarının Yapılması Projesi Final Raporu., *Marmara Araştırma Merkezi*. Türkiye.
- Harmancioglu, N. B., Barbaros, F. ve Cetinkaya. C.P. (2013). Sustainability issues in water management. *Water Resources Management* **27**:1867–91.
- Hynes, N., Jesudoss, R., Kumar. J. S., Kamyab, H.,J., Sujana,A. J., Omar khashman, A. A., Ene, A., ve Suresh.B., (2020). Modern enabling techniques and adsorbents based dye removal with sustainability concerns in textile industrial sector-A comprehensive review. *Journal of cleaner production* **272**: 122636.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122636>

- Kocabas, A., Yukseler, M. H., Filiz., Dilek, B., ve Yetis. U., 2009. Adoption of European Union's IPPC Directive to a textile mill: Analysis of water and energy consumption". *Journal of environmental management* **91**(1):102–13.
- Lyu, Y., Liu, Y., Guo, Y., Tian, J., ve Chen. L., (2021). Managing water sustainability in textile industry through adaptive multiple stakeholder collaboration. *Water Research* **205**:117655.
- Menteşe, S., (2017). Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su Ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme *Journal of International Social Research* **10**(53):381–89.
- Metlioğlu, H. H., ve Yakın. V., (2021). Tekstilde sürdürülebilirlik: Hızlı moda markalarının sürdürülebilirlik stratejileri. *Opus International Journal of Society Researches* **18**:1883–1908.
- Namal, O. Ö. (2017). Tekstil endüstrisi atıksularının arıtımında kullanılan proseslerin araştırılması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 6:388–96.
- Odabaşı, E. (2001). Sanayide Temiz Üretim İçin Çevre Yönetimi: Tekstil Sektöründe Uygulama Örneği, Ankara Üniversitesi *Çevre Bilimleri Dergisi*
- Özkan, Ü., (2007). *Tekstil endüstrisi proses suyu hazırlanmasında membran proseslerin uygulanması*. Yıldız Teknik Üniversitesi (Yüksel Lisans Tezi)
<http://localhost:6060/xmlui/handle/1/6383>
- Öztürk, E., Yetis, U., Dilek, F. B., & Demirer, G. N. (2009). A chemical substitution study for a wet processing textile mill in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, **17**(2), 239-247.
- Öztürk, E., Koseoglu, H., Karaboyaci, M., Yigit, N. O., Yetis, U., ve Kitis. M., (2016). Minimization of water and chemical use in a cotton/polyester fabric dyeing textile mill. *Journal of Cleaner Production* **130**:92–102.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.080>
- Öztürk, E., (2014). *Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü ve Temiz Üretim Uygulamaları*. Süleyman Demirel Üniversitesi (Doktora Tezi).
- Öztürk, Ç. (2018). *Tekstil sektöründe temiz üretim tebliği uygulamaları* Namık Kemal Üniversitesi Master's thesis,
- Tess, R., Alfredo, K., ve Fisher. J., (2014). "Sustainable water management in urban, agricultural, and natural systems". *Water* **6**(12):3934–56.
- Tunç, T., (2019). *Yeşil işletme stratejileri ve uygulamaları üzerine nitel bir araştırma*. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi (Doktora Tezi)

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2010. Türk İmalat Sanayinde Su Tüketim Dağılımı.
Erişim: <http://www.tuik.gov.tr>.
- Üner, İ., ve Başaran. F.N., (2016). “Tekstilde Sürdürülebilirlik İçin Yöresel Ürünlerin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesindeki Rolü: Çaput Dokumacılığı Örneği”. *Akdeniz Üniversitesi*, IV. Yöresel Ürünler Sempozyumu ve Uluslararası Kültür/Sanat Etkinlikleri, Antalya.
- VNCPC, (2000). Vietnam Cleaner Production Center (2000). Mini-guide to Cleaner Production. Hanoi: Vietnam Cleaner Production Center
- Yeni, O., (2014). Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma: Bir yazın taraması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 16(3):181–208.

