



**ROTASYON VE DİJİTAL REAKTİF BASKILARIN  
ÇEVRESEL ETKİLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ  
TEKNİĞİYLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**Ali RÜZGAR**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ROTASYON VE DİJİTAL REAKTİF BASKILARIN ÇEVRESEL  
ETKİLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ TEKNİĞİYLE  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Ali RÜZGAR**

Prof. Dr. Mehmet KANIK  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

## TEZ ONAYI

Ali RÜZGAR tarafından hazırlanan “ROTASYON VE DİJİTAL REAKTİF BASKILARIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ TEKNİĞİYLE KARŞILAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Mehmet KANIK

**Başkan** : Prof. Dr. Mehmet KANIK  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



**Üye** : Prof. Dr. Hasan Basri KOÇER  
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa  
Bilimleri Fakültesi,  
Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim AKYILDIZ  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Ali BAYRAM

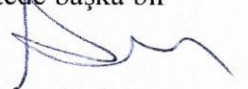
Enstitü Müdürü

25.11.2019

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**



03/01/2019

İmza

Ali RÜZGAR

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ROTASYON VE DİJİTAL REAKTİF BASKILARIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ TEKNİĞİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

**Ali RÜZGAR**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Mehmet KANIK

Tekstilde rotasyon baskı günümüzde en yaygın kullanılan baskı teknolojilerinden birisidir. Dünya tekstil piyasasında baskılı kumaşların %60'ı rotasyon baskı makineleri ile basılmaktadır. Baskı ve kurutma işlemleri sürekli olup üretim hızları yüksektir. Son yıllarda tekstil sektöründe hızla gelişen dijital baskı teknolojisinde ise şablonlar elimine edilmektedir. Desen doğrudan baskı yapılacak malzeme üzerinde üretilmektedir.

Bu çalışmada rotasyon ve dijital baskı teknolojileri, Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, rotasyon baskı teknolojisinde çevresel etki, enerji ve su tüketiminin renk sayısına göre arttığı görülürken, dijital baskıda renk sayısına göre ciddi bir değişimin olmadığı görülmüştür. Renk sayısına bağlı olarak dijital baskının, rotasyon baskıya göre daha çevreci olduğu, ancak doğalgaz ve elektrik tüketiminde rotasyon baskının daha avantajlı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstilde rotasyon baskı, tekstilde dijital baskı, temiz üretim, yaşam döngüsü analizi, YDA

2019, vii + 71 sayfa.

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

**THE COMPARISON OF ENVIRONMENTAL IMPACTS BETWEEN ROTARY  
SCREEN AND DIGITAL REACTIVE PRINTING BY LIFE CYCLE ASSESSMENT**

**Ali RÜZGAR**

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

**Supervisor:** Prof. Dr. Mehmet KANIK

Rotary screen printing is one of the most widely used printing technology in textile printing sector. In the world textile market, 60% of printed fabrics are printed with rotary screen printing technology. In rotary screen printing technology, printing and drying processes are continuous and printing speed is higher than other technologies. In recent years, textile digital printing technology that eliminates screens from printing process is becoming increasingly widespread. During the digital printing process, the patterns are produced directly on the fabric.

In this study, rotary screen and digital printing technologies were compared with Life Cycle Assessment (LCA). As a result of the comparison, it was seen that the environmental impact, energy and water consumption increased according to the number of colors in rotary screen printing technology, while there was no significant change in digital printing according to the number of colors. Depending on the number of colors, digital printing is more environmentally friendly than rotation printing. But rotation printing is more advantageous in natural gas and electricity consumption than digital printing.

**Key words:** Textile rotary screen printing, textile digital printing, clean production, life cycle assessment, LCA

2019, vii + 71 pages.

## TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmalarım sırasında desteğini esirgemeyen, bilgi birikimini, tecrübelerini ve değerli zamanını paylaŐan tez danıŐmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet KANIK ve çalışma boyunca desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Őule ALTUN KURTOğLU'na, çalıŐmalarım sırasında YDA yazılımını kullandığım çalıŐtıęım kurum BUTEKOM'a, çalıŐmayı gerçekleŐtirdięimiz SAVCAN Tekstil'e, veri toplama aşamasında destek olan iş arkadaŐlarım Elif Gamze TAŞKIN, Seda GÜNEY ve Özcan ALTINAY'a, tez çalıŐmalarım sırasında benden manevi tüm desteklerini esirgemeyen baŐta sevgili eŐim Duygu olmak üzere aileme en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ali RÜZGAR

03/01/2019



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1 GİRİŞ.....	1
2 KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Sürdürülebilirlik ve Çevre.....	3
2.2 Tekstil ve Çevre.....	5
2.3 Yaşam Döngüsü Analizi (YDA).....	9
2.3.1 Hedef ve Kapsamın Belirlenmesi.....	11
2.3.2 Envanter Analizi.....	12
2.3.3 Etki Değerlendirmesi.....	13
2.3.4 Sonuçların Yorumu.....	15
2.3.5 Raporlama.....	17
2.3.6 YDA'nın Uygulanması.....	17
2.4 Reaktif Baskı.....	20
2.4.1 Rotasyon Baskı Teknolojisi.....	22
2.4.2 Dijital Baskı Teknolojisi.....	26
2.4.3 Dijital ve Rotasyon Baskının Çevreye Etkileri.....	30
3 MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1 Materyaller.....	34
3.1.1 Kumaş ve Desen.....	34
3.1.2 Boyarmadde ve Kimyasal Maddeler.....	35
3.2 Makine ve Ekipmanlar.....	39
3.3 Yöntemler.....	40
3.3.1 Rotasyon ve Dijital Baskıda Proses Akışları.....	40
3.3.2 Baskı Yöntemleri.....	41
3.3.3 Fiksaj Yöntemleri.....	42
3.3.4 Baskı Sonu Yıkama Yöntemleri.....	42
3.3.5 Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) Yöntemi.....	42
3.3.6 Test Yöntemleri.....	45
4 BULGULAR.....	46
4.1 Kaynak Tüketimleri.....	46
4.1.1 Elektrik.....	46
4.1.2 Doğalgaz.....	48
4.1.3 Kümülatif Enerji.....	50
4.1.4 Su.....	51
4.2 Atık Su Analizleri.....	51
4.3 Çevresel Etkilerin Karşılaştırması.....	52
4.3.1 Ozon Tabakasının İncelmesi.....	57
4.3.2 Doğal Kaynakların Tükenmesi.....	57
4.3.3 Fotokimyasal Oksidasyon.....	58



4.3.4 Ötrofikasyon .....	59
4.3.5 Asidifikasyon .....	59
4.3.6 Karasal Ekotoksosite .....	60
4.3.7 Akarsu Ekotoksitesisi .....	61
4.3.8 Deniz Ekotoksitesisi .....	61
4.3.9 İnsan Sağlığına Etkiler .....	62
4.3.10 Küresel Isınma (GWP100a) .....	63
5 TARTIŞMA ve SONUÇ .....	64
KAYNAKLAR .....	66
EKLER .....	69
ÖZGEÇMİŞ .....	71



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik ve bileşenleri .....	4
Şekil 2.2. YDA aşamaları .....	11
Şekil 2.3. YDA sonuçların yorumlanması fazının diğer fazlar ile ilişkisi .....	16
Şekil 2.4. Heteroçiklik halkalı bir reaktif boyarmaddenin temel yapısı .....	20
Şekil 2.5. Rotasyon baskı makinesi .....	22
Şekil 2.6. Rotasyon baskı makinesi, baskı işlemi şematik gösterimi.....	23
Şekil 2.7. Dijital ve rotasyon baskıda üretim metrajına göre birim maliyetler .....	25
Şekil 2.8. Dijital baskı teknolojisi .....	27
Şekil 2.9. Rotasyon ve dijital baskı iş akış şemaları karşılaştırması.....	27
Şekil 2.10. Tekstil dijital baskı teknolojisinin sınıflandırılması .....	28
Şekil 2.11. Piezoelektrik prensibi şematik görünümü.....	29
Şekil 3.2. Yıkama işleminde tekne sıcaklıkları.....	42
Şekil 3.3. Sistem sınırları şeması .....	43
Şekil 4.1. Rotasyon ve dijital baskıda renk sayısına göre elektrik tüketimi .....	47
Şekil 4.2. Rotasyon baskı işleminde ortalama elektrik tüketimi dağılımı .....	47
Şekil 4.3. Dijital baskı işleminde ortalama elektrik tüketimi dağılımı .....	48
Şekil 4.4. Rotasyon ve dijital baskıda renk sayısına göre doğalgaz tüketimi .....	48
Şekil 4.5. Rotasyon baskı teknolojisinde proseslere göre doğalgaz tüketimi dağılımı...	49
Şekil 4.6. Dijital baskı teknolojisinin proseslere göre ortalama doğalgaz tüketimi.....	49
Şekil 4.7. Rotasyon ve dijital baskıda renk sayısına göre kümülatif enerji sarfıyatı .....	50
Şekil 4.8. Rotasyon ve dijital baskı teknolojilerinde renk sayısına göre su tüketimi .....	51
Şekil 4.9. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre ozon tabakasının incelmeye etkisi.....	57
Şekil 4.10. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre doğal kaynakların tükenmesi etkisi	58
Şekil 4.11. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre fotokimyasal oksidasyon etkisi .....	58
Şekil 4.12. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre ötrofikasyon etkisi.....	59
Şekil 4.13. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre asidifikasyon etkisi.....	60
Şekil 4.14. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre karasal ekotoksikite etkisi.....	60
Şekil 4.15. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre akarsu ekotoksikitesi etkisi.....	61
Şekil 4.16. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre deniz ekotoksikitesi etkisi .....	62
Şekil 4.17. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre insan sağlığına etkiler.....	62
Şekil 4.18. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre küresel ısınma etkisi.....	63

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Başlıca tekstil liflerinin sera gazı salınımları.....	7
Çizelge 2.2. Pamuk yaş apre işlemlerinin su ihtiyacı.....	8
Çizelge 2.3. Sentetik mamullerin yaş işlemlerinde kullanılan su miktarı.....	8
Çizelge 2.4. Bazı etki kategorileri ve kategori göstergeleri.....	13
Çizelge 2.5. Sera gazlarının küresel ısınmaya etkisi.....	14
Çizelge 2.6. Rotasyon baskı, baskı patında kullanılan bileşenlerin oranı.....	26
Çizelge 2.7. Baskı prosesi atık sularında bulunan olası maddeler.....	31
Çizelge 2.7. Baskı prosesi atık sularında bulunan olası maddeler.....	32
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kumaşın teknik özellikleri.....	34
Çizelge 3.2. Rotasyon baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar.....	35
Çizelge 3.2. Rotasyon baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar (devam).....	36
Çizelge 3.2. Rotasyon baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar (devam).....	37
Çizelge 3.3. Dijital baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar.....	37
Çizelge 3.3. Dijital baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar (devam).....	38
Çizelge 3.3. Dijital baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar (devam).....	39
Çizelge 3.4. Rotasyon ve dijital baskı proses akım şemaları.....	40
Çizelge 3.4. Rotasyon ve dijital baskı proses akım şemaları (devam).....	41
Çizelge 3.5. Rotasyon ve dijital baskı alt prosesleri.....	41
Çizelge 4.1. Renk sayısına göre rotasyon ve dijital baskı kaynak tüketimleri.....	46
Çizelge 4.2. Rotasyon ve dijital baskı üretim süreçlerinde buhar tüketimi.....	50
Çizelge 4.3. Atıksu analizi sonuçları.....	52
Çizelge 4.4. 1 renkli rotasyon baskı kumaşın çevresel etkileri.....	52
Çizelge 4.4. 1 renkli rotasyon baskı kumaşın çevresel etkileri (devam).....	53
Çizelge 4.5. 6 renkli rotasyon baskı kumaşın çevresel etkileri.....	53
Çizelge 4.6. 12 renkli rotasyon baskı kumaşın çevresel etkileri.....	54
Çizelge 4.7. 1 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri.....	54
Çizelge 4.7. 1 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri (devam).....	55
Çizelge 4.8. 6 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri.....	55
Çizelge 4.8. 6 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri (devam).....	56
Çizelge 4.9. 12 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri.....	56

## 1 GİRİŞ

1970’li yıllarda yaşanan enerji krizi ile birlikte, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları uluslararası anlamda gündeme gelmeye başlamıştır. 1987 yılında Birleşmiş Milletlerin yayınladığı “Brundtland Raporu” ile “sürdürülebilir kalkınma” kavramı resmîlik kazanmıştır. 1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı öncülüğünde Rio Konferansı düzenlenmiş, kalkınmanın sosyo-ekonomik ve çevresel yönleri değerlendirilmiştir. Konferans sonunda alınan kararlar Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) adıyla uluslararası anlaşma olarak imzalanmıştır. Ardından 1997 yılında Kyoto’da protokol imzalanmış, bu protokole göre; sanayileşmiş ülkelere sera gazı salınımı kısıtlamaları getirilmiştir (Gönel 1990, Anonim 1998, Leblebici Kacur 2008).

Bu dönemde çevre kirliliğinin ciddi boyutlara ulaşması, diğer endüstrilerle birlikte tekstil endüstrisini de etkilemiştir. Tekstil sektöründe doğrudan çevresel etki, kimyasal madde içeren atık suların alıcı ortamlara deşarj edilmesi, enerji tüketimi, havaya olan emisyonlar, katı atıklar, gürültü ve koku ile oluşmaktadır (Tarakçioğlu ve ark. 2013, Taşkın ve Güney 2014).

Ulusal ve uluslararası kısıtlamaların yanı sıra; son yıllarda toplumsal duyarlılığın artması ile birlikte, artan üretimin çevreye etkisi sık sık sorgulanmakta, bilinçli tüketiciler tercihlerini çevreye daha az zarar veren ürünlerden yana kullanmaktadır. Bununla birlikte kamuoyu baskısı oluşturarak, bu konuda kısıtlayıcı yasaların çıkmasına öncü olmaktadır. Öte yandan üreticilerin daha verimli üretim ve markalaşma hedefi tüketicilerin talepleri ile örtüşmekte, “Yeşil Pazar” olarak nitelendirilen ayrı bir pazarın oluşmasını sağlamaktadır. Amerikalı tüketiciler, doğayı koruma hususunda şirketlerin lider rolde olması gerektiğini, mevcut ekonomik krize rağmen doğa dostu üretimin yaygınlaşması gerektiğini düşünmektedir. 27 AB ülkesinde 2011 yılında yapılan araştırmaya göre Avrupalıların %76’sı çevresel sorunların kendi gündelik yaşamlarını doğrudan etkileyeceğini düşünmektedir. Avrupalıların %91’i ürettiği çevresel kirlilikten firmaların sorumlu olması gerektiğini ve anket katılımcılarının %87’si çevreyi korumada kendisinin de önemli bir rolü olduğunu dile getirmiştir. Avrupalıların %72’si daha çevre dostu ürünlere daha fazla para ödeyebileceğini ve %53-58’i ülkesinin maliyet bazlı yerine çevre dostu tedariki desteklemesi gerektiğini düşünmektedir. Yapılan ankette önceki

yıllara göre çevresel bilincin arttığı gözlenmiştir. Aynı ankete göre Avrupalıların %23'ü çevre dostu ürünlerin kullanılması gerektiğini düşünmekte ve %17'si düzenli olarak ekolojik etiketli çevre dostu ürünler kullanmaktadır (Anonim 2011a, Anonim 2011b).

Bir ürünün veya organizasyonun ekolojik etkisini tüm aşamaları ile nicel olarak oraya koymak için YDA kullanılmaktadır. YDA bir ürün veya organizasyonun tüm girdi ve çıktılarını beşikten mezara kavramıyla bütüncül olarak değerlendirir. Ürün veya hizmetin hammaddelerinin elde edilmesinden, bertaraf edilinceye kadar tüm aşamalarını inceleyen bir analiz yöntemidir. Bu yöntemle göre sadece çevresel değil, aynı zamanda mali ve sosyal açıdan değerlendirme yapmak mümkündür. ISO 14040 serisi standartlara göre standardize edilmiştir (Demirer 2011).

Çalışmada tekstilde dijital ve rotasyon baskı teknolojisi karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma 1,6 ve 12 renkli olmak üzere 3 farklı varyantta renk sayısına göre yapılmıştır. Rotasyon baskı teknolojisi tekstil endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan baskı yöntemidir. Rotasyon baskının diğer baskı yöntemleri ile kıyaslandığında kullanım oranı %65'dir. Tekstilde dijital baskı teknolojisi ise dijital teknolojilerin gelişimi ile paralel olarak hızla gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Başlarda numune üretimi ve kısa metrajlarda kullanılan dijital baskı teknolojisi baskı hızının da artması ile birlikte uzun metrajlarda da gittikçe daha tercih edilir hale gelmiştir. Rotasyon baskının yaygın kullanımı, dijital baskının hızlı yükselişi ve çevresel farkındalığın artması; dijital ve rotasyon baskının ekolojik etkilerinin kıyasını akıllara getirmektedir (Dietz 2015).

Bu çalışma ile, dijital ve rotasyon baskının enerji ve su tüketim değerleri, ekolojik etkileri elde edilerek karşılaştırılması yapılmıştır. Ölçümlerde, doğrudan dijital ve rotasyon baskının üretim aşamalarını karşılaştırmak amaçlanmıştır. Bu nedenle materyallerin taşınması(ulaşım), atık su arıtma prosesleri, atıkların değerlendirme yöntemleri çalışmaya dahil edilmemiştir.

## 2 KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1 Sürdürülebilirlik ve Çevre

Doğal kaynakların gelişigüzel tüketilmemesi gerektiği daha önceleri bilinse de özellikle 1973 ve 1979 enerji krizlerinden sonra uluslararası platformlarda sınırlı enerji kaynaklarının tasarruflu kullanılması, yeni enerji kaynaklarının aranıp bulunması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sıkça tartışılmaya başlanmıştır. 1987 yılında Birleşmiş Milletler, Brundtland Raporu'nu yayınlamıştır. Brundtland Raporu'nda "sürdürülebilir kalkınma" kavramı resmileştirilmiştir. Bu raporu bugün yürütülmekte olan ve geleceğe yönelik projelerin birçoğunun temelini oluşturan 1992 yılında gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı öncülüğünde Rio Konferansı takip etmiştir. Rio deklarasyonunda aşağıdaki 4 konu masaya yatırılmıştır:

1. Sosyal ve ekonomik boyutlar
2. Kalkınma için kaynakların korunması ve yönetilmesi
3. Konu ile ilgili başlıca grupların rollerinin güçlendirilmesi
4. Uygulamaların nasıl yapılacağı ve kaynakların nasıl konuya mobilize edileceği

Rio Konferansı'nda alınan kararlar daha sonra Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) adıyla uluslararası anlaşma olarak imzalanmıştır (Gönel 1990, Lablebici Kacur 2008).

Sürdürülebilirlik üzerine bir sonraki önemli adım, 1997 yılının aralık ayında Kyoto'da BMİDÇS 3. Taraflar Konferansı'nda atılmıştır. İmzalanan protokole göre, sanayileşmiş ülke taraflarına bağlayıcı sera gazı salımı sınırlama yükümlülükleri getirmiştir. 16 Şubat 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolüne Mayıs 2010 yılında 191 ülke ve Avrupa Birliği (AB) taraf olmuştur (Anonim 1998).

Ülkemizde 1996-2000 yıllarını kapsayan Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, doğal kaynak yönetiminin ve sürdürülebilirliğin yer aldığı ilk plandır. Türkiye 24 Mayıs 2004 yılında BMİDÇS'ne katılmıştır. 26 Ağustos 2009 yılında ise Kyoto Protokolüne taraf olmuştur. Türkiye özel konumundan dolayı Protokolün Ek-B listesinde yer almamış, dolayısı ile 2008-2012 yıllarında herhangi bir yükümlülüğü olmamıştır (Anonim 1995,

<http://cevremuhendisligi.org/index.php/cevre-aktuel/cevre-hukuku/312--turkiye-ve-kyoto-protokolu>, 2018).

1992 yılında Rio'da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda alınan kararların uygulanmasının değerlendirilmesi ve somut stratejilerin geliştirilmesine yönelik 26 Ağustos-4 Eylül 2002 tarihlerinde Güney Afrika Cumhuriyeti'nin Johannesburg kentinde Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi düzenlenmiştir. Zirvede Türkiye'nin sosyal, ekonomik ve çevresel durumunu ele alan Türkiye Ulusal Raporu sunulmuştur (Leblebici Kacur, 2008).

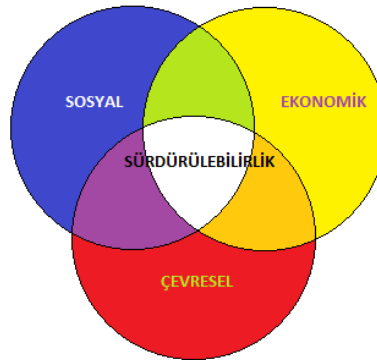
Sürdürülebilirlik farklı şekillerde tanımlanmakla birlikte Brundtland Raporu'nda sürdürülebilir kalkınma; "günümüzün ihtiyaçlarını gelecek nesillerin ihtiyaçlarını kısıtlamadan karşılanması süreci" olarak tanımlanmaktadır (Gonel 1990).

Sürdürülebilir kalkınmanın kabul gören üç boyutu bulunmaktadır: Ekonomik, çevresel ve sosyal (Harris 2000).

Ekonomik: Tarımsal ve endüstriyel üretim, hizmet üretimi, devlet ekonomisinin sürekliliğini ifade eder.

Çevresel: Çevrenin korunması, yenilenebilir kaynakların kullanılması.

Sosyal: Eşitlik, sağlık, eğitim gibi çeşitli sosyal hizmetleri ifade eder (Şekil 2.1) (Harris 2000).



**Şekil 2.1.** Sürdürülebilirlik ve bileşenleri

## 2.2 Tekstil ve Çevre

1970'lerin sonuna doğru, çevre kirliliğinin ciddi boyutlara ulaşarak, insan sağlığını da etkilemeye başlaması, endüstri ile birlikte "tekstil ekolojisi" kavramını da ortaya çıkartmıştır. Tekstil ekolojisi ile birlikte çevre dostu tekstilleri ifade eden "eko tekstil" kavramı ortaya çıkmıştır. Amaç tekstilin tüm üretim aşamalarında doğaya ve insanlara zarar verilmemesidir. Bu bağlamda dünyada çeşitli önlemler alınmaya başlamış, sınırlamalarla birlikte ekolojik etiketler geliştirilmiş, Türk Hazır Giyim ve Tekstil sektörü de bu gelişmelerden yakından etkilenmiştir (Tarakçıoğlu ve ark. 2013).

Tekstil, çok çeşitli aplikasyon ve proseslerden oluşur. Bu aplikasyon ve proseslerin kendine özgü çok çeşitli üretim tekniklerini barındırır ve bunlara ek olarak kullanılan lifin ve üretilecek nihai ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenen değerlerde olması gerekir. Aynı üretim tipinde bile iki tekstil fabrikası tam olarak aynı metotları kullanmaz. Tekstil üretimi, ham lifin üretimi ve hasadı ile başlayarak, lif prosesleri ve eğirme, iplik hazırlama, kumaş üretimi, ağarma, boyama, baskı ve apre gibi birçok farklı procesten oluşur ve her proses farklı nitelikte atık ve emisyon oluşturur (Anonim 1996a, Anonim 1996b).

Özellikle Almanya'nın başını çektiği Avrupa ülkelerinde; tekstil ve konfeksiyon sektöründe kullanılan boya, kimyasal, yardımcı kimyasal vb. maddelerin insan sağlığı açısından duyarlılığındaki artış, bu kimyasalların sorgulanmasına yol açmıştır. Bunun sonucu olarak kanserojen arilamin ihtiva eden azo boyarmaddelerinin tekstil ve konfeksiyon sektöründe kullanılması, ithalatı ve ihracatı Almanya'da yasaklanmıştır. Ardından 1994 yılında Türkiye'de de Sağlık Bakanlığı genelgesi ile söz konusu boyarmaddelere kısıtlama getirilmiştir (Tarakçıoğlu ve ark. 2013).

Gelişmekte olan ülkelere kötü çalışma koşullarını iyileştirme çabalarının bir sonucu olarak Avrupa Birliği ülkeleri tarafından "Sosyal Sorumluluk SA 8000" standardı geliştirilmiştir. SA 8000 standardı tedarikçi seçiminde dünyanın ilk evrensel ahlak standardı olarak nitelendirilebilir. Son yıllarda Avrupalı büyük hazır giyim ve konfeksiyon firmaları, ürünlerini Doğu Avrupa ve Asya ülkelerinde üretirmekte ve bu bölgelerdeki kötü çalışma koşulları sık sık gündemi meşgul etmekte ve tartışılmaktadır (Öztuna 2017).



Tekstil sektöründe çevresel etki, birincil olarak kimyasal madde içeren atık suların alıcı ortamlara deşarj edilmesiyle oluşmaktadır. Diğer önemli unsurlar; enerji tüketimi, havaya olan emisyonlar, katı atıklar, gürültü ve kokudur (Taşkın ve Güney 2014).

Tekstil lif üretimini incelediğimizde; tekstil lifi kullanımı 1980 yılından 2010 yılına kadar 29,4 milyon tondan, 69,7 milyon tona yükselmiştir. Bu rakamın %32,9'u pamuk, %60,1'ini selülozik olmayan sentetik lifler, %3,9'unu selülozik lifler, %2,1'ini yün, %1'ini ise keten oluşturmaktadır (Dahllöf 2004, Anonim 2013a). Pamuk sıcak iklimlerde yetişir ve yetişmesi sırasında büyük miktarlarda suya ihtiyaç duyar. Dünyanın birçok yerinde sulama sürdürülebilir değildir. Aral Gölü'nün 1950'den 1990 yılına kadar su kapasitesinde %60'luk bir düşüş gözlenmiştir. Bu düşüşün temel nedeni pamuk sulamasıdır. Suyun tuzluluğu ise 3 katına çıkmıştır. Güneybatı ABD'de, yer altı suyu kaynakları kullanılan hızla yenilenememektedir. Pamuğun yetiştirilmesi sırasında ciddi miktarlarda pestisit kullanılmaktadır. Grasser ve ark. (1999)'nın raporuna göre, dünyada tüketilen toplam insektisit miktarının %24'ü ve pestisit miktarının %11'i pamuk yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Ekilebilir alanların sadece %2,4'ünde ekili olmasına rağmen bu rakamlar pamuk ekiminin pestisitlerden dolayı oluşan çevresel etkilerde büyük paya sahip olduğu düşünölmektedir. Yün üretimi sırasında, birçok ölkede koyunlarda, sentetik pyrethroid veya organofosfat tipi pestisitler kullanılmaktadır. Birleşik Krallıkta her bir koyun yılda 1,25-30 ml %100 aktif bileşen kullanılır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) pestisitlerin kullanımından dolayı yılda 3 milyon insanın hastalandığını ve 20 000 insanın yaşamını yitirdiğini tahmin etmektedir. İsveç Çevre Koruma Ajansı, İsveç'te uzun süredir kullanılmayan DDT, dieldrin gibi kimyasalların yurt dışında kullanıldığını ve hala ihracat yoluyla ölkeye girdiğini belirlemiştir. Polyester üretiminde katalizör olarak kullanılan antimon da doğaya sızarak endişelere neden olmaktadır. Doğada biriken antimonun çevresel etkisi hakkındaki bilgimiz maalesef sınırlıdır (Dahllöf 2004). Viskon üretiminde selüloz hamuru ormanlardaki olgun ağaçlardan elde edilmektedir. Selüloz hamurundan lif elde etmek ve elde edildikten sonra temizlemek için ise bol miktarda kimyasal kullanılmaktadır. Kullanılan bu kimyasallar ise su ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Bir ton viskon lifi üretimi sırasında 450 tona yakın suya ihtiyaç duyulmaktadır (Chen ve Burns 2006, Shen ve ark. 2010).

Tekstilde kullanılan enerjinin %23'ü dokuma prosesinden, %34'ü iplik eğirme prosesinden, %38'i kimyasal işlemlerden ve kalan %5'i ise diğer işlemlerden oluşmaktadır. Genellikle üretim kapalı binalar içerisinde yapıldığından, çevreye fazla bir etkisi olmamakla birlikte, iplik eğirme, dokuma ve örme işletmelerinde işçilerin koruyucu önlemler alması gerekmektedir. Alınmadığı takdirde işletmelerde çalışan kişilerde gürültü kirliliğine bağlı olarak %80'lere varan işitme kayıplarına yol açabilmektedir (Choudhury 2014, Taşkın ve Güney 2014).

Çizelge 2.1'de başlıca tekstil liflerinin sera gazı salınımları yer almaktadır. Sera gazı emisyonlarının temel kaynağı enerji tüketimi ve baca gazı emisyonlarıdır (Muthu ve ark. 2012).

**Çizelge 2.1.** Başlıca tekstil liflerinin sera gazı salınımları (Muthu ve ark. 2012)

<b>LİF</b>	<b>1 kg lif için CO<sub>2</sub> eş değeri sera gazı</b>
Naylon 6	5,5
Naylon 66	6,5
Viskon	9
Akrilik	5
Polyester	2,8
Organik Pamuk	2,5
Yün	2,2
Konvansiyonel Pamuk	6
Keten	3,8
Polipropilen	1,7

Tekstil endüstrisinde gerçekleştirilen proses işlemlerine göre değişen yüksek miktarlarda su tüketilir. Yaş işlemlerde boya banyosunda bulunan boya, kumaşa farklı özellikler kazandırmak için kullanılan çeşitli kimyasallar ve apre kimyasalları tekstil yüzeyine aktarılır. Buna ek olarak birçok kumaş hazırlık işlemleri, haşıl sökme, yıkama, ağartma, merserizasyon işlemlerinde su kullanılmaktadır. ABD Çevre Koruma Ajansı'na (USEPA) göre 9 ton/gün birim üretimde 36 000 litre su tüketilmektedir (Shaikh 2009).

Tekstil, tarımdan sonra temiz su kaynaklarının en fazla tüketen ikinci sektördür. Ortalama bir boya ve apre işleminde 1 ton kumaş için 200 ton su, kullanılan kimyasallar ile kirletilir. Proses suyuna paralel olarak, termal işlemlerde yoğun sıcak su ve buhar tüketimi gerçekleştirilir (Choudhury 2014).

Tekstil proseslerine göre su ihtiyacı Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'deki gibidir (Shaikh 2009).

**Çizelge 2.2.** Pamuk yaş apre işlemlerinin su ihtiyacı (Shaikh 2009)

Proses	1 kg su/1000 kg kumaş
Haşılama	500-8200
Haşıl Sökme	2500-21000
Hidrofilleştirme	20000-45000
Ağartma	2500-25000
Merserizasyon	17000-32000
Boyama	10000-300000
Baskı	8000-16000

**Çizelge 2.3.** Sentetik mamullerin yaş işlemlerinde kullanılan su miktarı (Shaikh 2009)

Proses	1 kg su/1000 kg kumaş				
	Rayon	Asetat	Naylon	Akrilik/Modakrilik	Polyester
Hidrofilleştirme	17000-34000	25000-84000	50000-67000	50000-67000	25000-42000
Tuz Banyosu	4000-12000	-	-	-	-
Ağartma	-	33000-50000	-	-	-
Boyama	17000-34000	34000-50000	17000-34000	17000-34000	17000-34000
Özel Apreler	4000-12000	24000-40000	32000-48000	40000-56000	8000-12000

Tekstil atık suları pH, sıcaklık, renk ve oksijen ihtiyacı farklı birçok çeşit kimyasalı içinde barındırır. Tekstil atık sularının alıcı ortama deşarjı ile deniz ve akarsu yaşamlarının tehdit edilmesi, ötrofikasyon ve asidifikasyona neden olmakta insan sağlığına etki etmektedir

(Rutherford ve ark. 2003, Taşkın ve Güney 2014). Proses atık suları, kirliliğin temel kaynağını oluşturur. Alkalın ve yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı (biochemical oxygen demand-BOD)(200-700 mg/L), kimyasal oksijen ihtiyacı (chemical oxygen demand-COD) (yaklaşık BOD'nin 2-5 katı), katı maddeler, yağ ve zehirli organikler, boyama ve aprede oluşan fenoller, ağartmada oluşan halojenlenmiş organik bileşikler bu kirliliğe örnek olarak verilebilir. Boyama atık suları yüksek oranda boya içerir ve bakır ve krom gibi ağır metaller içerirler. Yün prosesi bakteri ve patojenlerin salınımına neden olabilmektedir. Doğal liflerin korunmasında pestisitler kullanılabilir ve bu pestisitler yıkama ve durulama sırasında atık sulara karışabilmektedir. Pestisitler aynı şekilde güve korumada da kullanılmakta, sentetik kumaşlar için bromlanmış alev geciktiriciler, laminasyon için isosiyenatlar kullanılmaktadır. OECD tarafından bazı kimyasalların ve pestisitlerin kullanımı yasaklanmıştır. Atık sularda DDT ve PCP gibi pestisitlerin bulunmaması, civa, arsenik, bakır gibi metallerin bulunmaması gerekmektedir (Anonim 1996).

Tekstilin çevreye olan etkisinde diğer önemli bir nokta ise havaya olan emisyonlardır. Hava emisyonları tozun yanında; yağ dumanları, asit buharları, koku ve buhar kazanı baca gazları örnek verilebilir. Bitim işlemleri, kurutma işlemleri ve solvent kullanımı uçucu organik bileşikler (Volatile organic compounds-VOCs) ortaya çıkmasına neden olmaktadır. VOC konsantrasyonu termosol prosesi için 10mg karbon/m<sup>3</sup>'ten başlayarak kurutma ve kondenzasyon proseslerinde 350 mg karbon/m<sup>3</sup>'e kadar çıkmaktadır (Anonim 1996). Kuru temizlemede perkloroetilen kullanılmaktadır. ABD'de kuru temizleme sırasında 100 kg giysi için 2-2,5 kg perkloroetilen havaya salınmaktadır. İsviçre'de yapılan bir çalışmada ise 100 kg giysi için 0,75 kg perkloroetilen kullanıldığı ve bu değer ciddi bir kısmının tutularak imha edildiği saptanmıştır (Dahllöf 2004).

### **2.3 Yaşam Döngüsü Analizi (YDA)**

Son yıllarda artan çevre bilinci; bir ürünün çevre üzerine muhtemel etkilerinin tespit edilerek daha iyi anlaşılması ve azaltılması amacıyla çeşitli yöntemler arayışına yöneltmiştir. Bu amaçla Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) metodu geliştirilmiştir.

YDA, bir ürünün üretilebilmesi için kullanılan ham maddelerin tedarikinden, üretimi, kullanımı, kullanım ömrünün sonunda işlenerek geri dönüşümü ve bertarafına kadar muhtemel çevresel etkilerini inceler (Anonim 2006a).

YDA ile ürünün tüm yaşamı boyunca (beşikten mezara) tüm emisyon ve sarfiyatlarından doğan iklim değişikliği, stratosferik ozonun azalması, troposferik ozon oluşumu, ötrofikasyon, asidifikasyon, insan ve çevre ekotoksitesitesi, kaynak tüketimi, su kullanımı, alan kullanımı ve ses gibi birçok etki değerlendirilebilmektedir (Rebitzera ve ark 2004).

Bir YDA'nın kapsamı ürünün tüm yaşamını kapsayabileceği gibi sadece bir kısmını da kapsayabilir. Örneğin bir tekstil ürününün sadece boyama aşamasının çevresel etkilerini ölçmek istediğimizde sadece o kısımda YDA çalışması yapılabilir. Bir ürünün hammadde eldesini "beşik", çıkan atıkların tasfiyesi veya bertarafını "mezar", her proses ayrımını ise "kapı" olarak nitelendirdiğimizde YDA analizinin kapsamı 4 başlıkta ifade edilebilir.

1. Beşikten mezara
2. Beşikten kapıya
3. Kapıdan kapıya
4. Beşikten beşiğe

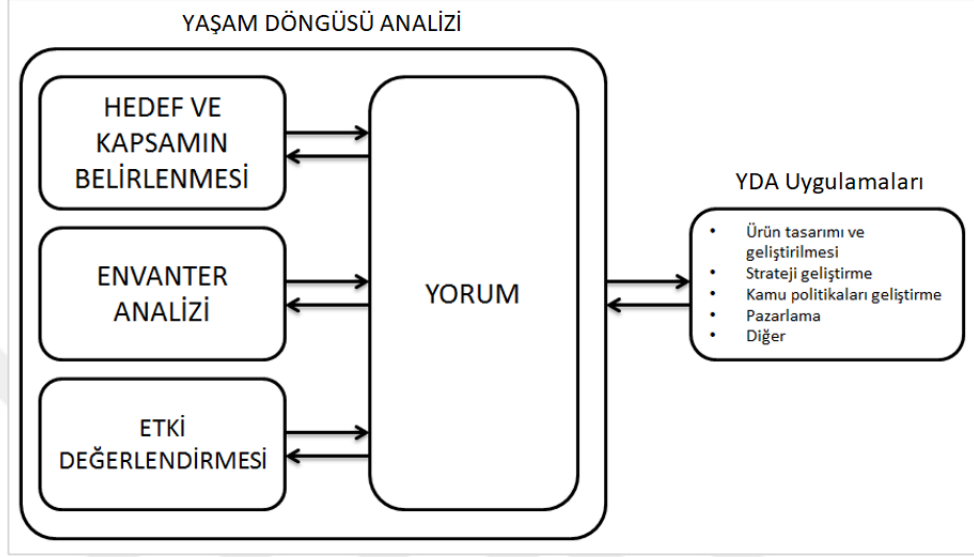
Beşikten mezara bir ürünün hammaddesinin eldesinden, kullanımı ve bertarafına kadar olan aşamaları kapsar. Beşikten kapıya YDA analizinde ise ürünün hammaddesinin eldesinden, herhangi bir prosesinin sonuna kadar değerlendirme yapılır. Kapıdan kapıya yaklaşımda ürünün belli prosesleri incelenirken, beşikten beşiğe analizde geri kazanım söz konusudur (Anonim 2006a, Demirer 2011).

YDA analizinin aşamaları aşağıdaki gibidir:

1. Amaç ve Kapsam: Bu aşamada çalışmanın amacı, kapsamı, sınırları ve ne derece detaylı bilgi alınacağı belirlenir.
2. Envanter Analizi: Amaç ve kapsam ışığında, belirlenen ürünün belirlenen birimine göre üretim prosesinin tüm girdi ve çıktıları belirlenerek hesaplanır.
3. Etki Analizi: Envanter analizinde tespit edilen sarfiyatların ve emisyonların çevresel etkilerinin çıkarıldığı aşamadır.

4. Yorumlama: Etki analizi sonuçlarına göre, eğer karşılaştırma yapılıyor ise, tercih edilecek ürün belirlenir, çevresel etkilerin nerelerde neden daha yoğun geldiği değerlendirilir (Demirer 2011).

Şekil 2.2’de YDA aşamaları şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.2. YDA aşamaları (Anonim 2006a)

### 2.3.1 Hedef ve Kapsamın Belirlenmesi

Hedef ve kapsamın belirlenmesi adımı YDA'nın ilk fazıdır. Hedef ve kapsam, analiz edilecek ürün veya hizmete göre YDA ekibi tarafından açık ve net bir şekilde belirlenir. Hedef ve kapsamın ürün veya hizmete uygun olmasına dikkat edilmelidir. YDA'nın iteratif bir uygulama olması, hedef ve kapsamın daha sonraki proseslerde yeniden belirlenmesini olanaklı kılmaktadır (Carlson ve ark. 2003).

**Çalışmanın Hedefi:**

Yapılacak olan çalışma, neden YDA yapılacağı, hedef kitle, çalışmanın sonuçlarının kimlerle paylaşılacağı çalışmanın ilk adımı olan bu aşamada belirlenir (Anonim 2006b).

**Çalışmanın Kapsamı:**

Bu aşamada üretim sisteminin sınırları ve fonksiyonları, paylaşırma prosedür ve hesaplamaları, çalışacak ürün veya hizmet (fonksiyonel birim) net bir şekilde tespit edilir.

Ayrıca YDA etki değerlendirme metodolojisi ve etki tipleri, kısıtlamalar, varsayımlar, veri kalitesi gereklilikleri, hazırlanacak raporun tipi ve formatı da bu aşamada belirlenir (Anonim 2006b).

Fonksiyonel Birim:

Fonksiyonel birim tüm girdi ve çıktıların kendisine göre hesaplandığı/oranlandığı referans birimdir. Fonksiyonel birim üretim sisteminin ana fonksiyonlarını tanımlar ve bu fonksiyonun ne kadarının değerlendirildiğini ifade eder. Çalışmada iki farklı üretim sistemi karşılaştırılıyor ise iki farklı sistemin fonksiyonel birimlerinin karşılaştırılabilir olmasına dikkat edilmelidir (Brujin ve ark. 2002).

Sistem Sınırları:

Sistem sınırları üretim prosesinde hangi birim proseslerin dahil edileceğini, hangilerinin ise çalışma dışında bırakılacağını belirler. Sistem sınırları çalışmanın daha sonraki aşamalarında genişletilip daraltılabilir. Hassasiyet analizleri bu noktada karar vermemize yardımcı olur (Carlson ve ark. 2003).

### **2.3.2 Envanter Analizi**

Hedef ve kapsamın belirlenmesi ile envanter analizinin planı oluşturulmuş olur. Sistem sınırlarına dahil edilen tüm birim prosesler için girdi ve çıktılar kalitatif ve kantitatif olarak tespit edilir. Veriler ölçüm, hesaplama veya tahmin yoluyla elde edilebilir. Herhangi bir yayından temin edilen verilerde yayın kaynak olarak belirtilmelidir (Anonim 2006b).

Çevresel Etkinin Paylaştırılması (Allocation):

Çevresel Etkinin Paylaştırılması (Allocation) veri hesaplamalarında önemli bir adım olup ana üretim hattının, farklı üretim akışlarına belirli kurallara göre bölünmesidir. Birçok üretim prosesinde birden fazla ürün oluşur veya kullanılan hammaddelerin girişlerinde ara maddeler ve kullanılmayan atık maddeler oluşur. Bu durumda allocation ile çevresel etki paylaştırılır (Heijungs ve Guinee 2007).

### 2.3.3 Etki Değerlendirmesi

Etki değerlendirmesinde envantere dahil edilen girdi ve çıktılar, çevresel etkisine göre değerlendirilerek etkisi hesaplanır. Etki değerlendirmesinin bileşenleri aşağıdaki gibidir (Pennington ve ark. 2004):

1. Zorunlu Bileşenleri
  - a. Etki kategorilerinin, kategori bileşenlerinin ve karakterizasyon modelinin belirlenmesi
  - b. Toplanan envanter sonuçlarının etki kategorileri ile eşleştirilmesi (Sınıflandırma)
  - c. Etki kategorisi sonuçlarının hesaplanması (Karakterizasyon)
2. İsteğe Bağlı Bileşenleri
  - a. Normalizasyon
  - b. Gruplama
  - c. Ağırlıklandırma
  - d. Veri kalitesi analizleri (The International Standards Organisation, 2006)

Etki Değerlendirmesinin Zorunlu Bileşenleri:

Etki kategorilerinin, kategori bileşenlerinin ve karakterizasyon modelinin belirlenmesi:

Etki kategorileri farklı düzeyde farklı çevresel etkileri belirler. Örneğin doğaya etki eden kategorilerde asidifikasyon, ötrofikasyon, küresel ısınma vb. sayılabilir. Bunlar orta nokta etki kategorisi olarak da bilinmektedir. Ayrıca bu orta nokta etkilerin bir sonucu olarak son nokta etki kategorileri olan biyolojik çeşitliliğin azalması, insan yaşamının kısalması gibi kategoriler örnek verilebilir (Carlson ve ark. 2003).

Etki kategori göstergeleri etkinin kantitatif olarak şiddetini belirler. Farklı etki kategorilerinin, kategori göstergeleri Çizelge 2.4'te verilmiştir (Anonim 2006b).

**Çizelge 2.4.** Bazı etki kategorileri ve kategori göstergeleri (Anonim 2012)

<b>Etki Kategorisi</b>	<b>Kategori Göstergesi</b>
Stratosferdik Ozon Tüketimi	CFC-11
Küresel Isınma Etkisi	CO <sub>2</sub>
Asidifikasyon	SO <sub>2</sub>
İnsan Sağlığına Etkiler	DALY



Toplanan envanter sonuçlarının etki kategorileri ile eşleştirilmesi (Sınıflandırma):

Bu aşamada envanteri oluşturulan girdi ve çıktılar çevresel etkisine göre etki kategorilerine atanır. Bazı maddeler sadece bir etki kategorisinde etkili olabildiği gibi bazı maddeler birden fazla etki kategorisinde etki edebilmektedir (Dahllöf 2004b, Anonim 2012).

Etki kategorisi sonuçlarının hesaplanması (Karakterizasyon):

Karakterizasyon ile çevresel etkinin şiddeti hesaplanır. Çevresel etkinin şiddeti aynı miktarda iki madde arasında farklılık göstermektedir. Bu farklılık karakterizasyon faktörü ile ifade edilmektedir. Küresel ısınma etkisinde farklı maddelerin karakterizasyon faktörleri Çizelge 2.5'deki gibidir (Carlson ve ark. 2003, Pennington ve ark. 2004).

**Çizelge 2.5.** Sera gazlarının küresel ısınmaya etkisi (Anonim 2014)

Sera Gazı	Küresel Isınma Potansiyeli (KIP)
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
NO <sub>2</sub>	310
HFCs	140-11.700
PFCs	6.500-9.200
SF <sub>6</sub>	23.900

Bir ürünün veya hizmetin herhangi bir etki kategorisinde Küresel Isınma Etkisi hesaplanırken karakterizasyon faktörleri kullanılarak aşağıdaki yol izlenir (Anonim 2008a):

Envanter Verisi X KIP = Küresel Isınma Etkisi

Çalışmanın etki etki değerlendirme aşamasında CML IA-Baseline ve Cumulative Energy Demand metotları (karakterizasyon setleri) kullanılmıştır.

İsteğe Bağlı Bileşenler:

Normalizasyon:

Normalizasyon çevresel etki kategorilerini karşılaştıran bir araçtır. Çevresel etki göstergelerinin sonuçları seçilen referans bilgiye göre normalize edilir (Anonim 2008a).

**Gruplama:**

Sonuçları spesifik alanlarda daha kolay yorumlamak için etki kategorileri iki veya daha fazla gruba ayrılır. Örneğin kaynakların kullanımına, oluşan emisyonlara, global veya yerel ölçekli olmasına göre etki kategorileri gruplandırılabilir. Gruplamada etki kategorileri yüksek orta ve düşük önceliğe göre hiyerarşik olarak sıralanabilir (Carlson ve ark. 2003, Anonim 2008a).

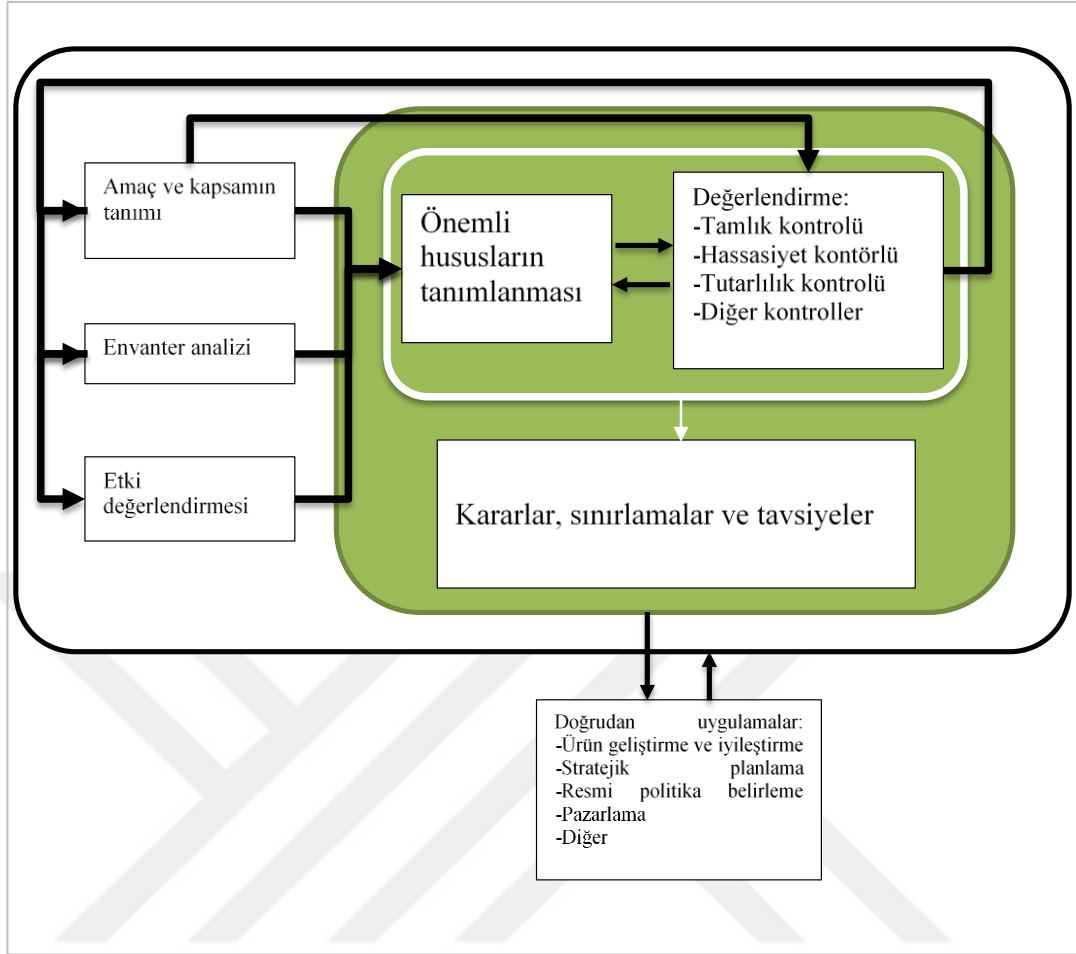
**Ağırlıklandırma:**

Ağırlıklandırma ile farklı etki kategorilerine algılanan ilişki ve öneme göre bağıl değerler veya ağırlık atanır. Algılanan önem ve ilişkiye göre değerlendirme yapılır. Bilimsel değildir (Anonim 2006b, Anonim 2008a).

#### **2.3.4 Sonuçların Yorumu**

Sonuçların yorumu adımı YDA'nın son aşamasıdır. Bu aşamada envanter analizinde ve etki değerlendirmesinde elde edilen bilgiler, hedef ve kapsama uygun bir şekilde sistematik olarak belirlenir, kontrol edilir ve değerlendirilir. Şematik gösterimi Şekil 2.3'teki gibidir. Sonuçların yorumlanması aşağıdaki fazlardan oluşur (Anonim 2006b, Anonim 2008a).

- YDA envanter analizi ve etki değerlendirmesi aşamasındaki önemli hususların tespit edilmesi
- Bütünlük, uygunluk ve hassasiyet kontrolleri
- Sonuçlar, sınırlamalar ve tavsiyeler



**Şekil 2.3.** YDA sonuçların yorumlanması fazının diğer fazlar ile ilişkisi (Anonim 2006b)

YDA envanter analizi ve etki değerlendirmesi aşamasındaki önemli hususların tespit edilmesi:

YDA'nın birinci fazında belirlenen hedef ve kapsama göre envanter analizi ve etki değerlendirilmesi aşamalarındaki önemli noktalar tespit edilir. Önemli noktalar envantere, etki kategorilerinde veya ürünün veya hizmetin yaşam döngüsü aşamalarında olabilir. Örneğin envantere yüksek enerji tüketimi, yüksek atık miktarı, etki kategorilerinde ötrofikasyon etkisinin yüksek olması, yaşam döngüsünde üretim aşaması veya kullanım aşamasında çevresel etkinin yüksek olması gibi örnekler verilebilir (Carlson ve ark. 2003).

Bütünlük, uygunluk ve hassasiyet kontrolleri:

Bütünlük, çalışmanın hedefi ve kapsamı doğrultusunda yorumların yapılabilmesi için tüm bilgi ve verilerin sağlanmasını ifade eder. Yapılan kontrol sonucunda herhangi bir tutarsızlığında tespitinde, tutarsızlığın bulunduğu faza dönülerek (Envanter Analizi, Etki Değerlendirmesi) tutarsızlık giderilir. Gerekli durumlarda Hedef ve Kapsam'da değişikliğe gidilebilir. Uygunluk, çalışma sırasında yapılan varsayımların, kullanılan metotların ve elde edilen verilerin çalışmanın hedef ve kapsamına uygun olup olmadığını ifade eder. Veri kalitesini, zamansal ve mekânsal farklar, sistem sınırları, çevresel etki paylaşırma (allocation) yöntemi, etki değerlendirme yöntemi kontrol edilir. Hassasiyet kontrollerinin hedefi sonuçların güvenilirliğini test etmektir. Veri sapmalarının, çevresel etki paylaşırma (allocation) yönteminin ve yapılan hesaplamaların Etki Kategorisi sonuçlarını nasıl etkilediği analiz edilir (Anonim 2006b).

### **2.3.5 Raporlama**

YDA metodolojisinde 4 aşama tamamlandığında raporlama aşamasına geçilir. Raporlamada 4 aşamada elde edilen materyaller kapsamlı bir şekilde rapor edilir. Dokümantasyon açık ve düzenli olmalıdır. Raporda; sonuçlar, veriler, metot, varsayımlar ve kısıtlamalar okuyucunun ayrıntıları kavrayabileceği ve değerlendirebileceği yeterli detayda verilmelidir (Anonim 2008a).

### **2.3.6 YDA'nın Uygulanması**

YDA analizi ile:

- Ürün veya hizmetin çevresel sonuçları sistematik olarak değerlendirilebilir.
- Devlet gibi toplu kararların alındığı yerlerde bir planının kabulünde bir veya daha fazla ürün, hizmet veya prosesin çevresel analizi yapılabilir.
- Yaşam döngüsü adımlarında veya birim proseslerde havaya, suya ve toprağa olan çevresel emisyonlar saptanır.
- Ürünün veya hizmetin yaşam döngüsü aşamaları ile çevresel ortam arasında çevresel sorunları belirlenir.
- Kaynak tüketiminin ve çevresel emisyonların insana ve doğaya etkileri yerel, bölgesel ve küresel manada değerlendirilebilir.

- Belirlenen ürünlerin veya rakip ürün veya proseslerin çevreye ve sağlığa etkileri ortaya konur.
- Bir veya daha fazla alanda çevresel sorunlar tespit edilebilir. (Anonim 2008a)

Bu bağlamda YDA çoğunlukla;

- Ürün tasarımı ve geliştirilmesi
- Strateji geliştirme
- Kamu politikalarının geliştirilmesi
- Pazarlama
- Diğer amaçlarla kullanılmaktadır (Anonim 2006a).

Kullanılan Yazılım ve Veri Tabanlarından Örnekler:

- TRACI: Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı'nın geliştirmiş olduğu etki değerlendirme metodolojisidir.
- The Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME): APME, belli sektörlerde yıllık olarak plastik tüketimi ve geri dönüşümü verileri yayınlamaktadır.
- The Impact Estimator for Buildings: Mimarlar, mühendisler ve araştırmacıların yeni bina ve tamirat faaliyetlerinin çevresel etkisini tahmin etmelerinde kullanabilecekleri bir uygulamadır.
- BEES 3.0: Yapı malzemelerini çevresel ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi için kullanılan yazılımdır.
- Ecoinvent: YDA analizinde kullanılan envanter veri tabanıdır.
- ECO-it 1.3: Ürün çevresel yükünün hangi aşamada daha yüksek olduğunu hesaplayan bir yazılımdır.
- EcoScan 3.0: Ürünlerin çevresel etkisi ve maliyetini hesaplamada kullanılan yazılımdır. Eko Tasarımda kullanılmaktadır.
- Economic Input-Output Life Cycle Assessment: ABD'de elde edilen belirli bir kazanç başına ortalama çevresel etkiyi hesaplayan bir yazılımdır.
- GaBi 4 Software System and Databases: Ürünlerin, proseslerin ve teknolojilerin çevresel, mali ve sosyal yönden YDA analizlerinde kullanılan ve aynı zamanda kendi veri tabanı bulunan yazılımdır.

- GREET Model: Araştırmacılar motorların ve farklı yakıt kombinasyonlarının sera gazı salınımını, emisyonların ve enerji kullanımını değerlendirdikleri bir araçtır.
- IDEMAT 2005: Tasarım aşamasında materyal seçiminde kullanılan bir araçtır. Materyaller, prosesler ve bileşenlerinin teknik bilgilerini içeren veri tabanı kullanılır.
- IVAM LCA Data 4.0: Farklı sektörlerde YDA için kapsamlı veri içeren veri tabanıdır.
- KCL-ECO 4.0: Komplike YDA analizlerinde kullanılan, allocation, etki değerlendirmesi modülleri ve grafik araçları içeren bir araçtır.
- LCAPIX: Çevresel ve mali açıdan kantitatif ölçüm imkanı sağlayan bir YDA aracıdır.
- Life-Cycle Inventory Database: Yakıt üretimi, yanması, elektrik üretimi ve dönüşüm prosesleri gibi genel anlamda verilerin yer aldığı bir YDA veri tabanıdır.
- REGIS: ISO 14031'e göre kurumsal çevresel performansın dengelenmesinde ve geliştirilmesinde kullanılan bir yazılımdır.
- SimaPro 7: Kompleks analizlerin gerçekleştirilebildiği, veri tabanı ve değerlendirme metotlarını da içeren kapsamlı bir YDA yazılımıdır.
- SPINE@CPM: Her tip nakliye taşımacılığı, enerji kaynaklarının üretimi, materyal üretimi, atık yönetimi alternatifleri gibi detaylı verileri içeren bir veri tabanıdır.
- SPOLD Data Exchange Software: SPOLT 99 formatında veri dönüşümünü sağlayan bir yazılımdır.
- Umberto: enerji ve materyal akışlarının şematize edildiği, verilerin farklı kaynaklardan veya doğrudan modellendiği ve hesaplandığı bir sistemdir (Anonim 2008a).

#### YDA Etki Değerlendirmesinin Kısıtları:

YDA etki değerlendirmesinin göz önünde bulundurulması gereken bazı kısıtları bulunmaktadır:

- YDA evresel meseleleri tümüyle değerlendirmez. Elde edilen sonuç hedef ve kapsamda belirtilen hususların değerlendirmesidir (Carlson ve ark. 2003).

- YDA sonuçlarında okunan değerler genellikle lokal değil, bölgesel ve küresel ölçektir (Dahllöf 2004b).
- YDA, maliyetli bir süreçtir ve zamana ihtiyaç duyulur. Verilerin elde edilme zorluğuna göre analiz süreci uzayabilir (Anonim 2008a).

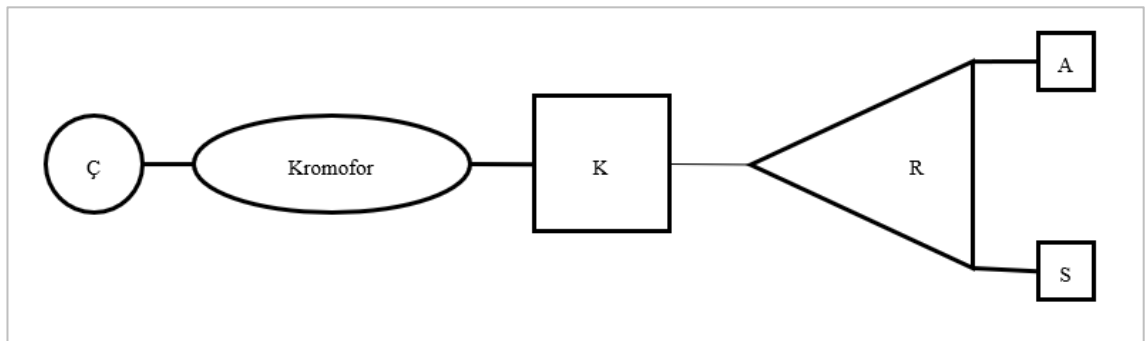
## 2.4 Reaktif Baskı

Pigment baskıdan sonra selülozik kumaşlarda en yaygın kullanılan baskı yöntemidir. Geleneksel baskı yöntemleri ile basılan kumaşların %26'sında, dijital baskı ile basılan kumaşların %28'inde reaktif baskı kullanılmaktadır (Kanık 2013a, Korger ve ark. 2015).

Reaktif boyarmaddeler sadece selülozik elyafın değil, aynı zamanda; yün, ipek ve poliamid elyafının renklendirilmesinde de kullanılmaktadır (Kartal 2003).

Reaktif baskıda boyarmadde, kumaşa kimyasal olarak bağlanarak kovalent bağ kurar. Kumaş ile boyarmadde arasında kimyasal bağın sağlanabilmesi için ortamın bazik olması gerekmektedir. Boyarmadde ile kumaş arasındaki tutunma kimyasal bağ ile sağlandığından, reaktif boyarmaddelerle boyanmış kumaşların renk haslıkları daha yüksektir (Anonim 2012).

Bütün reaktif boyarmaddeler, renkli kromofor bir grup, bir reaktif grup, bir de çözünürlük sağlayan grup içermektedir (Şekil 2.4). Kromoforu taşıyan moleküller çoğunlukla azo, antrokinon ve ftalosiyonin türevlerinden oluşmaktadır. Boyarmaddenin boyama özelliklerini bu grup tayin eder (Kalav 2004).



**Şekil 2.4.** Heteroçiklik halkalı bir reaktif boyarmaddenin temel yapısı (Kalav 2004)

Ç: Çözünürlük sağlayan grup, K: Köprü grubu, R: Heterosiklik halka  
A: Sübstitüsyon reaksiyonu sırasında yer değiştiren(kopan) sübstitüent,  
S: Halkaya bağlı diğer sübstitüentler

Teorik olarak boyacılıkta kullanılan tüm reaktif boyarmaddeler baskıcılıkta kullanılabilse de daha verimli bir baskı işlemi için, reaktif boyarmaddenin aşağıdaki özelliklere sahip olması istenir (Kanık 2013a):

- Substantivitesinin düşük olması, art işlemleri kolaylaştırmaktadır.
- Difüzyon yeteneğinin yüksek olması fiksaj verimini arttırmakta, art işlemleri kolaylaştırmaktadır.
- Kolay çözünür olması baskı patına eklenmesini kolaylaştırmaktadır.
- Hidrolizin erken başlayıp boyama veriminin düşmemesi için reaktivitenin yüksek olmaması istenmektedir.
- Hidrolizi azaltmak amacıyla, alkali pata en son soğuk olarak eklenmelidir.

Reaktif boyarmaddeler ile direkt baskı tek ve iki adımlı yöntem olmak üzere toplam iki yöntemle yapılabilmektedir. Tek adımlı yöntemde, gerekli olan bütün kimyasallar baskı patının içerisinde mevcuttur. Baskı işleminden sonra, fiksaj işlemi, fiksajdan sonra ise yıkama işlemi uygulanır. İki adımlı baskı yönteminde ise; boyarmaddenin fikse olması için gerekli olan sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat gibi bazlar bulunmaz. Baz ile aplikasyon ya baskı sonrası kumaş kurutulduktan sonra, ya da baskı öncesinde yapılmaktadır (Anonim 2012).

İki adımlı yöntemin avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibidir:

Avantajları:

- Bekleme sonucunda boyarmaddenin hidroliz olma veya baskı patı stabilite problemleri yaşanmamaktadır.
- Hatalı baskılar daha kolay yıkanarak yeniden basılabilir.
- Renk verimi daha yüksektir.
- Daha az miktarda üre kullanılabilir.
- Hidroliz problemi olmadığından, boyarmadde seçimi daha az önemlidir.

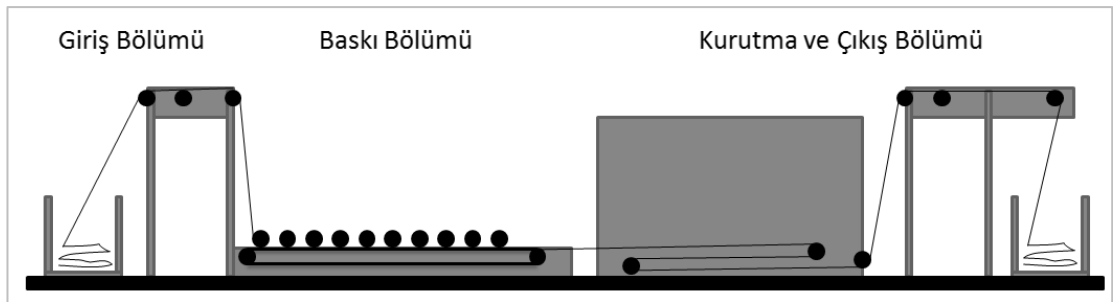


Dezavantajları:

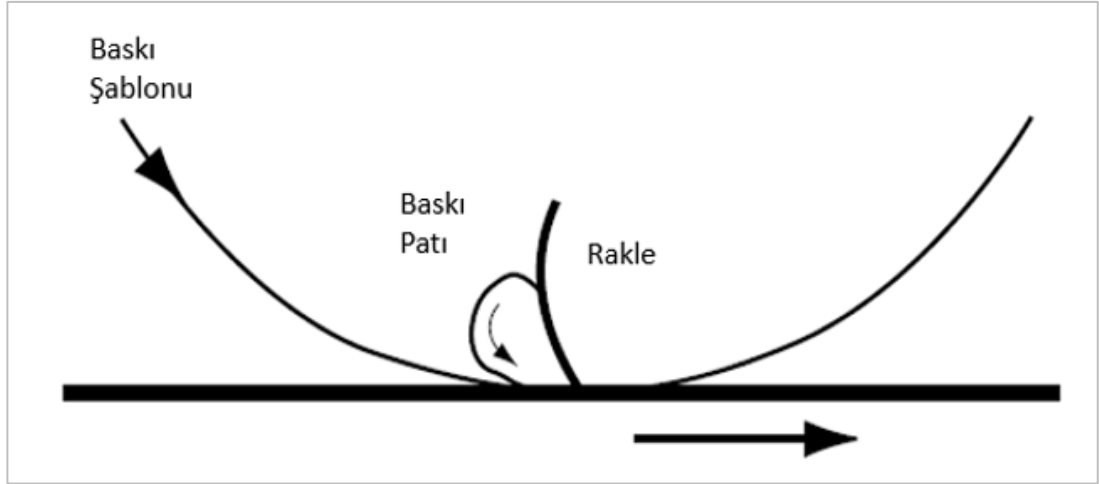
- Yüksek miktarlarda alkali ve elektrolit kullanıldığından maliyeti yüksektir ve pratikte sorunlara neden olabilmektedir.
- Art işlemleri daha zordur. Yıkama işleminden önce fazla kullanılan alkali ve elektrolit kumaş yüzeyinden uzaklaştırılmalıdır.
- Fazla alkali ve elektrolit tüketimi çevreye daha fazla zarar vermektedir.
- İlave fular ve aktarma ünitesi gereklidir.
- Kumaşın beyaz kısımlarında zaman zaman sararmalara neden olabilir. (Kanık 2013a).

#### 2.4.1 Rotasyon Baskı Teknolojisi

Rotasyon şablonlu otomatik baskı makineleri günümüzde en yaygın kullanılan baskı teknolojisidir. Dünya tekstil piyasasında baskı kumaşların %60'ı rotasyon baskı makineleri ile basılmaktadır. Baskı ve kurutma işlemleri kontinü olup hızları yüksektir. Rotasyon baskı makinesi; giriş, baskı, kurutma ve çıkış bölümlerinden oluşur (Şekil 2.5). Rotasyon baskı tekniğinde, nikel alaşımlardan oluşan içi boş silindirlere, sonsuz dönme hareketinden yararlanır. Pompalar yardımı ile silindirlere pompalanan baskı patı, silindir üzerindeki deseni oluşturan deliklerden kumaşa aktarılır. Kalınlığı 0,1mm olan nikel şablonların içerisine pompalar yardımı ile basılan baskı patınının bir rakle bıçağı yardımı ile kumaşa basılması sağlanır. Şekil 2.6'da rotasyon baskıda baskı işlemi şematik olarak gösterilmektedir (Hawkyard 2003, Kanık 2013a).



Şekil 2.5. Rotasyon baskı makinesi



**Şekil 2.6.** Rotasyon baskı makinesi, baskı işlemi şematik gösterimi (Hawkyard 2003)

Tipik rotasyon baskı makinesinde, sonsuz dönen bir blanket bulunur. Dönüş paşajında-blanketin altında blanket üzerinde kalan fazla patın yıkanması ve kurutulması işlemi gerçekleştirilir. Genel olarak kumaşı blankete yapıştırmak için kullanılan termoplastik yapıştırıcıya ön hazırlık için kumaşın ısıtıldığı bir sistem bulunmaktadır. Makinenin sonunda bulunan kurutucunun, yüksek hızlarda basılan kumaşı yeterince kurutabilmesi için yeterli uzunluğa sahip olması gerekir. Baskı şablonları basılacak kumaşın üzerinde, kumaşı blanketle arasına alacak şekilde konumlandırılmıştır. Her bir silindirik şablon bir renge karşılık gelir ve sonsuz dairesel hareket yapar. Kumaş kalitesi ve baskıya göre 30-70 m/dak hızlarında baskı yapmak mümkündür. Daha yüksek hızlarda baskı yapılabilir ancak kumaş ve blanket kurutucusunun verimliliği ve baskı hatalarının gözlenebilirliğinin azalması genellikle hızı sınırlar. Baskı patı makinenin yanında bulunan boya konteynırlarından esnek hortumlar yardımıyla baskı şablonunun içine basılır. Şablonun içerisinde pat hortumu rijit formdadır ve silecek gibi hareket eder. Hortumun üzerindeki delikler baskı patının şablonun tabanına ulaştırılmasını sağlar. Şablon boyunca şablon içerisine eşit miktarda baskı patı basılması için pompadan uzaklaştıkça delikler gittikçe genişlemektedir. Şablon içerisindeki baskı patı bir sensör yardımıyla kontrol edilmekte ve belli bir seviyenin altına düştüğünde pompayı harekete geçirmektedir (Gupta 2001, Hawkyard 2003).

Rotasyon baskı şablonları %100 nikelden üretilmektedir. Şablonların üzerlerinde boyanın kumaş yüzeyine uygulanmasını sağlayan delikler bulunmaktadır. Bu deliklerin sıklığı mesh olarak ifade edilmektedir. Mesh bir inç karedeki delik sayısını belirtir. İnce kontrollü

ve hassas desenler için yüksek meshli şablonlar kullanılır. Ayrıca özel ihtiyaçlara göre özel delik yapıları kullanılabilir (http://endotek-ltd.com, 2017).

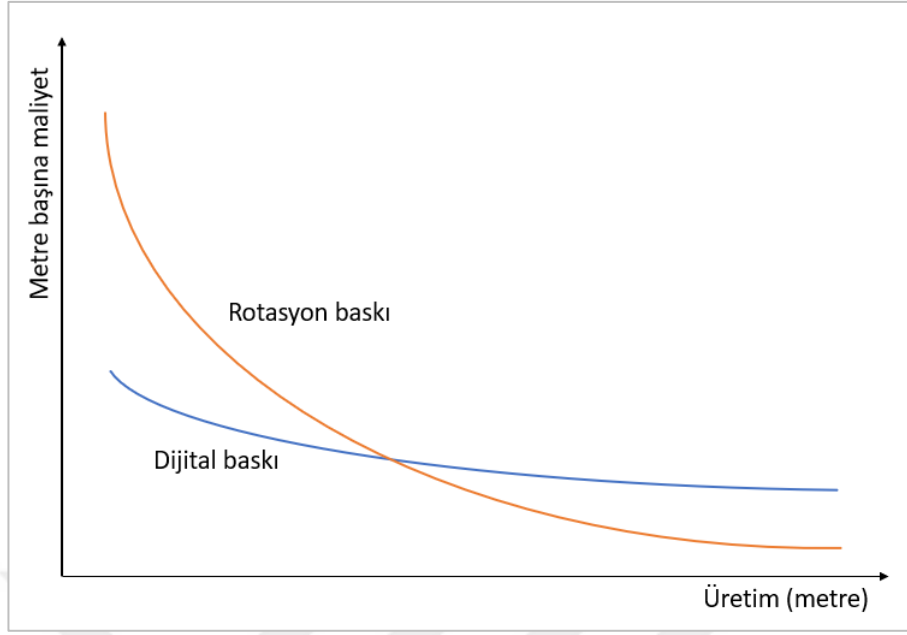
Rotasyon baskıda şablonun hazırlanması ise ayrı bir proses gerektirmektedir. Şablon hazırlık işlemleri sırası ile aşağıdaki gibidir:

1. Lak çekme
2. Pozlama
3. Başlık takma

Lak çekildikten sonra şablona kurutma işlemi yapılmakta ve bu işlem sırasında ciddi miktarda enerji tüketilmektedir. Pozlama işleminden sonra şablon yıkanmakta; bu sırada su tüketimi gerçekleşmektedir (Anonim 2008b).

Rotasyon baskı, tekstilde kullanılan diğer baskı teknolojilerine göre daha hızlı ve uzun partilerde çok daha ekonomiktir. Elde edilebilecek renk gamı son derece geniştir, renk haslıkları yüksektir ve üretim maliyeti düşük bir metottur. Baskı makinesinin kontinü olarak kurutma ve apre makinelerine entegrasyonu kolaydır. Ancak, üretim verimliliği açısından bakıldığında, makinenin çalışmaya başlatılması 1-2 saat gibi uzun zaman almaktadır. Bu durum, özellikle kısa partilerde üretim verimliliğini oldukça olumsuz etkilemektedir (Tippett 2002).

Dijital ve rotasyon baskı üretim maliyetleri parti metrajına göre karşılaştırıldığında, üretim metrajı arttıkça rotasyon baskı daha kazançlı olmaktadır (Şekil 2.7) (Ross 2001).



**Şekil 2.7.** Dijital ve rotasyon baskıda üretim metrajına göre birim maliyetler (Ross 2001)

Diğer bir olumsuz yanı yönetimsel olarak; ilk sipariş alındığında, desenin hazırlanmasından üretim başlangıcına kadar geçen süredir. Dijital baskıda yeni sipariş; 1 hafta gibi kısa bir sürede üretime girilebilirken rotasyon baskıda bu süre 10 haftadan daha fazla zaman alabilmektedir (Tyler 2005).

Baskı şablonunun çevresinin uzunluğunun ve eninin sınırlı olması, desen büyüklüğünü de sınırlamaktadır. Bu nedenle rotasyon baskıda desen uzunluğu baskı şablonunun çapı (dolayısı ile çevresi) ile, desen eni ise baskı şablonunun eni ile sınırlıdır. Ancak dijital baskıda benzer bir kısıtlama bulunmamaktadır (Tippett 2002).

Rotasyon baskıda; baskı patları renkli veya renksiz olabilmekte, solvent, pigment, konsantre sıvı bağlayıcılar veya bağlayıcı reçineler içermektedir (Çizelge 2.6). Baskı patları, hammaddeye göre renklendirici olarak pigment veya boyarmadde içermektedir. Pigmentler; kumaşa tutunan, çözünmeyen parçacıklardır. Solüsyon içerisindeki boyalar, çeşitli liflere fiziksel veya kimyasal olarak bağlanarak renk vermektedir. Pigmentlerde çoğunlukla organik solventler kullanılmaktadır. Diğer baskı patlarının çok azında organik solvent kullanılmaktadır. Renkli ve renksiz konsantrasyonlar bir miktar VOC içerebilmektedir ancak miktar toplam tekstil proseslerinden salınan VOC miktarının %1'inden daha azdır. Emisyonlar çoğunlukla solventlerden kaynaklanmaktadır. Bir

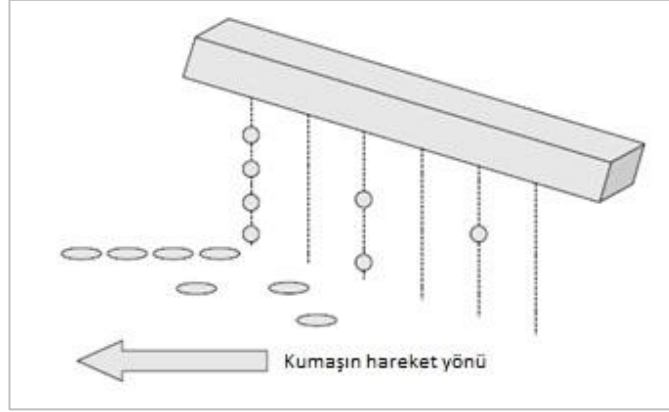
miktar ilk işlemlerde de emisyon olmasına rağmen asıl salınım kurutma işleminde gerçekleşmektedir (<https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch04/final/c4s11.pdf>, 2017).

**Çizelge 2.6.** Rotasyon baskı, baskı patında kullanılan bileşenlerin oranı (<https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch04/final/c4s11.pdf>, 2017)

Karakteristik	Değer Aralığı	Ortalama
Islak pick-up (kg baskı patı/kg kumaş)	0,10 – 1,89	0,58
Kumaş ağırlığı (kg/m <sup>2</sup> )	0,116 – 0,116	0,116
Baskı patına eklenen organik solvent (%)	0-50	3
Birim kumaş alanına kullanılan baskı patı (kg/m <sup>2</sup> )	0,012 – 0,219	0,067
Birim kumaş alanına kullanılan organik solvent (kg/m <sup>2</sup> )	0 – 0,109	0,0002
Partide kullanılan baskı patı (kg)	137 - 2,497	764

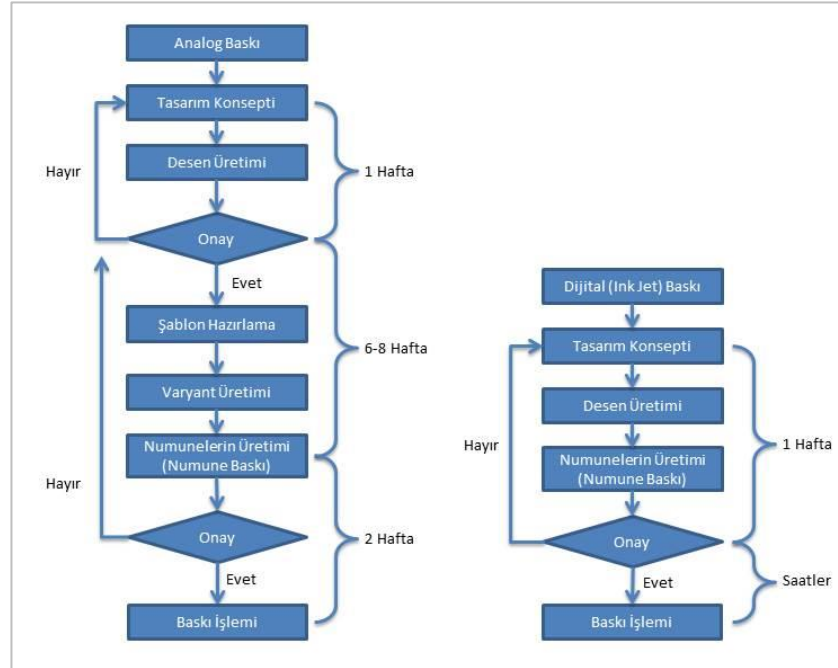
#### 2.4.2 Dijital Baskı Teknolojisi

Dijital baskı ilk olarak kağıt baskıcılığı için geliştirilmiştir. İlk dijital baskı patenti 1867 yılında Lord Kelvin tarafından alınmıştır. Dijital baskının tekstilde kullanımı 1970’li yıllarda başlamıştır. Ancak ilk aşamada sadece halı baskıcılığında kullanılabilmektedir. 1991’de ise kumaş baskıcılığı için yüksek çözünürlüklü dijital baskı sistemleri piyasaya sürülmüştür. İlk uygulamalar varyant ve numune amaçlı olmuş, günümüz uygulamalarında ise orta metrajlı baskılar gerçekleştirilebilmektedir. Dijital baskıda görüntü dijital formdan kumaş yüzeyine aktarılır. Baskı sırasında çok küçük mürekkep damlacıkları desene göre püskürtülür (Şekil 2.8). Bu nedenle “püskürtme baskı” olarak da isimlendirilmektedir. Baskı işlemi sırasında kumaşa herhangi bir temas olmamaktadır (Moltchanova 2011, Kanık 2013b).



**Şekil 2.8.** Dijital baskı teknolojisi (Tyler, 2005)

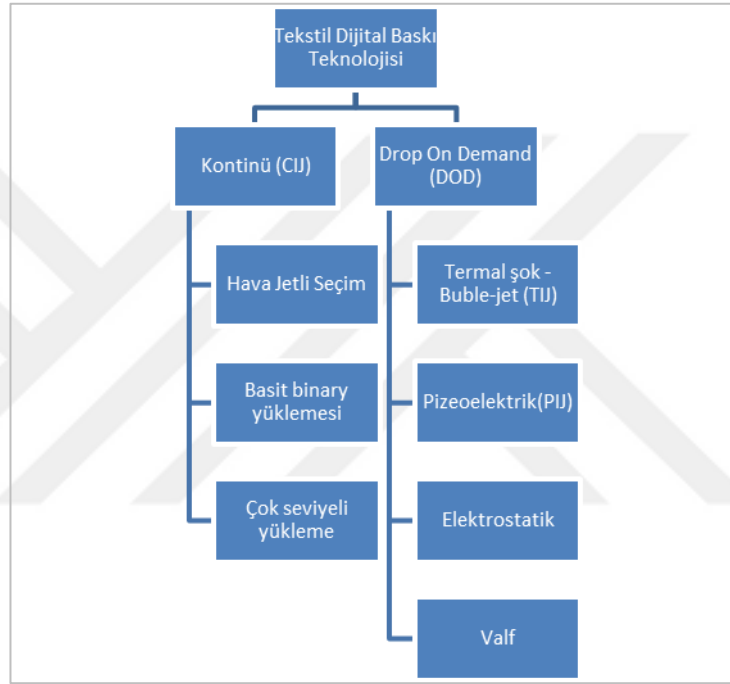
Dijital tekstil baskıcılığının avantajlarını daha iyi anlayabilmek için, konvansiyonel tekstil baskı sistemlerinin dezavantajlarını bilmek gerekir. Öncelikle dijital baskıda şablonlar elimine edilir. Desen doğrudan baskı yapılacak malzeme üzerinde üretilir. Desen değişiklikleri bir ofis yazıcısında resim basmak kadar kolaydır. Rotasyon baskıda numune üretmek birkaç gün alırken dijital baskı bunu birkaç saate düşürmektedir. Dijital baskı vakit kaybını azaltırken aynı zamanda maliyet, materyal ve enerji tasarrufu sağlar (Şekil 2.9). Ayrıca dijital baskının otomasyona uygun olması işçilik maliyetlerini de oldukça düşürmektedir (Moltchanova 2011).



**Şekil 2.9.** Rotasyon ve dijital baskı iş akış şemaları karşılaştırması (Gupta 2001)

Dijital baskıda damla büyüklüğü piko litre (pl) ile ölçülmektedir ( $10^{-12}$  lt). Genellikle damla büyüklüğü 20-30 pl'dir. Ancak gittikçe daha düşük hacimli damlalar üreten sistemler geliştirilmektedir. Çünkü damla büyüklüğü küçüldükçe daha iyi çözünürlük elde edilmekte, piksellenme sorunu ve mürekkebin kumaşın içine geçme riski azalmaktadır (Tyler 2005).

Tekstil dijital baskıcılığında farklı teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojiler mürekkep püskürtme teknolojisine göre Şekil 2.10'daki gibi sınıflandırılabilir.

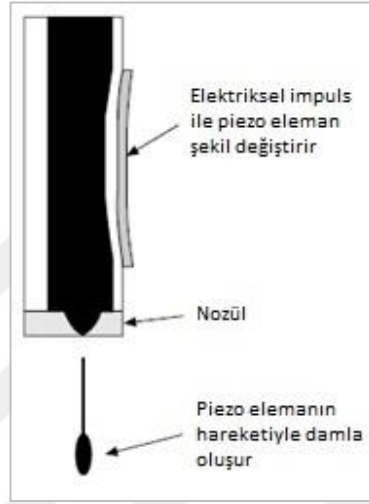


**Şekil 2.10.** Tekstil dijital baskı teknolojisinin sınıflandırılması (Kanak 2013b)

Kontinü sistemlerde (CIJ) mürekkep baskı kafasından sürekli olarak püskürtülmektedir. Renklerin desene göre püskürtülmesi Şekil 2.10'da gösterilen çeşitli yöntemlerle, mürekkebin farklı yöne yönlendirilmesiyle gerçekleşir. Hava Jetli Seçim teknolojisinde renk seçimi hava jetiyle sağlanmaktadır, Basit Binary ve Çok Seviyeli Yükleme teknolojilerinde ise elektrostatik kuvvetle sağlanmaktadır. Drop On Demand (DOD) teknolojisinde ise damla oluşumu sürekli değil, desene göre sağlanmaktadır. Termal Şok (Buble-Jet) prensibinde damlalar ani bir şekilde sıcaklığın yükseltilmesi ile elde edilir, Piezoelektrik'de ise çalışma prensibi elektrik uygulanan piezo elemanın biçim değiştirmesine dayanır. Elektrik uygulanarak kasıl piezo eleman damlanın püskürtülmesini sağlar. Elektrostatik teknolojisinde elektrostatik yüklü mürekkep,

süstratın arkasındaki elektrot ile memenin uç kısmında yüksek gerilim uygulanması esasına dayanır. Valf teknolojisinde ise yüksek basınçlı mürekkep, memelerdeki selenoid valflerle kontrol edilmektedir (Marianofreire 2006, Kanık 2013b).

Şekil 2.11’de Piezoelektrik (PIJ) prensibine göre çalışan baskı kafasının şematik görünümü yer almaktadır. Piezo eleman elektriksel impuls ile şekil değiştirerek mürekkebi sıkıştırmakta, bu basınçla mürekkep damlası oluşturulmaktadır (Tyler 2005).



**Şekil 2.11.** Piezoelektrik prensibi şematik görünümü (Tyler 2005)

Dijital baskıda kullanılan mürekkepler lif tipine göre değişiklik göstermektedir. Pamuk, ipek, suni ipek, pamuk/polyester karışımlarında pigment boyarmaddeler kullanılmaktadır. Pamuklu ve selülozik liflerde reaktif, polyester mamulde dispers mürekkep kullanılmaktadır. Naylon, yün, ipek ve naylon/likra karışımlarında asit boyarmaddeler kullanılmaktadır (<http://www.dijitalteknolojiler.com>, 2017).

Dijital baskı mürekkeplerinin viskozitesi düşüktür. Bu nedenle ön işlemsiz kumaşlarda, baskı mürekkebinin kumaşa nüfuziyeti kontrol edilemez ve boya iplikler tarafından emildiğinden artı şeklinde kumaş yüzeyine yayılırlar. Bu durum da yeterli keskinlikte baskı elde edilmesini engeller ve halılar üzerinde yapılan kaba baskılar hariç dijital baskıda ön işleme zorunluluk haline getirir. Olumsuz sonuçları engellemek amacıyla; dijital baskı ön işlemlerinde kumaşa kıvamlaştırıcı uygulanmakta ve beraberinde fiksaj maddeleri ve yardımcı maddeler applike edilmektedir (Kanık 2013b).



Dijital baskı prosesinde diğerk bir önemli parametre kullanılan yazılımdır. Bilgisayar ortamında çeşitli tasarım programları ile elde edilmiş görüntünün dijital baskı makinesinin anlayacağı dile çevrilmesi gerekmektedir. Yazılım, tasarım rengini optimize ederek, kumaşın hangi noktasına hangi boyutta damlacığın uygulanacağını hesaplayarak, baskı makinesine iletir (<http://www.dijitalteknolojiler.com>, 2017).

### 2.4.3 Dijital ve Rotasyon Baskının Çevreye Etkileri

Baskı işlemlerinde çevresel etkinin belirgin olarak ortaya çıktığı noktalar;

1. Baskı patı atıkları,
2. Yıkama ve temizleme işlemlerinden gelen atık sular,
3. Kurutma ve fiksaj işlemlerinde ortaya çıkan uçucu organik bileşiklerdir.

Baskı patı atığı özellikle rotasyon baskıda ortaya çıkmaktadır. Bu kayıplar 6,5-8,5 kg'a kadar olabilmektedir. Baskı patları; amonyak, formaldehit, metanol, alkoller, esterler, alifatik hidrokarbonlar, akrilatlar, vinilasetat, stiren, akrilnitril gibi hava emisyonu oluşturabilecek monomerler içermektedir. Ayrıca reaktif baskı patları 150g/kg pat'a kadar üre içerebilmektedir. Üre atık sularda ötrofikasyona neden olmaktadır. Rotasyon baskıda doğrudan kumaşa uygulanmasa da dolaylı olarak baskı blanketini ve boruları temizlemek için su kullanmaktadır. Bu kayıplar 6,5-8,5 kg'a kadar olabilmektedir. Baskı patlarında atık hava içerisinde, sentetik kıvamlaştırıcıların içerisinde yer alan madeni yağlardan kaynaklanan ağırlıklı olarak alifatik hidrokarbonlara rastlanmaktadır. Bu emisyonlar 10 g Org.-C/kg tekstil'e kadar çıkabilmektedir (Anonim 2002, Bhatia 2017).

Dijital baskı teknolojisi, diğerk tekstil boyama teknolojilerine nazaran dikkate değer şekilde daha temizdir. Konvansiyonel sistemlerde boya karışımının hazırlanması ve bu karışımın kumaşa aktaran elemana iletilmesi gerekmektedir. Dijital baskıda konvansiyonel baskıda olduğu gibi, renk karışımı ve baskı sırasında boya/mürekkep atığı oluşmaz. Konvansiyonel sistemlerde belirlenen hızda doğru baskıyı sağlayabilmek için 50 metreden fazla kumaş ve boya çözültisi sarf edilmektedir. Dijital baskı CMYK renk sistemi ile bu atıkları elimine etmektedir. Dijital baskı daha yüksek fiksaj oranına sahiptir. Konvansiyonel baskıda, kumaşa aplike edilen boya miktarı ölçülebilir değildir. Belli bir miktar atık da göze alınarak yeterli miktarda kumaşa boya verilir. Bu nedenle, eğer reaktif boya kullanılıyorsa %65-70 fikse oranlarında çalışılmaktadır. Dijital baskıda ise kumaşa

aplike edilen boya miktarı tam olarak kontrol edilerek kumaşa maksimum fiksaj sağlanacak şekilde uygulanmaktadır. Dijital baskıda fiksaj oranları %90'ların üzerindedir. Dispers boyalarda da benzer bir durum söz konusudur. Transfer baskı uygun bekleme süresi ve sıcaklıklarda verimlidir. Konvansiyonel baskıda hem reaktif hem de dispers boyalarda baskı patında kalınlaştırıcılar ve carrierler kullanılır. Boyama işleminde sonra bu maddeler yıkama ile kumaş üzerinden uzaklaştırılır. Dijital baskıda bu kimyasallar kullanılmamaktadır. Dijital baskıda kumaşa baskı hazırlık işlemlerinin uygulanması gerekmektedir birlikte, konvansiyonel baskıdaki baskı ön işlemleri arasında ciddi farklar yoktur. Su bazlı boyalarda durum böyleyken UV ışığı ile polimerleşen mürekkepler çok daha doğa dostudur. Dijital baskı teknolojisi aynı zamanda solvent bazlı boyalar da kullanmaktadır. Solvent bazlı mürekkepler çevresel problemlere neden olmaktadır (Tyler 2005, Marianofreire 2006).

Baskı işleminde atık su en fazla fiksajdan sonra yapılan yıkama işlemi sırasında, daha sonra baskı makinesinin ilgili ekipmanlarının ve baskı mutfağında kullanılan ekipmanların temizlenmesinden ve blanketin baskı işlemi sırasında sürekli yıkanması işlemlerinde ortaya çıkmaktadır. Temizlik işlemlerinde kullanılan su işletmelerde göze gözükmese de yıkama işleminde kullanılan sudan bile daha fazla su sarf edilmekte ve toplam kirlilik yükünde büyük bir paya sahiptir. Suyu özellikle kullanılan boyarmaddeler kirletme, kirlilik yükünü boyarmaddeler oluşturmaktadır. Dolayısıyla pigment baskılarda yıkama gerekmeyecek şekilde fikse olduğundan, temizlik harici atık su oluşmamaktadır. Atık suda karşılaşılması muhtemel kirletici maddeler Çizelge 2.7'deki gibidir (Anonim 2002).

**Çizelge 2.7.** Baskı prosesi atık sularında bulunan olası maddeler (Anonim 2002)

<b>Kirletici madde</b>	<b>Kaynak</b>	<b>Açıklamalar</b>
Organik boyarmaddeler	Fikse olmamış boyarmadde	Çevresel etkiler boyarmaddenin tipine göre değişmektedir.
Üre	Hidrotropik madde	Yüksek azot ötrofikasyona neden olur.
Amonyak	Pigment baskı patlarında	Yüksek azot ötrofikasyona neden olur.

**Çizelge 2.7.** Baskı prosesi atık sularında bulunan olası maddeler (devam)

Sülfatlar ve sülfidler	İndirgen madde yan ürünleri	Sülfidler su yaşamı için toksiktir ve sülfatlar, konsantrasyonları 500 mg/l'nin üzerinde korozyon problemlerine sebep olabilmektedir
Polisakkaritler	Kıvamlaştırıcılar	Yüksek KOİ, ancak biyolojik olarak kolaylıkla parçalanabilir
CMC türevleri	Kıvamlaştırıcılar	Biyolojik olarak zor parçalanabilir ve elimine edilebilir
Poliakrilatlar	Kıvamlaştırıcılar ve Pigment baskıda binderler	Biyolojik olarak zor parçalanabilir, ancak %70'inden fazlası biyolojik olarak elimine edilebilir (OECD 302B test yöntemi)
Gliserin ve polioller	Boyarmadde formülasyonunda antifriz katkıları Baskı patında çözülmeyi destekleyen maddeler	
m-nitrobenzensülfonat ve bunun amino türevleri	Küp boyarmaddeleriyle aşındırma baskıda oksidasyon maddesi olarak Reaktif boyarmaddelerle direkt baskıda boyarmaddenin kimyasal indirgenmesini engellemek için	Biyolojik olarak zor parçalanabilir ve suda çözünür
Polivinilalkol	Blanket zıncı	Biyolojik olarak zor parçalanır, ancak %90'ından fazlası biyolojik olarak elimine edilebilir
Çok kere substitüe edilmiş aromatik ürünler	Aşındırma baskıda azo boyarmaddelerinin redüktif parçalanması	Biyolojik olarak zor parçalanır ve elimine edilebilir
Madeni yağlar / alifatik hidrokarbonlar	Baskı patı kıvamlaştırıcıları (Yarı emülsiyon pigment baskı patları nadiren de olsa halâ kullanılmaktadırlar)	Alifatik alkoller ve hidrokarbonlar biyolojik olarak kolayca parçalanabilmektedir Aromatik hidrokarbonlar biyolojik olarak zor parçalanabilmekte ve elimine edilebilmektedirler

Baskı işlemlerinde emisyonu neden diğerk bir kirlilik kaynağı ise kurutma ve fiksaj işlemleridir. Kurutma ve fiksaj işlemlerinde aşağıdaki kimyasallarla karşılaşılabilir:

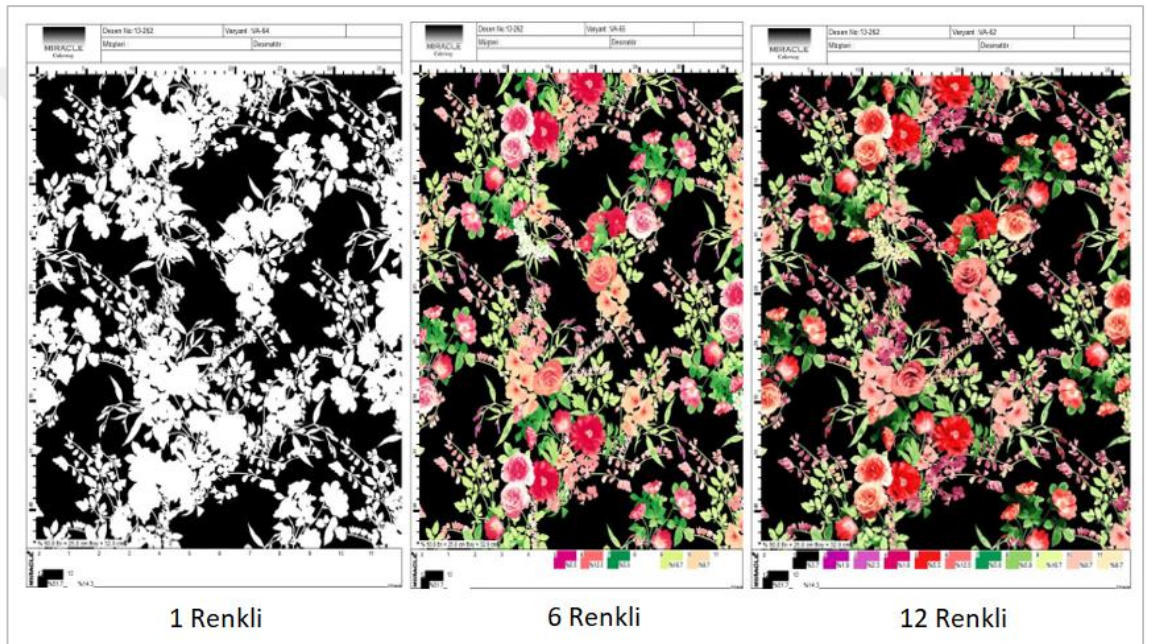
- Binderlerden gelen alifatik hidrokarbonlar (C10 - C20)
- Akrlatlar, vinilasetatlar, stiren, akrilnitril, akrilamid, bütadien gibi monomerler
- Fiksaj maddelerinden gelen metanol
- Emülgatörlerden gelen diğerk alkoller, esterler, poliglikoller
- Fiksaj maddelerinden gelen formaldehit
- Amonyak (üenin parçalanmasından ve örneğın, pigment baskı patlarında bulunan amonyaktan)
- Emülgatörlerden gelen N-metilpirolidon
- Fosforik asit esterleri
- Kıvamlaştırıcılardan ve binderlerden gelen fenilsiklohegzen (Anonim 2002).

### 3 MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyaller

##### 3.1.1 Kumaş ve Desen

Bu çalışmada dijital baskı ve rotasyon baskı prosesi YDA metodu ile karşılaştırılmıştır. Analizler sırasında Çizelge 3.1’de teknik özellikleri verilen 3 varyant giysilik viskon kumaş kullanılmıştır. Çiçekli desene sahip giysilik kumaş varyant sırasına göre 1, 6 ve 12 renkli olarak basılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. 1, 6 ve 12 renkli viskon kumaş

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kumaşın teknik özellikleri

<b>Kumaş Hammaddesi</b>	% 100 Viskon
<b>Kumaş Örgüsü</b>	Bez ayağı
<b>Mamul Kumaş Gramajı</b>	125 gr/m <sup>2</sup>
<b>Mamul Kumaş Eni</b>	145 cm
<b>Renk Sayısı</b>	1, 6, 12 (3 varyant)
<b>Atkı Sıklığı</b>	24 atkı/cm
<b>Çözümlü Sıklığı</b>	26 çözgü/cm

### 3.1.2 Boyarmadde ve Kimyasal Maddeler

Rotasyon Baskı:

Proseslere göre rotasyon baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar Çizelge 3.2'deki gibidir.

**Çizelge 3.2.** Rotasyon baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar

Prosesler	Kullanılan BM ve Kimyasallar	Açıklamalar
Gaze+CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	Kostik	Konsantrasyon %48
	MKS DevO - Coreoxide	Hidrojen peroksit ve kasar yardımcı maddeleri karışımı
	Huntsman - Clarite One	Hidrojen peroksit kasarı ön işlem kimyasalı
Yıkama İşlemi	Huntsman - Ultravon PRE	Sabun - Nonyonik
	Huntsman - Invazym ADC	Haşıl Sökme enzimi - Nonyonik yüzey aktif maddelerin müstahzarı
	Rudolf Duraner - Rucoacid ABS	Tampon asit – Organik ve inorganik asitler karışımı
	Asetik asit	Konsantrasyon %80
Rotasyon Baskı	<i>Pat Hazırlama</i>	
	Bozzetto Group – BiocidO	Biyosit - Izothiazolinonik türevi
	BASF - Ludigol Seracon	Boyama yardımcı kimyasalı - m-nitrobenzensulfonik asitin sodyum tuzu
	Rudolf Duraner - LYOPRINT RD-HT	Akrilik kopolimerin alifatik hidro karbon içindeki dispersiyonu
	Üre	

**Çizelge 3.2.** Rotasyon baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar (devam)

	<i>Boyalar</i>	
	Jagson Colorchem - Nov Black PSGN(T)	
	Jagson Colorchem - Nov Orange P4R(T)	
	Jagson Colorchem - Nov Red P6B(T)	
	Jagson Colorchem - Nov Orange P4R	
	Jagson Colorchem - Nov Red P6B	
	Jagson Colorchem - Nov Black PSGN	
	Jagson Colorchem - Nov Red PBN	
	Jagson Colorchem - Nov Orange P2R	
	Jagson Colorchem - Nov Gelb P6GS(T)	
	Jagson Colorchem - Nov Gelb P6GS	
	Jagson Colorchem - Nov Blue P3R	
	Jagson Colorchem - Red P6B(T)	
Baskı Sonu Yıkama (Empirme Yıkama)	Huntsman – Ultravon PRE	Sabun - Nonyonik
	Asetik Asit	Konsantrasyon %80

**Çizelge 3.2.** Rotasyon baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar (devam)

Bitim İşlemi	Rudolf Duraner - Perrustol VNO	Tekstil yardımcı kimyasalı - Yağ asidi kondenzasyon ürünü
	Rudolf Duraner - Rucofin SDK	Yumuşatıcı - Poliloksan bileşiği, noniyonik/katyonik
	Rudolf Duraner - Rucofin MEC	Tekstil yardımcı kimyasalı - Poliloksan komponenti

Dijital Baskı:

Proseslere göre dijital baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar Çizelge 3.3'deki gibidir.

**Çizelge 3.3.** Dijital baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar

Prosesler	Kullanılan Bm ve Kimyasallar	Bileşimi ve Açıklamalar
Gaze+CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	Kostik	Konsantrasyon %48
	MKS DevO - Coreoxide	Hidrojen peroksit ve kasar yardımcı maddeleri karışımı
	Huntsman - Clarite One	Hidrojen peroksit kasarı ön işlem kimyasalı
Yıkama İşlemi	Huntsman - Ultravon PRE	Sabun - Nonyonik yüzey aktif maddelerin müstahzarı.
	Huntsman - Invazym ADC	Haşıl Sökme enzimi - Alfa- amilazın sulu müstahzarı. Anyonik/nonyonik.
	Rudolf Duraner - Rucoacid ABS	Tampon asit – Organik ve inorganik asitler karışımı



**Çizelge 3.3.** Dijital baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar (devam)

	Asetik asit	Konsantrasyon %80
Dijital Baskı Ön Emdirme	Sodyum Bikarbonat	
	BASF - Ludigol Seracon	Boyama yardımcı kimyasalı - m-nitrobenzensulfonik asitin sodyum tuzu
	MKS DevO - Sultan Eye HS	Dijital Baskı Yardımcı Kimyasalı - Modifiye poliakrilik asit
	Üre	
	Huntsman - Lyoprint AP	Nonyonik. Oksoalkol formülasyonu
Dijital Baskı	<i>Boyalar</i>	
	Huntsman - STRONG BLACK XKS HL	
	Huntsman - TURQOISE XKS-701	
	Huntsman - MAGENTA XKS-501	
	Huntsman - YELLOW XKS-102	
	Huntsman - ORANGE XKS-301	
	Huntsman - RED XKS-403	
	Huntsman - BLUE XKS-601	
	Huntsman - STRONG BLACK XKS HL	

**Çizelge 3.3.** Dijital baskıda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar (devam)

Baskı Sonu Yıkama (Empirme Yıkama)	Huntsman – Ultravon PRE	Sabun - Nonyonik
	Asetik Asit	Konsantrasyon %80
Bitim İşlemi	Rudolf Duraner - Perrustol VNO	Tekstil yardımcı kimyasalı - Yağ asidi kondenzasyon ürünü
	Rudolf Duraner - Rucofin SDK	Yumuşatıcı - Polisiloksan bileşiği, nonyonik/katyonik
	Rudolf Duraner - Rucofin MEC	Tekstil yardımcı kimyasalı - Polisiloksan komponenti

### 3.2 Makine ve Ekipmanlar

Gaze-CVCB (Cold Viscose Combi Batch) işlemi için Parex Mather makinesi, yıkama ve haşıl sökme işleminde Goller yıkama makinesi, kurutma için Has Makina Ram makinesi, dijital baskıda pat verme işlemi için Babcock Ramöz makinesi, dijital baskı için Reggiani Renoir Plus dijital baskı makinesi, rotasyon baskı işlemi için Reggiani Macchine/UNICA rotasyon baskı makinesi, fiksaj için Arioli marka fikse makinesi, empirme yıkama için Mezzera yıkama makinesi, kurutma için Bruckner Ramöz makinesi, sanfor işlemi için Monforst marka sanfor makinesi kullanılmıştır.

Reggiani Macchine/UNICA rotasyon baskı makinesi 12 renkli baskı kapasitesine sahiptir. Maksimum baskı hızı 90 m/dak, maksimum baskı eni 180 cm'dir. Reggiani Renoir Plus dijital baskı makinesi, maksimum 180 cm ende 5,75 m/dak hızda baskı yapabilmektedir. Makinede 16 adet baskı kafası bulunmaktadır. Rotasyon baskıda 32 m/dak, dijital baskıda 3,22 m/dak hızla çalışılmıştır. Kurutma sıcaklığı rotasyon baskıda 105°C, dijitalde 120°C'dir.

YDA envanter hesaplamalarında SimaPro 8.02 yazılımı, YDA veri tabanı olarak EcoInvent 3 kullanılmıştır.

### 3.3 Yöntemler

#### 3.3.1 Rotasyon ve Dijital Baskıda Proses Akışları

Dijital baskı ve rotasyon baskı proses şeması Çizelge 3.4'deki gibidir. Proses akım çizelgesinde yer aldığı gibi 9. İşlem adımında (kurutma) her iki baskı prosesinin aşamaları ortaktır. Dijital ve Rotasyon Baskı işlemlerinden sonra proses tekrardan birleşmekte, dijital ve rotasyon baskılı kumaş birlikte işlem görmektedir. Ayrıca temel işlem adımlarının altında alt prosesler bulunmaktadır. Alt prosesler Çizelge 3.5'deki gibidir.

**Çizelge 3.4.** Rotasyon ve dijital baskı proses akım şemaları

No	Rotasyon Baskı	Dijital Baskı
1	Mal kabulü	Mal kabulü
2	Ham kumaş depo	Ham kumaş depo
3	Partileme	Partileme
4	Kumaş açma	Kumaş açma
5	Dikiş	Dikiş
6	Gaze + CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	Gaze + CVCB (Cold Viscose Combi Batch)
7	Combi batch(dok ünitesi)	Combi batch (dok ünitesi)
8	Yıkama	Yıkama
9	Kurutma	Kurutma
10	Rotasyon baskı	Dijital baskı ön emdirme
11	Fiksaj (Fikse)	Dijital baskı
12	Baskı sonu yıkama (emprime yıkama)	Fiksaj (Fikse)
13	Yaş açma	Baskı sonu yıkama (emprime yıkama)
14	Bitim işlemi	Yaş açma
15	Sanfor	Bitim işlemi
16	Görsel kontrol	Sanfor

**Çizelge 3.4.** Rotasyon ve dijital baskı proses akım şemaları (devam)

17	Paketleme	Görsel kontrol
18	Depo (sevkiyat)	Paketleme
19		Depo (sevkiyat)

**Çizelge 3.5.** Rotasyon ve dijital baskı alt prosesleri

No	Rotasyon Baskı	Dijital Baskı
1	Buhar eldesi	Buhar eldesi
2	Kızgın yağ eldesi	Kızgın yağ eldesi
3	Baskı patı hazırlama	Emdirme patı hazırlama
4	Kimyasalların kullanımı	Kimyasalların kullanımı
5	Patlı boya karışımı eldesi	
6	Şablon hazırlık, yıkama ve soldurma işlemleri (Rotasyon Baskı)	
7	Numune baskı	

### 3.3.2 Baskı Yöntemleri

Rotasyon Baskı Yöntemi:

Rotasyon baskı makinesinde 1, 6 ve 12 renkli desenler için üç ölçüm yapılmıştır. Her bir varyant için ölçümler 500 metre kumaş üzerinden yapılmıştır. Baskı hızı 32 m/dak'dır. Kurutma sıcaklığı 105 °C'dir. Baskı reçetesi aşağıdaki gibidir:

- Boya reçetesi (Boyarmadde renk karışımı)
- Baskı patı
  - Biocid O: 0,43 gr/kg
  - Ludigol/Sera con/Indigol: 26 gr/kg
  - Lyoprint RD-HT: 48 gr/kg
  - Yumuşak su: 700 gr/kg
  - Üre: 230 gr/kg

Dijital Baskı Yöntemi:

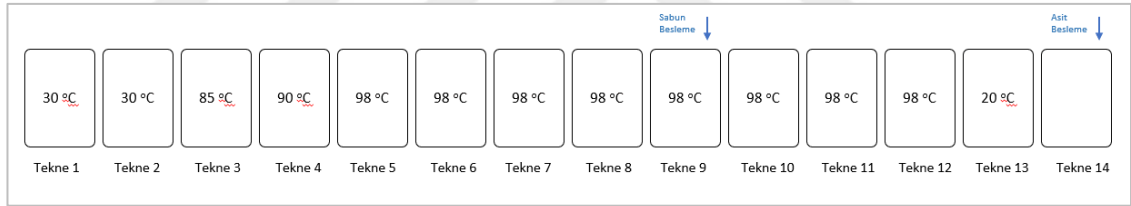
Rotasyon baskı işlemine paralel olarak, dijital baskı makinesinde de aynı şekilde 1, 6 ve 12 renkli desenler için ölçüm yapılmıştır. Her bir varyant için ölçümler rotasyon baskı ile aynı şekilde 500 metre kumaş üzerinden yapılmıştır. Baskı hızı 3,22 m/dak'dır. Baskı çözünürlüğü 600 dpi'dır. Kurutma sıcaklığı 120 °C'dir.

### 3.3.3 Fiksaj Yöntemleri

Fiksaj işlemi rotasyon ve dijital baskıda aynı şartlarda; 10 dakika süre ile 101 °C'de gerçekleştirilmektedir. Makine hızı 30 m/dak'dır.

### 3.3.4 Baskı Sonu Yıkama Yöntemleri

Baskı ve fiksaj sonrasında yıkama işlemi halat formunda, dijital ve rotasyon baskılı kumaşa aynı şartlarda yapılmaktadır. Makine hızı 28 m/dak'dır. Yıkama işlemi 14 tekne de gerçekleştirilmektedir. İşlem şeması Şekil 3.2'deki gibidir.



Şekil 3.2. Yıkama işleminde tekne sıcaklıkları

Baskı sonu yıkama işleminde kullanılan kimyasallar miktarları aşağıdaki gibidir:

- Sabun: 30 gr/kg kumaş
- Asetik Asit: 7 gr/kg kumaş

### 3.3.5 Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) Yöntemi

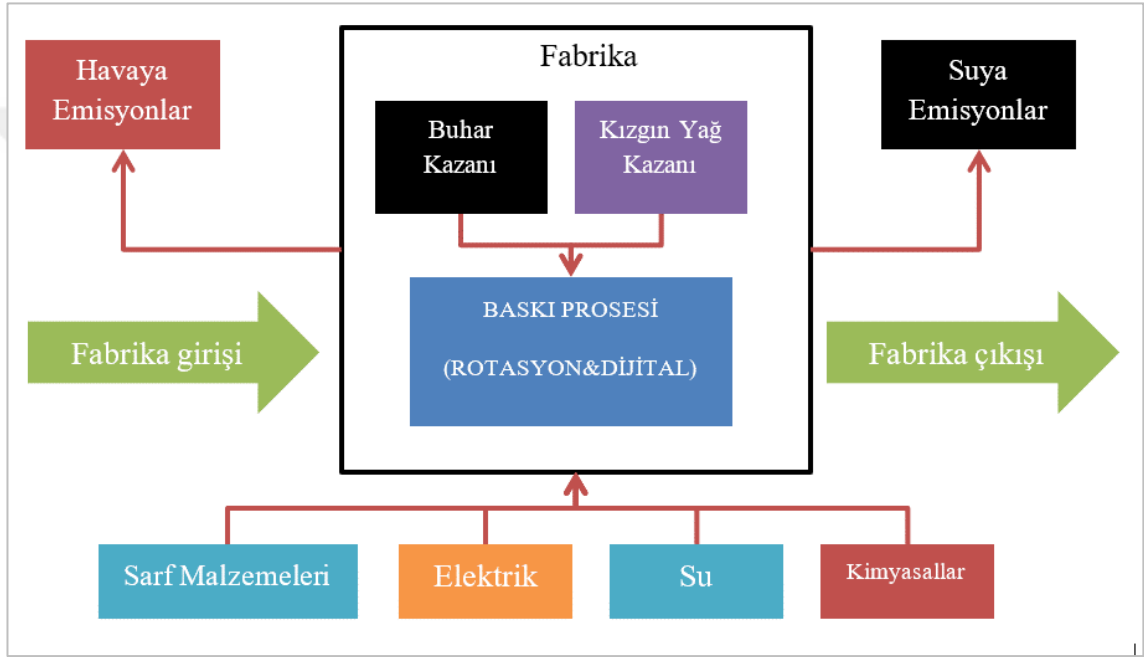
Dijital ve Rotasyon baskı proseslerinin karşılaştırmasında ISO 14044 standardı çerçevesinde YDA kullanılmıştır. YDA kapsamında aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

1. Hedef ve kapsam belirleme
2. Envanter analizi
3. Etki değerlendirmesi

#### 4. Sonuçların yorumlanması

Hedef ve Kapsam Belirleme:

Fonksiyonel birim olarak 1 kg kumaş belirlenmiştir. 1 kg kumaş 8m<sup>2</sup>'ye tekabül etmektedir. Çalışmada 3 farklı varyantta (1,6 ve 12 renkli) kumaşın rotasyon ve dijital baskı işlemleri karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için aynı desenler kullanılmıştır. Ölçüm sınırları fabrikanın giriş kapısından çıkış kapısına kadar olup şematik gösterimi Şekil 3.3'deki gibidir.



Şekil 3.3. Sistem sınırları şeması

“Envanter Toplama” aşamasında toplanan verilerin belirli kalitede olması, atlanan herhangi bir parametre olmaması, herhangi bir sapmaya mahal vermemek açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle bu aşamada proses girdi ve çıktıları tespit edilip verilerin nasıl ölçülüp hesaplanacağı fabrika teknik personeli ile birlikte belirlenmektedir.

Envanter Analizi:

Ek-1 çizelgesinde yer alan girdi ve çıktılar, belirlenen hesaplama ve ölçüm yöntemine göre üretim sırasında takip edilerek ölçülüp, hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler SimaPro yazılımına girilmiştir. Veri tabanı olarak EcoInvent 3 kullanılmıştır.

Etki Değerlendirmesi:

Etki değerlendirilmesi CML IA-Baseline ve Cumulative Energy Demand metotlarına göre SimaPro kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

CML IA Baseline metoduna göre hesaplanan çevresel etkiler:

1. Deniz Ekotoksitesisi: Deniz ekosistemini etkileyen toksik maddeleri ifade eder.  
Birimi: kg 1,4-DB<sub>eq</sub>
2. Küresel Isınma (GWP100a): Atmosfere salınan sera gazı emisyonlarını ifade eder.  
Birimi: kg CO<sub>2eq</sub>
3. İnsan Sağlığına Etkiler: İnsanlara yönelik olarak sağlık risklerini ifade eder.  
Birimi: kg 1,4-DB<sub>eq</sub>
4. Akarsu Ekotoksitesisi: Tatlı su kaynaklarına yönelik kirliliği ifade eder. Havaya, suya ve toprağa emisyonların bir sonucudur. Birimi: kg 1,4-DB<sub>eq</sub>
5. Karasal Ekotoksitesite: Bu kategori toksik maddelerin karasal ekosistemlere etkisini ifade eder. Birimi: kg 1,4-DB<sub>eq</sub>
6. Asidifikasyon: Asidifikasyonun toprağa, yer altı sularına, yüzey sularına, organizmalara ve kullandığımız materyallere olmak üzere geniş etkisi vardır.  
Birimi: kg SO<sub>2eq</sub>
7. Ötrofikasyon: Havada, suda ve toprakta aşırı miktarda besleyicilerin oluşumunu ifade eder. Birimi: kg PO<sub>4eq</sub>
8. Fotokimyasal Oksidasyon: İnsan sağlığına zararlı, ekosisteme ve ekinlere zarar veren reaktif maddelerin oluşumunu ifade eder. Birimi: kg C<sub>2</sub>H<sub>4eq</sub>
9. Doğal Kaynakların Tükenmesi: Bu etki kategorisinde minerallerin ve fosil yakıtların çıkarılarak sisteme dahil edilmesini ifade eder. Bu kaynakların doğada buluma oranı ve yenilenmesi etki şiddetini belirler. Birimi: kg Sb<sub>eq</sub>
10. Ozon Tabakasının İncelmesi: Ozon tabakasının incelmesi ile daha fazla UV-B ışını dünyaya ulaşır. Bunun bir sonucu olarak insan ve hayvan sağlığı, karasal ve sucul ekosistem, biyokimyasal döngüler zarar görür. Birimi: kg CFC<sup>-11</sup><sub>eq</sub>

Cumulative Energy Demand metodu ile ise tüketilen kümülatif enerji miktarı hesaplanmaktadır. Kümülatif enerji bir ürün veya hizmetin enerji ayak izidir.

Çalışmada SimaPro yazılımı ile çevresel etkilerin yanında; elektrik, doğalgaz, su, buhar tüketimleri de ayrıca hesaplanmış, iki prosesin tüketimleri karşılaştırılmıştır.

Sonuçların Yorumlanması:

Çalışmaya ait bulgularla ilgili olarak envanter analizinde ve etki değerlendirmesinde önemli hususlar tespit edilmiş olup herhangi bir hataya yer vermemek için önemli noktalar yeniden kontrol edilmiştir. Ayrıca çalışmanın bütünlüğü gözden geçirilmiştir. İlgili sonuçlar ve yorumlar 4. Bölümde detaylı olarak verilmiştir.

### **3.3.6 Test Yöntemleri**

Ön yıkama, rotasyon baskı şablon yıkama, dijital baskı patı, baskı sonu yıkama ve son kurutma proses adımlarında oluşan atık suların çevreye olan etkilerini hesaplamak için aşağıdaki atık su parametreleri analiz edilmiştir:

- Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)
- Askıdaki katı maddeler (AKM)
- Toplam azot
- Toplam amonyum
- Toplam fosfor
- Toplam krom
- Toplam demir
- Sıcaklık
- pH



## 4 BULGULAR

Çevresel etkiler ve kaynak tüketimlerinde verilen sonuçlar, ISO 14044 standardına göre YDA çalışmasının “Hedef ve Kapsam Belirleme” aşamasında seçilen fonksiyonel birime göre (1 kg kumaş) hesaplanmıştır.

### 4.1 Kaynak Tüketimleri

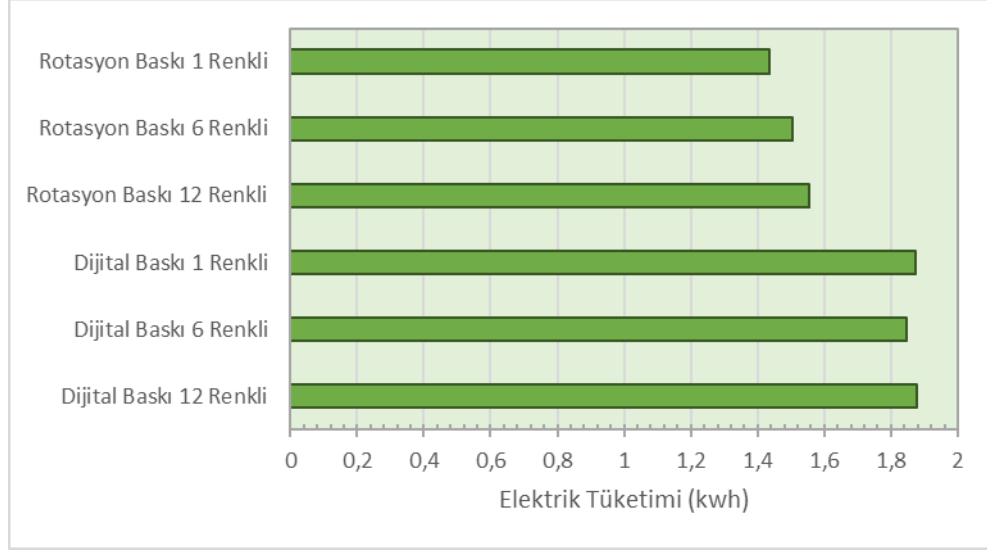
Rotasyon ve dijital baskının renk sayısına göre karşılaştırmalı kaynak tüketim tablosu Çizelge 4.1’deki gibidir.

**Çizelge 4.1.** Renk sayısına göre rotasyon ve dijital baskı kaynak tüketimleri

Proses	Elektrik (kwh)	Toplam Su (kg)	Buhar (kg)	Doğalgaz (m <sup>3</sup> )
Rotasyon Baskı-1 Renkli	1,437	157,855	15,301	0,927
Rotasyon Baskı -6 Renkli	1,505	190,203	15,301	0,951
Rotasyon Baskı -12 Renkli	1,556	226,094	15,301	0,951
Dijital Baskı -1 Renkli	1,874	159,474	14,964	1,225
Dijital Baskı -6 Renkli	1,847	159,202	14,964	1,220
Dijital Baskı -12 Renkli	1,876	159,332	14,964	1,252

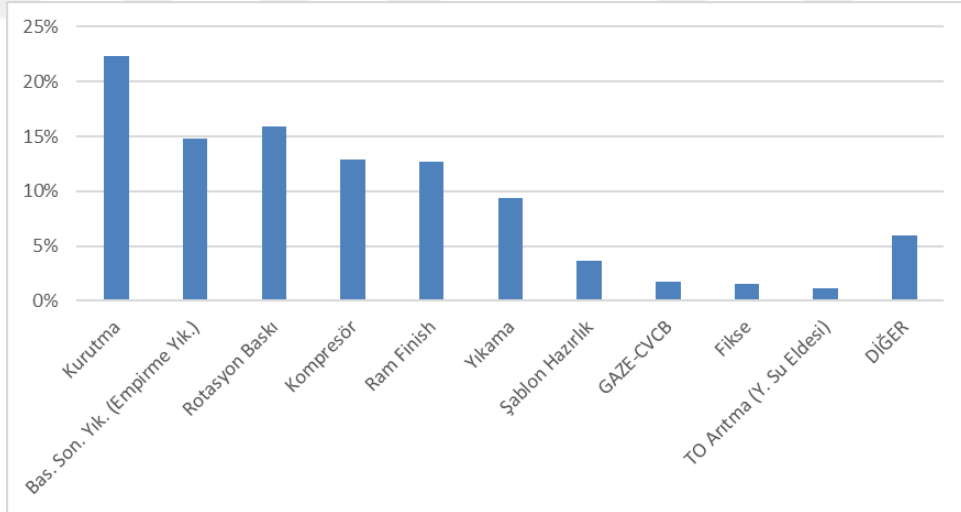
#### 4.1.1 Elektrik

Şekil 4.1’de, dijital baskı elektrik tüketiminde renk sayısına göre anlamlı bir değişimin olmadığı görülmektedir. Rotasyon baskıda ise renk sayısı arttıkça, elektrik tüketiminin arttığı gözlemlenmektedir. Bu artış şablon hazırlama ve yıkama işlemleri sırasında sarf edilen elektrikten ve rotasyon baskı makinesinde daha çok şablon tahrik edilmesinden kaynaklanmaktadır. Ek-1’deki sankey diyagramı incelendiğinde, rotasyon baskıda elektrik tüketiminin %20,4’ü şablon hazırlamada sarf edildiği görülmektedir. 12 renkli kumaş göz önünde bulundurulduğunda 1 kg kumaş için 0,32 kwh elektrik şablon hazırlama işlemi için sarf edilmektedir. Rotasyon baskı makinesindeki tahrik sisteminden dolayı ise tahrik edilen her bir şablon başına ortalama 3,3 watt daha fazla elektrik sarf edilmektedir. Dijital ve rotasyon baskı yöntemi karşılaştırıldığında ise dijital baskı işleminin ortalama %20 daha fazla elektrik tükettiği görülmektedir. Bu fark dijital baskı prosesinde kullanılan iklimlendirme ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Dijital baskı prosesinde sarf edilen elektriğin yaklaşık yarısı iklimlendirme için harcanmaktadır.

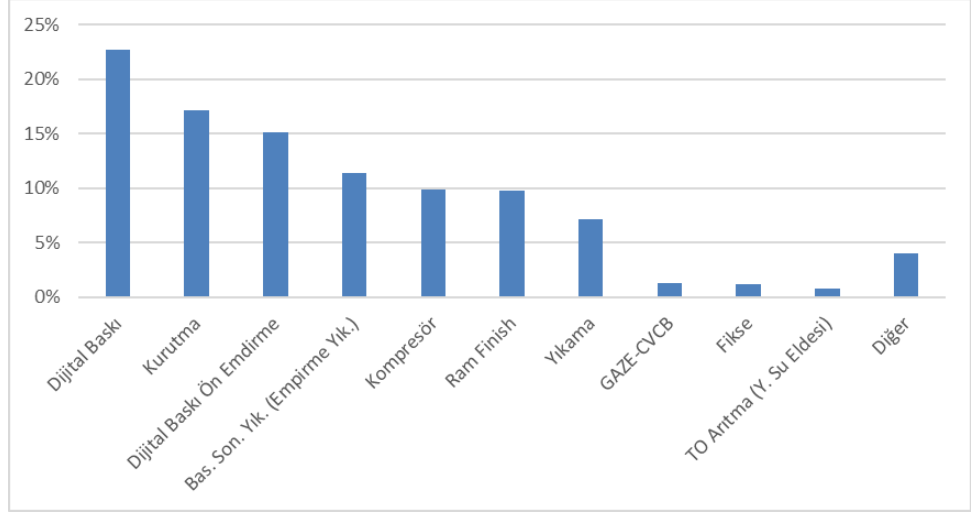


**Şekil 4.1.** Rotasyon ve dijital baskıda renk sayısına göre elektrik tüketimi

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te rotasyon ve dijital baskının proseslere gör ortalama elektrik tüketimi dağılımı görülmektedir. Dijital baskıda en yüksek elektrik tüketimi dijital baskı işleminde gerçekleşirken, rotasyon baskıda en yüksek tüketim %22,5 oranla baskı altı sarım işleminde gerçekleşmektedir.



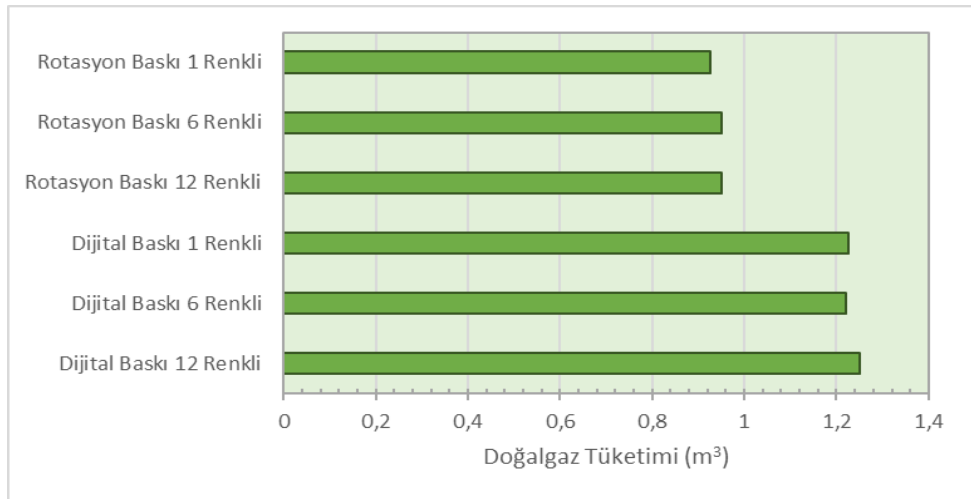
**Şekil 4.2.** Rotasyon baskı işleminde ortalama elektrik tüketimi dağılımı



**Şekil 4.3.** Dijital baskı işleminde ortalama elektrik tüketimi dağılımı

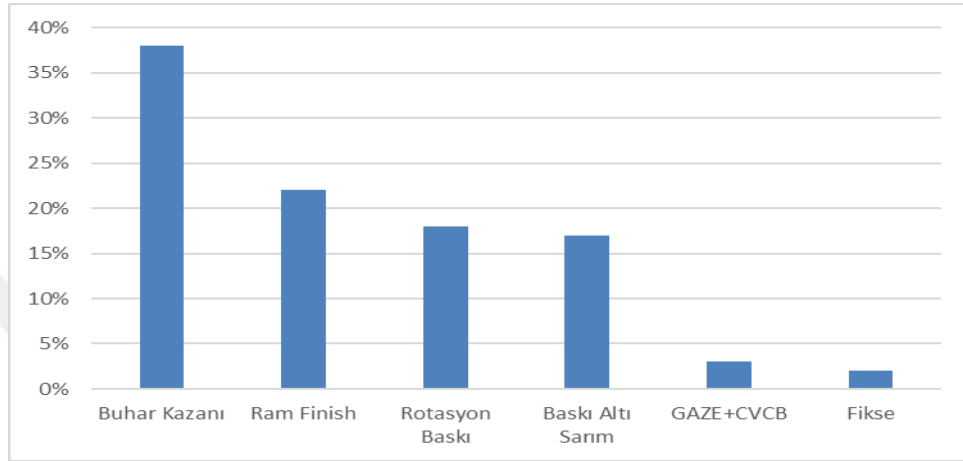
#### 4.1.2 Doğalgaz

Doğalgaz üretim sürecinde; kızgın yağ ve buhar eldesi, kurutma ve gaze amacıyla kullanılmaktadır. Her iki baskı yönteminde de renk sayısına göre ciddi bir değişim gözlemlenmemektedir (Şekil 4.4). Ancak dijital baskı yönteminin, rotasyon baskıya göre %25 daha fazla doğalgaz tükettiği gözlemlenmektedir. Bu fark dijital baskı makinesinin daha yavaş çalışmasından dolayı kurutma kısmında daha fazla doğalgaz tüketilmesinden ve dijital baskı prosesi üretim sürecinde gerekli olan ve fazladan kurutma işlemi gerektiren “dijital baskı ön emdirme” prosesinden kaynaklanmaktadır.

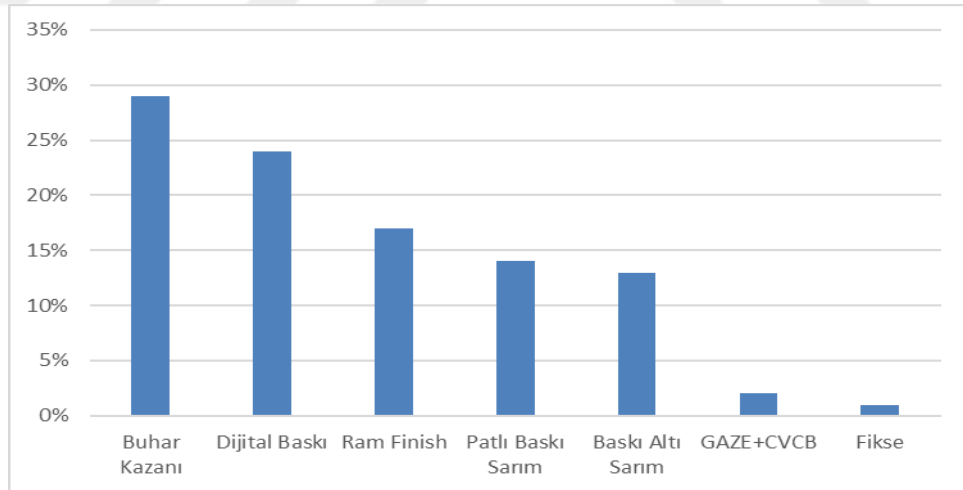


**Şekil 4.4.** Rotasyon ve dijital baskıda renk sayısına göre doğalgaz tüketimi

Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da rotasyon ve dijital baskı süreçlerindeki alt proseslerin doğalgaz tüketim oranları görülmektedir. Rotasyon baskıda buhar kazanından sonra en yüksek tüketim %22,5 ile Ram Finish prosesinde görülürken, dijital baskıda ise %24 ile en yüksek baskı prosesinde gerçekleşmektedir. Buhar kazanında tüketilen doğalgaz, aslında dolaylı olarak buharın tüketildiği alt proseslerde sarf edilmektedir. Çizelge 4.2 alt proseslerin buhar tüketim oranlarını göstermektedir.



**Şekil 4.5.** Rotasyon baskı teknolojisinde proseslere göre doğalgaz tüketimi dağılımı



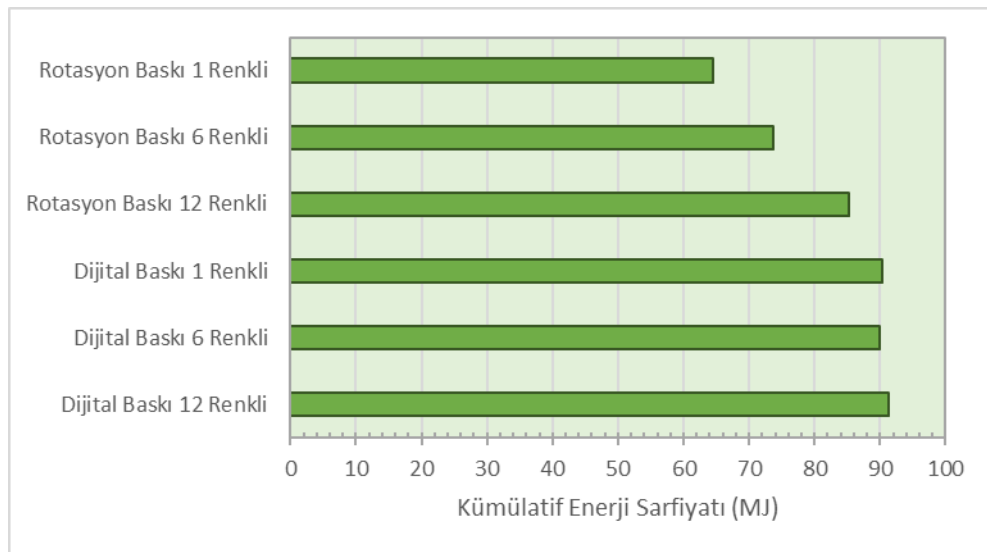
**Şekil 4.6.** Dijital baskı teknolojisinin proseslere göre ortalama doğalgaz tüketimi

**Çizelge 4.2.** Rotasyon ve dijital baskı üretim süreçlerinde buhar tüketimi

Rotasyon Baskı		Dijital Baskı	
Proses	Tüketim (kg)	Proses	Tüketim (kg)
Gaze + CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	0,05	Gaze + CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	0,05
Yıkama	3,7	Yıkama	3,7
Fikse	4,14	Fikse	4,14
Bas. Sonu Yık. (Em. Yıkama)	6,54	Bas. Sonu Yık. (Em. Yıkama)	6,54
Sanfor	0,59	Sanfor	0,59
Kılavuz Kumaş Soldurma	0,34		

### 4.1.3 Kümülatif Enerji

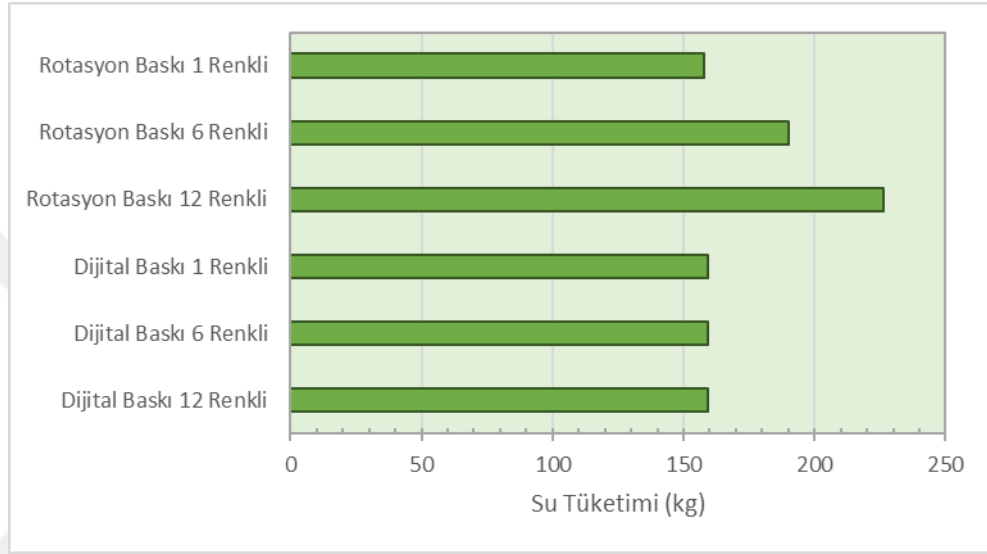
Kümülatif enerji, bir ürünü üretmek için doğadan almamız gereken toplam enerjiyi ifade eder. Şekil 4.7’de görüleceği üzere, kümülatif enerji ihtiyaçlarının her iki üretim sürecinde de elektrik ve doğalgaz tüketimlerine paraleldir. Dolayısıyla dijital baskı prosesinde renk sayısına göre anlamlı bir fark görülmemektedir. Rotasyon prosesinde ise renk sayısı arttıkça kümülatif enerji tüketiminde artış görülmektedir. Bu durum; renk sayısı arttıkça şablon hazırlamak için kaynakların daha fazla tüketilmesinden ve baskı sırasında daha fazla şablonun tahrik edilmesinden dolayı daha fazla elektrik sarf edilmesinden kaynaklanmaktadır.



**Şekil 4.7.** Rotasyon ve dijital baskıda renk sayısına göre kümülatif enerji sarfiyatı

#### 4.1.4 Su

Şekil 4.8’de görüldüğü gibi, 12 renkli rotasyon baskı prosesi ile dijital baskı prosesi arasında su tüketiminde %30’luk bir fark vardır. Dijital baskıda renk sayısına göre herhangi bir değişimin olmadığı gözlemlenmektedir. Rotasyon baskı ise renk sayısı arttıkça su tüketimi artmakta, 12 renkli kumaş %30 daha fazla su tüketmektedir. Bu fark genel olarak şablonların yıkanması sırasında tüketilen sudan kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.8. Rotasyon ve dijital baskı teknolojilerinde renk sayısına göre su tüketimi

#### 4.2 Atık Su Analizleri

Atıksu yükünün geldiği proseslerde, akredite atıksu analizleri yapılarak çevresel yükü hesaplanmıştır. Baskı sonu yıkama işleminin yapıldığı 14 tekneye sahip yıkama makinesinden atıksu alma işlemi iki noktadan yapılmıştır. Atıksu analizi sonuçları Çizelge 4.3’deki gibidir.

**Çizelge 4.3. Atıksu analizi sonuçları**

Parametre	Test Standardı	Yıkama	Rotasyon Baskı Şablon Yıkama	Dijital Baskı	Baskı Sonu Yıkama	Son Kurutma
KOİ (mg/L)	SM 5220 B	Tekne 1: 4233,0 Tekne 2: 1095,6	1200,2	398,4	1006,0	24651,25
AKM (mg/L)	SM 2540 D	Tekne 1: 253,08 Tekne 2: 63,5	211,63	15,0	273,33	146,0
T. Azot (mg/L)	İşletme İçi Metot – TL-TD ML 074	Tekne 1: 21,55 Tekne 2: 5,99	861,61	17,64	596,02	26,12
T. Amonyum (mg/L)	SM 4500-NH <sub>3</sub> B-C	Tekne 1: 0,47 Tekne 2: <0,2 (LOQ)	3,45	<0,2 (LOQ)	24,7	<0,2 (LOQ)
T. Fosfor (mg/L)	TS EN ISO 17294 2	Tekne 1: 16,13 Tekne 2: 0,0481	2,06	<0,01 (LOQ)	16,56	0,162
T. Krom (mg/L)	TS EN ISO 17294 2	Tekne 1: 0,011 Tekne 2: 0,002	0,028	<0,002 (LOQ)	0,214	0,0048
T. Demir (mg/L)	TS EN ISO 17294 2	Tekne 1: 0,104 Tekne 2: 0,024	0,016	0,074	0,057	0,069
Sıcaklık (°C)	SM 2550 B	Tekne 1: 61,5 Tekne 2: 52,0	28,6	27,1	59,8	28,7
pH (-)	SM 4500 H+ B	Tekne 1: 11,65 Tekne 2: 4,41	7,66	7,82	7,46	5,28

### 4.3 Çevresel Etkilerin Karşılaştırması

Rotasyon ve dijital baskı teknolojilerinde hesaplanan çevresel etkiler Çizelge 4.3-4.8'deki gibidir.

**Çizelge 4.4. 1 renkli rotasyon baskı kumaşın çevresel etkileri**

ETKİ KATEGORİSİ	Doğal Kaynakların Tükennesi (kg Sb eq)	Küresel Isınma (GWp100a) (kg CO <sub>2</sub> eq)	Ozon Tabakasının İncelmesi (kg CFC <sub>11</sub> eq)	İnsan Sağlığına Etkiler (kg 1,4-DB eq)	Akarsu Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Deniz Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Karasal Ekotoksite (kg 1,4-DB eq)	Fotokinyasal Oksidasyon (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	Asitifikasyon (kg SO <sub>2</sub> eq)	Ötrofikasyon (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
1. Mal kabulü	3,03E-10	0,001258	5,28E-11	0,000943	0,001453	3,941995	2,13E-06	2,82E-07	7,25E-06	8,29E-06
2. Ham kumaş depo	3,68E-10	0,001526	6,41E-11	0,001144	0,001762	4,78199	2,58E-06	3,42E-07	8,79E-06	1,01E-05
3. Partileme	3,08E-10	0,001278	5,36E-11	0,000958	0,001476	4,003911	2,16E-06	2,87E-07	7,36E-06	8,42E-06
4. Kumaş açma	3,3E-10	0,00137	5,75E-11	0,001027	0,001582	4,292853	2,32E-06	3,07E-07	7,89E-06	9,03E-06
5. Dikiş	7,93E-12	3,29E-05	1,38E-12	2,47E-05	3,8E-05	0,103194	5,57E-08	7,39E-09	1,9E-07	2,17E-07
6. Gaze CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	4,96E-07	0,117518	4,55E-08	0,055353	0,055374	191,1784	0,000139	4,8E-05	0,000954	0,003185
7. Combi Batch (Dok ünitesi)	5,74E-09	0,013017	3E-10	0,004257	0,00559	16,02469	9,78E-06	2,85E-06	6,26E-05	3,35E-05
8. Yıkama	1,37E-07	0,106649	5,82E-09	0,071378	0,09876	288,9146	0,00022	6,56E-05	0,000922	0,004429
9. Kurutma	5,31E-08	0,221067	1,21E-08	0,162534	0,22518	619,3907	0,000327	7,32E-05	0,002006	0,001265

**Çizelge 4.4. 1 renkli rotasyon baskı kumaşın çevresel etkileri (devam)**

10. Rotasyon baskı (1 Renkli)	3,11E-05	0,634162	3,46E-08	0,399273	0,418181	1.126,095	0,000702	0,000622	0,014813	0,002618
11. Fiksaj (fikse)	2,8E-10	0,03926	3,77E-09	0,027187	0,025096	76,29665	3,06E-05	5,06E-05	0,000689	5,27E-05
12. Baskı sonu yıkama (emprime yıkama)	3,84E-07	0,295441	1,26E-08	0,127108	0,235819	487,5546	0,027357	0,000178	0,001824	0,028803
13. Yaş açma	-2,7E-09	0,002625	7,17E-11	0,002001	0,003579	10,49961	3,63E-06	4,86E-07	1,26E-05	-3,8E-06
14. Bitim işlemi	3,69E-08	0,152083	1,01E-08	0,109081	0,134289	375,6203	0,000194	0,000125	0,00301	0,001192
15. Sanfor	4,36E-09	0,008782	5,9E-10	0,006427	0,00825	24,40143	9,65E-06	7,3E-06	0,000104	7,31E-06
16. Görsel kontrol	2,17E-07	0,034776	2,01E-09	0,012978	0,012247	44,88678	4,23E-05	1,64E-05	0,000261	0,000106
17. Paketleme	2,66E-08	0,052681	8,36E-10	0,008249	0,007012	24,21819	2,01E-05	1,14E-05	0,000234	4,87E-05
18. Depo (sevkiyat)	3,11E-11	0,000129	5,42E-12	9,68E-05	0,000149	0,404519	2,18E-07	2,9E-08	7,44E-07	8,51E-07
TOPLAM	3,25E-05	1,792355	1,33E-07	1,071476	1,361355	3.643,188	0,029249	0,001227	0,02555	0,042491

**Çizelge 4.5. 6 renkli rotasyon baskı kumaşın çevresel etkileri**

ETKİ KATEGORİSİ	Doğal Kaynakların Tükennmesi (kg Sb eq)	Küresel Isınma (GWP/100a) (kg CO <sub>2</sub> eq)	Ozon Tabakasının İncelməsi (kg CFC-11 eq)	İnsan Sağlığına Etkiler (kg I,4-DB eq)	Akarsu Ekotoksikitesi (kg I,4-DB eq)	Deniz Ekotoksikitesi (kg I,4-DB eq)	Karasal Ekotoksikite (kg I,4-DB eq)	Fotokimyasal Oksidasyon (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	Asitifikasyon (kg SO <sub>2</sub> eq)	Ötrofikasyon (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
1. Mal kabulü	3,03E-10	0,001258	5,28E-11	0,000943	0,001453	3,941994	2,13E-06	2,82E-07	7,25E-06	8,29E-06
2. Ham kum. depo	3,68E-10	0,001526	6,41E-11	0,001144	0,001762	4,78199	2,58E-06	3,42E-07	8,79E-06	1,01E-05
3. Partileme	3,08E-10	0,001278	5,36E-11	0,000958	0,001476	4,003911	2,16E-06	2,87E-07	7,36E-06	8,42E-06
4. Kumaş açma	3,3E-10	0,00137	5,75E-11	0,001027	0,001582	4,292853	2,32E-06	3,07E-07	7,89E-06	9,03E-06
5. Dikiş	7,93E-12	3,29E-05	1,38E-12	2,47E-05	3,8E-05	0,103194	5,57E-08	7,39E-09	1,9E-07	2,17E-07
6. Gaze CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	4,96E-07	0,117518	4,55E-08	0,055353	0,055374	191,1784	0,000139	4,8E-05	0,000954	0,003185
7. Combi Batch (dok ünitesi)	5,74E-09	0,013017	3E-10	0,004257	0,00559	16,02469	9,78E-06	2,85E-06	6,26E-05	3,35E-05
8. Yıkama	1,37E-07	0,106649	5,82E-09	0,071378	0,09876	288,9146	0,00022	6,56E-05	0,000922	0,004429
9. Kurutma	5,31E-08	0,221067	1,21E-08	0,162534	0,22518	619,3907	0,000327	7,32E-05	0,002006	0,001265
10. Rotasyon Baskı (6 Renkli)	3,32E-05	1,085326	5,93E-08	0,546507	0,532606	1.520,328	0,000889	0,000765	0,018113	0,004611
11. Fiksaj (fikse)	2,8E-10	0,03926	3,77E-09	0,027187	0,025096	76,29665	3,06E-05	5,06E-05	0,000689	5,27E-05
12. Baskı sonu yık. (emp. yık.)	3,84E-07	0,295441	1,26E-08	0,127108	0,235819	487,5546	0,027357	0,000178	0,001824	0,028803
13. Yaş açma	-2,7E-09	0,002625	7,17E-11	0,002001	0,003579	10,49961	3,63E-06	4,86E-07	1,26E-05	-3,8E-06
14. Bitim işlemi	3,69E-08	0,152083	1,01E-08	0,109081	0,134289	375,6203	0,000194	0,000125	0,00301	0,001192
15. Sanfor	4,36E-09	0,008782	5,9E-10	0,006427	0,00825	24,40143	9,65E-06	7,3E-06	0,000104	7,31E-06
16. Görsel Kontrol	2,17E-07	0,034776	2,01E-09	0,012978	0,012247	44,88678	4,23E-05	1,64E-05	0,000261	0,000106
17. Paketleme	2,66E-08	0,052681	8,36E-10	0,008249	0,007012	24,21819	2,01E-05	1,14E-05	0,000234	4,87E-05
18. Depo (sev.)	3,11E-11	0,000129	5,42E-12	9,68E-05	0,000149	0,404519	2,18E-07	2,9E-08	7,44E-07	8,51E-07
TOPLAM	3,46E-05	2,243519	1,58E-07	1,21871	1,47578	4.037,421	0,029435	0,001371	0,02885	0,044484



**Çizelge 4.6. 12 renkli rotasyon baskı kumaşın çevresel etkileri**

ETKİ KATEGORİSİ	Doğal Kaynakların Tükennmesi (kg Sb eq)	Küresel Isınma (GWP100a) (kg CO <sub>2</sub> eq)	Ozon Tabakasının İncelmesi (kg CFC-11 eq)	İnsan Sağlığına Etkiler (kg 1,4-DB eq)	Akarsu Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Deniz Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Karasal Ekotoksite (kg 1,4-DB eq)	Fotokimyasal Oksidasyon (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	Asitifikasyon (kg SO <sub>2</sub> eq)	Özotifikasyon (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
1. Mal kabulü	3,03E-10	0,001258	5,28E-11	0,000943	0,001453	3,941994	2,13E-06	2,82E-07	7,25E-06	8,29E-06
2. Ham kumaş depo	3,68E-10	0,001526	6,41E-11	0,001144	0,001762	4,78199	2,58E-06	3,42E-07	8,79E-06	1,01E-05
3. Partileme	3,08E-10	0,001278	5,36E-11	0,000958	0,001476	4,003911	2,16E-06	2,87E-07	7,36E-06	8,42E-06
4. Kumaş açma	3,3E-10	0,00137	5,75E-11	0,001027	0,001582	4,292853	2,32E-06	3,07E-07	7,89E-06	9,03E-06
5. Dikiş	7,93E-12	3,29E-05	1,38E-12	2,47E-05	3,8E-05	0,103194	5,57E-08	7,39E-09	1,9E-07	2,17E-07
6. Gaze CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	4,96E-07	0,117518	4,55E-08	0,055353	0,055374	191,1784	0,000139	4,8E-05	0,000954	0,003185
7. Combi Batch (dok ünitesi)	5,74E-09	0,013017	3E-10	0,004257	0,00559	16,02469	9,78E-06	2,85E-06	6,26E-05	3,35E-05
8. Yıkama	1,37E-07	0,106649	5,82E-09	0,071378	0,09876	288,9146	0,00022	6,56E-05	0,000922	0,004429
9. Kurutma	5,31E-08	0,221067	1,21E-08	0,162534	0,22518	619,3907	0,000327	7,32E-05	0,002006	0,001265
10. Rotasyon Baskı (12 Renkli)	3,62E-05	1,70731	9,31E-08	0,738388	0,670716	2.010,429	0,001128	0,000949	0,022516	0,006071
11. Fiksaj (fikse)	2,8E-10	0,03926	3,77E-09	0,027187	0,025096	76,29665	3,06E-05	5,06E-05	0,000689	5,27E-05
12. Baskı sonu yıkama (Emprime Yıkama)	3,84E-07	0,295441	1,26E-08	0,127108	0,235819	487,5546	0,027357	0,000178	0,001824	0,028803
13. Yaş açma	-2,7E-09	0,002625	7,17E-11	0,002001	0,003579	10,49961	3,63E-06	4,86E-07	1,26E-05	-3,8E-06
14. Bitim işlemi	3,69E-08	0,152083	1,01E-08	0,109081	0,134289	375,6203	0,000194	0,000125	0,00301	0,001192
15. Sanfor	4,36E-09	0,008782	5,9E-10	0,006427	0,00825	24,40143	9,65E-06	7,3E-06	0,000104	7,31E-06
16. Görsel Kontrol	2,17E-07	0,034776	2,01E-09	0,012978	0,012247	44,88678	4,23E-05	1,64E-05	0,000261	0,000106
17. Paketleme	2,66E-08	0,052681	8,36E-10	0,008249	0,007012	24,21819	2,01E-05	1,14E-05	0,000234	4,87E-05
18. Depo (sevkiyat)	3,11E-11	0,000129	5,42E-12	9,68E-05	0,000149	0,404519	2,18E-07	2,9E-08	7,44E-07	8,51E-07
TOPLAM	3,76E-05	2,865503	1,91E-07	1,410591	1,61389	4.527,522	0,029675	0,001554	0,033253	0,045944

**Çizelge 4.7. 1 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri**

ETKİ KATEGORİSİ	Doğal Kaynakların Tükennmesi (kg Sb eq)	Küresel Isınma (GWP100a) (kg CO <sub>2</sub> eq)	Ozon Tabakasının İncelmesi (kg CFC-11 eq)	İnsan Sağlığına Etkiler (kg 1,4-DB eq)	Akarsu Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Deniz Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Karasal Ekotoksite (kg 1,4-DB eq)	Fotokimyasal Oksidasyon (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	Asitifikasyon (kg SO <sub>2</sub> eq)	Özotifikasyon (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
1. Mal kabulü	3,03E-10	0,001258	5,28E-11	0,000943	0,001453	3,941994	2,13E-06	2,82E-07	7,25E-06	8,29E-06
2. Ham kumaş depo	3,68E-10	0,001526	6,41E-11	0,001144	0,001762	4,78199	2,58E-06	3,42E-07	8,79E-06	1,01E-05
3. Partileme	3,08E-10	0,001278	5,36E-11	0,000958	0,001476	4,003911	2,16E-06	2,87E-07	7,36E-06	8,42E-06
4. Kumaş açma	3,3E-10	0,00137	5,75E-11	0,001027	0,001582	4,292853	2,32E-06	3,07E-07	7,89E-06	9,03E-06

**Çizelge 4.7. 1 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri (devam)**

5. Dikiş	7,93E-12	3,29E-05	1,38E-12	2,47E-05	3,8E-05	0,103194	5,57E-08	7,39E-09	1,9E-07	2,17E-07
6. Gaze CVCB(Cold Viscose Combi Batch)	4,96E-07	0,117518	4,55E-08	0,055353	0,055374	191,1784	0,000139	4,8E-05	0,000954	0,003185
7. Combi Batch (dok ünitesi)	5,74E-09	0,013017	3E-10	0,004257	0,00559	16,02469	9,78E-06	2,85E-06	6,26E-05	3,35E-05
8. Yıkama	1,37E-07	0,106649	5,82E-09	0,071378	0,09876	288,9146	0,00022	6,56E-05	0,000922	0,004429
9. Kurutma	4,54E-06	1,115165	5,83E-08	0,436525	0,384588	1.192,149	0,000672	0,000477	0,009386	0,002342
10. Dijital baskı ön emdirme	5,31E-08	0,221067	1,21E-08	0,162534	0,22518	619,3907	0,000327	7,32E-05	0,002006	0,001265
11. Dijital Baskı (1 Renkli)	6,4E-08	0,325178	1,84E-08	0,226387	0,301158	839,969	0,000436	0,00024	0,003607	0,001745
12. Fiksaj (fikse)	2,8E-10	0,03926	3,77E-09	0,027187	0,025096	76,29665	3,06E-05	5,06E-05	0,000689	5,27E-05
13. Baskı sonu yıkama (emprime yıkama)	3,84E-07	0,295441	1,26E-08	0,127108	0,235819	487,5546	0,027357	0,000178	0,001824	0,028803
14. Yaş açma	-2,7E-09	0,002625	7,17E-11	0,002001	0,003579	10,49961	3,63E-06	4,86E-07	1,26E-05	-3,8E-06
15. Bitim işlemi	3,69E-08	0,152083	1,01E-08	0,109081	0,134289	375,6203	0,000194	0,000125	0,00301	0,001192
16. Sanfor	4,36E-09	0,008782	5,9E-10	0,006427	0,00825	24,40143	9,65E-06	7,3E-06	0,000104	7,31E-06
17. Görsel kontrol	2,05E-07	0,033035	1,91E-09	0,012428	0,01184	43,12326	4,03E-05	1,55E-05	0,000247	0,000102
18. Paketleme	2,66E-08	0,052681	8,36E-10	0,008249	0,007012	24,21819	2,01E-05	1,14E-05	0,000234	4,87E-05
19. Depo (sevkiyat)	3,11E-11	0,000129	5,42E-12	9,68E-05	0,000149	0,404519	2,18E-07	2,9E-08	7,44E-07	8,51E-07
TOPLAM	5,98E-06	2,596795	1,75E-07	1,334565	1,628513	4547,447	0,029653	0,001322	0,023716	0,043957

**Çizelge 4.8. 6 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri**

ETKİ KATEGORİSİ	Doğal Kaynakların Tükennmesi (kg SO <sub>2</sub> eq)	Kırsal Isınma (GWP)(00a) (kg CO <sub>2</sub> eq)	Ozon Tabakasının İncelməsi (kg CFC-11 eq)	İnsan Sağlığına Etkiler (kg 1,4-DB eq)	Alkarsu Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Deniz Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Karasal Ekotoksite (kg 1,4-DB eq)	Fotokimyasal Oksidasyon (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	Asitifikasyon (kg SO <sub>2</sub> eq)	Özofikasyon (kg PO <sub>4</sub> --- eq)
1. Mal kabulü	3,03E-10	0,001258	5,28E-11	0,000943	0,001453	3,941994	2,13E-06	2,82E-07	7,25E-06	8,29E-06
2. Ham kumaş depo	3,68E-10	0,001526	6,41E-11	0,001144	0,001762	4,78199	2,58E-06	3,42E-07	8,79E-06	1,01E-05
3. Partileme	3,08E-10	0,001278	5,36E-11	0,000958	0,001476	4,003911	2,16E-06	2,87E-07	7,36E-06	8,42E-06
4. Kumaş açma	3,3E-10	0,00137	5,75E-11	0,001027	0,001582	4,292853	2,32E-06	3,07E-07	7,89E-06	9,03E-06
5. Dikiş	7,93E-12	3,29E-05	1,38E-12	2,47E-05	3,8E-05	0,103194	5,57E-08	7,39E-09	1,9E-07	2,17E-07
6. Gaze CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	4,96E-07	0,117518	4,55E-08	0,055353	0,055374	191,1784	0,000139	4,8E-05	0,000954	0,003185
7. Combi Batch	5,74E-09	0,013017	3E-10	0,004257	0,00559	16,02469	9,78E-06	2,85E-06	6,26E-05	3,35E-05
8. Yıkama	1,37E-07	0,106649	5,82E-09	0,071378	0,09876	288,9146	0,00022	6,56E-05	0,000922	0,004429
9. Kurutma	4,54E-06	1,115165	5,83E-08	0,436525	0,384588	1.192,149	0,000672	0,000477	0,009386	0,002342
10. Dijital baskı ön emdirme	5,31E-08	0,221067	1,21E-08	0,162534	0,22518	619,3907	0,000327	7,32E-05	0,002006	0,001265
11. Dijital baskı (6 Renkli)	6,04E-08	0,310585	1,78E-08	0,216296	0,286083	798,6723	0,000413	0,000232	0,003493	0,001658

**Çizelge 4.8. 6 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri (devam)**

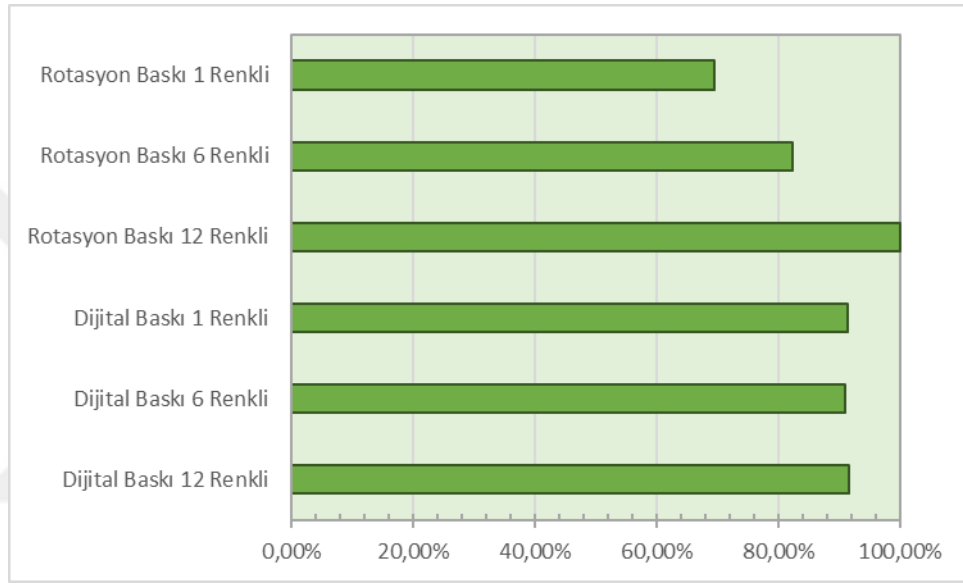
12. Fiksaj (fikse)	2,8E-10	0,03926	3,77E-09	0,027187	0,025096	76,29665	3,06E-05	5,06E-05	0,000689	5,27E-05
13. Baskı sonu yıkama (emprime yıkama)	3,84E-07	0,295441	1,26E-08	0,127108	0,235819	487,5546	0,027357	0,000178	0,001824	0,028803
14. Yaş açma	-2,7E-09	0,002625	7,17E-11	0,002001	0,003579	10,49961	3,63E-06	4,86E-07	1,26E-05	-3,8E-06
15. Bitim işlemi	3,69E-08	0,152083	1,01E-08	0,109081	0,134289	375,6203	0,000194	0,000125	0,00301	0,001192
16. Sanfor	4,36E-09	0,008782	5,9E-10	0,006427	0,00825	24,40143	9,65E-06	7,3E-06	0,000104	7,31E-06
17. Görsel kontrol	2,05E-07	0,033035	1,91E-09	0,012428	0,01184	43,12326	4,03E-05	1,55E-05	0,000247	0,000102
18. Paketleme	2,66E-08	0,052681	8,36E-10	0,008249	0,007012	24,21819	2,01E-05	1,14E-05	0,000234	4,87E-05
19. Depo (sevkiyat)	3,11E-11	0,000129	5,42E-12	9,68E-05	0,000149	0,404519	2,18E-07	2,9E-08	7,44E-07	8,51E-07
TOPLAM	5,98E-06	2,582202	1,74E-07	1,324474	1,613438	4506,151	0,029631	0,001313	0,023602	0,043869

**Çizelge 4.9. 12 renkli dijital baskı kumaşın çevresel etkileri**

ETKİ KATEGORİSİ	Doğal Kaynakların Tükөнmesi (kg Sb eq)	Küresel Isınma (GWP100a) (kg CO <sub>2</sub> eq)	Ozon Tabakasının İncelməsi (kg CTC-11 eq)	İnsan Sağlığına Etkiler (kg 1,4-DB eq)	Akarsu Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Deniz Ekotoksitesi (kg 1,4-DB eq)	Karasal Ekotoksite (kg 1,4-DB eq)	Fotokimyasal Oksidasyon (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	Asitifikasyon (kg SO <sub>2</sub> eq)	Örofikasyon (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
1. Mal kabulü	3,03E-10	0,001258	5,28E-11	0,000943	0,001453	3,941994	2,13E-06	2,82E-07	7,25E-06	8,29E-06
2. Ham kumaş depo	3,68E-10	0,001526	6,41E-11	0,001144	0,001762	4,78199	2,58E-06	3,42E-07	8,79E-06	1,01E-05
3. Partileme	3,08E-10	0,001278	5,36E-11	0,000958	0,001476	4,003911	2,16E-06	2,87E-07	7,36E-06	8,42E-06
4. Kumaş açma	3,3E-10	0,00137	5,75E-11	0,001027	0,001582	4,292853	2,32E-06	3,07E-07	7,89E-06	9,03E-06
5. Dikiş	7,93E-12	3,29E-05	1,38E-12	2,47E-05	3,8E-05	0,103194	5,57E-08	7,39E-09	1,9E-07	2,17E-07
6. Gaze CVCB (Cold Viscose Combi Batch)	4,96E-07	0,117518	4,55E-08	0,055353	0,055374	191,1784	0,000139	4,8E-05	0,000954	0,003185
7. Combi Batch (dok ünitesi)	5,74E-09	0,013017	3E-10	0,004257	0,00559	16,02469	9,78E-06	2,85E-06	6,26E-05	3,35E-05
8. Yıkama	1,37E-07	0,106649	5,82E-09	0,071378	0,09876	288,9146	0,00022	6,56E-05	0,000922	0,004429
9. Kurutma	4,54E-06	1,115165	5,83E-08	0,436525	0,384588	1,192,149	0,000672	0,000477	0,009386	0,002342
10. Dijital baskı ön emdirme	5,31E-08	0,221067	1,21E-08	0,162534	0,22518	619,3907	0,000327	7,32E-05	0,002006	0,001265
11. Dijital Baskı (12 Renkli)	6,52E-08	0,329169	1,9E-08	0,228944	0,301333	841,5388	0,000436	0,000245	0,003717	0,00174
12. Fiksaj (fikse)	2,8E-10	0,03926	3,77E-09	0,027187	0,025096	76,29665	3,06E-05	5,06E-05	0,000689	5,27E-05
13. Baskı sonu yıkama (emp. yık.)	3,84E-07	0,295441	1,26E-08	0,127108	0,235819	487,5546	0,027357	0,000178	0,001824	0,028803
14. Yaş açma	-2,7E-09	0,002625	7,17E-11	0,002001	0,003579	10,49961	3,63E-06	4,86E-07	1,26E-05	-3,8E-06
15. Bitim işlemi	3,69E-08	0,152083	1,01E-08	0,109081	0,134289	375,6203	0,000194	0,000125	0,00301	0,001192
16. Sanfor	4,36E-09	0,008782	5,9E-10	0,006427	0,00825	24,40143	9,65E-06	7,3E-06	0,000104	7,31E-06
17. Görsel kontrol	2,05E-07	0,033035	1,91E-09	0,012428	0,01184	43,12326	4,03E-05	1,55E-05	0,000247	0,000102
18. Paketleme	2,66E-08	0,052681	8,36E-10	0,008249	0,007012	24,21819	2,01E-05	1,14E-05	0,000234	4,87E-05
19. Depo (sevkiyat)	3,11E-11	0,000129	5,42E-12	9,68E-05	0,000149	0,404519	2,18E-07	2,9E-08	7,44E-07	8,51E-07
TOPLAM	5,98E-06	2,600786	1,76E-07	1,337121	1,628688	4,549,017	0,029653	0,001326	0,023827	0,043951

### 4.3.1 Ozon Tabakasının İncelmesi

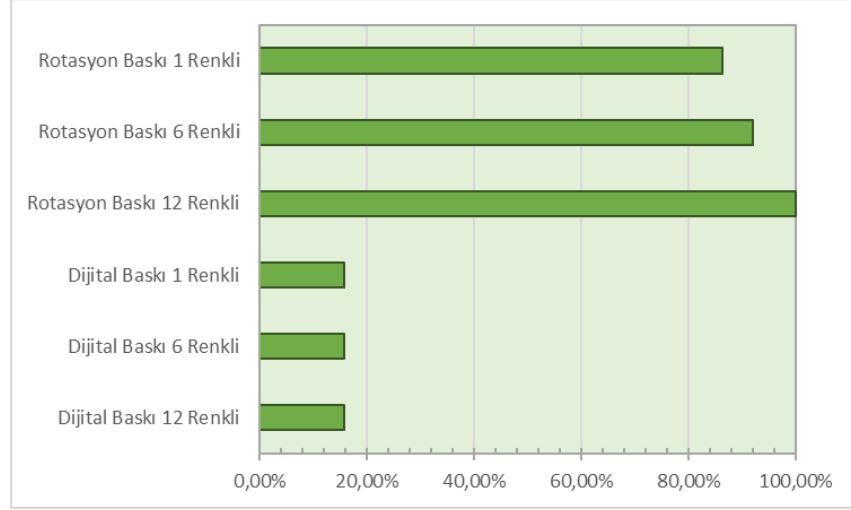
Ozon tabakasının incelmesi üzerinde en fazla etki, kullanılan kostik, elektrik doğalgaz ve baskı patında kullanılan üreden gelmektedir. Bu parametrelerin tüketimindeki artışa paralel olarak ozon tabakasının incelmesi etkisi artmaktadır. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre karşılaştırma grafiği Şekil 4.9'daki gibidir. Şekil 4.9 incelendiğinde, dijital baskıda anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Rotasyon baskıda ise renk sayısı arttıkça üre ve enerji kullanımı arttığından, ozon tabakasına etki artmaktadır.



Şekil 4.9. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre ozon tabakasının incelmesi etkisi

### 4.3.2 Doğal Kaynakların Tükenmesi

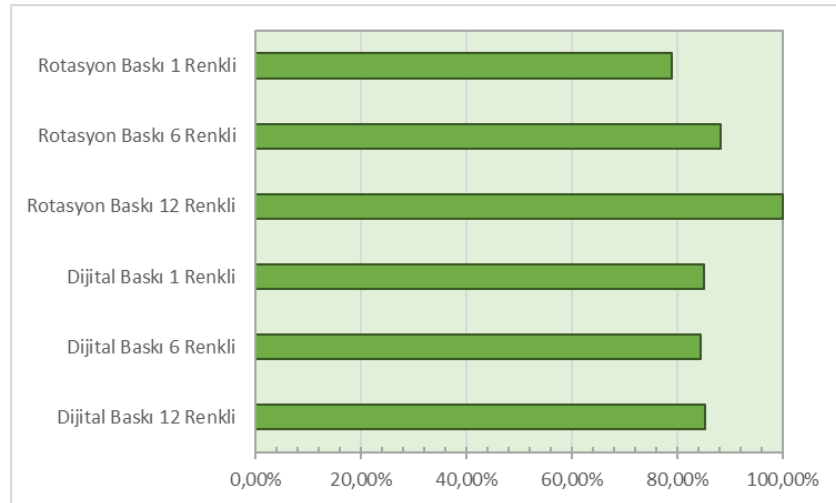
Doğal kaynakların tükenmesi etkisi, hammadde ve enerji tüketimlerinden kaynaklanmaktadır. En yüksek etki rotasyon baskı şablonlarının üretiminde kullanılan nikel ve kimyasal ambalajlarından kaynaklanmaktadır. Ardından baskı patında kullanılan üre etkili olmaktadır. Aynı zamanda bu çevresel etkinin oluşmasında kullanılan kimyasallar etkilidir. Kullanılan kostik, baskı patında kullanılan sodyum bikarbonat, kimyasalların bileşenlerinde bulunan nitrobenzen, yumuşak su üretiminde kullanılan tuz ortalama %5-11 oranında katkı sağlamıştır. Proseslerin doğal kaynakların tükenmesi etki kategorisinde karşılaştırması Şekil 4.10'daki gibidir.



**Şekil 4.10.** Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre doğal kaynakların tükenmesi etkisi

### 4.3.3 Fotokimyasal Oksidasyon

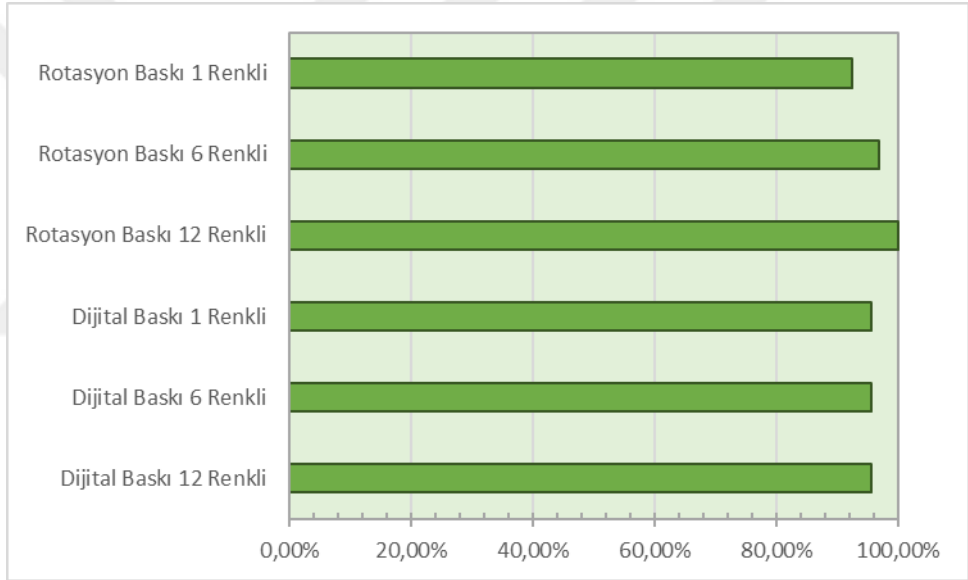
Fotokimyasal oksidasyon üzerine en yüksek etki, rotasyon baskı şablonunda kullanılan nikelin üretiminden kaynaklanmaktadır. Daha sonra doğalgaz, elektrik ve baskı patında kullanılan üre etkili olmaktadır. Enerji ve şablon kullanımı arttıkça fotokimyasal oksidasyon etkisinde artış gözlemlenmektedir (Şekil 4.11). Dijital baskıda renk sayısı üre kullanımı ile orantılı olmadığından ve nikel baskı şablonları bulunmadığından renk sayısına göre anlamlı bir değişim görülmemektedir. Ancak rotasyon baskıda renk sayısı ile birlikte nikel şablon ve üre kullanımı arttığından fotokimyasal oksidasyon etkisi artmaktadır.



**Şekil 4.11.** Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre fotokimyasal oksidasyon etkisi

#### 4.3.4 Ötrofikasyon

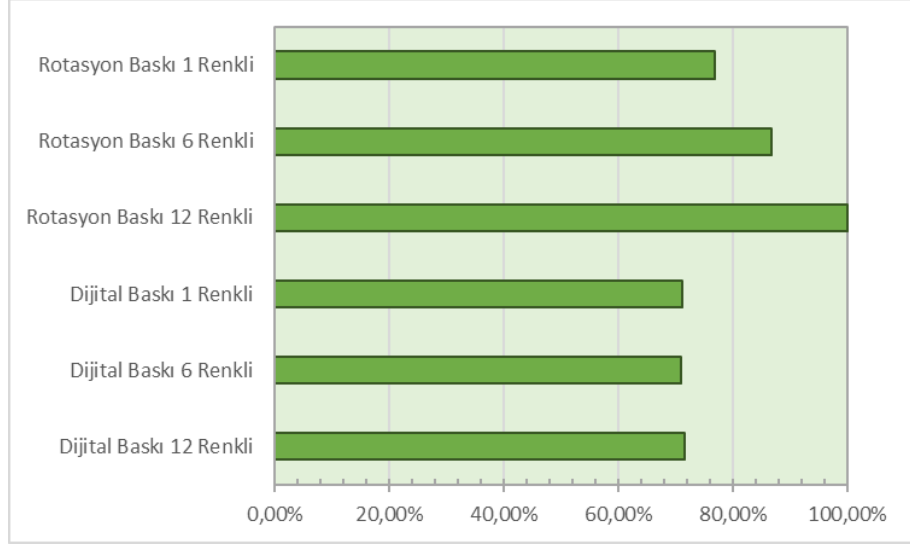
Ötrofikasyon etkisi yoğun olarak baskı sonu yıkama işleminin atık suyundan kaynaklanmaktadır. Daha sonra elektrik kullanımı etkilidir. Üretim teknolojisi ve renk sayısına göre ötrofikasyon etkisi karşılaştırması Şekil 4.12'deki gibidir. Çevresel etkideki farklılığı elektrik tüketimi belirlemektedir. Rotasyon baskı şablonu hazırlamada kullanılan elektrik, renk sayısı ile birlikte artarak ötrofikasyon etkisini artırmaktadır. 2. kalite geri kazanılmış su kullanımı ötrofikasyon etkisini proseslerde %4-5 aralığında düşürmüştür. Dijital baskıda ise renk sayısına göre elektrik tüketiminde herhangi bir değişim görülmediğinden, ötrofikasyon etkisinde de renk sayısına göre anlamlı bir değişim gözlemlenmemektedir.



Şekil 4.12. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre ötrofikasyon etkisi

#### 4.3.5 Asidifikasyon

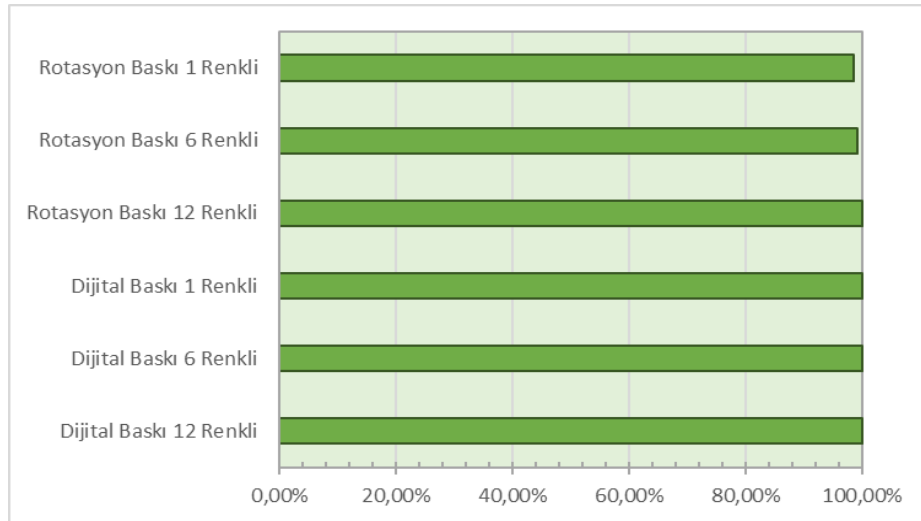
Asidifikasyon etkisi, rotasyon baskı şablonunda kullanılan nikelden kaynaklanmaktadır. Daha sonra elektrik, doğalgaz ve baskı patında kullanılan üre etkili olmaktadır. Şekil 4.13'te görüldüğü gibi rotasyon baskıda şablon kullanımı ile birlikte asidifikasyon etkisi de artmaktadır. Dijital baskıda nikel baskı şablonu kullanılmadığından ve renk sayısına göre elektrik, doğalgaz ve pat kullanımı değişmediğinden, asidifikasyon etkisinde renk sayısına göre anlamlı bir değişim görülmemektedir. Ancak rotasyon baskıda renk sayısına göre tüketimler arttığından asidifikasyon etkisi de artmaktadır.



**Şekil 4.13.** Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre asidifikasyon etkisi

#### 4.3.6 Karasal Ekotoksisite

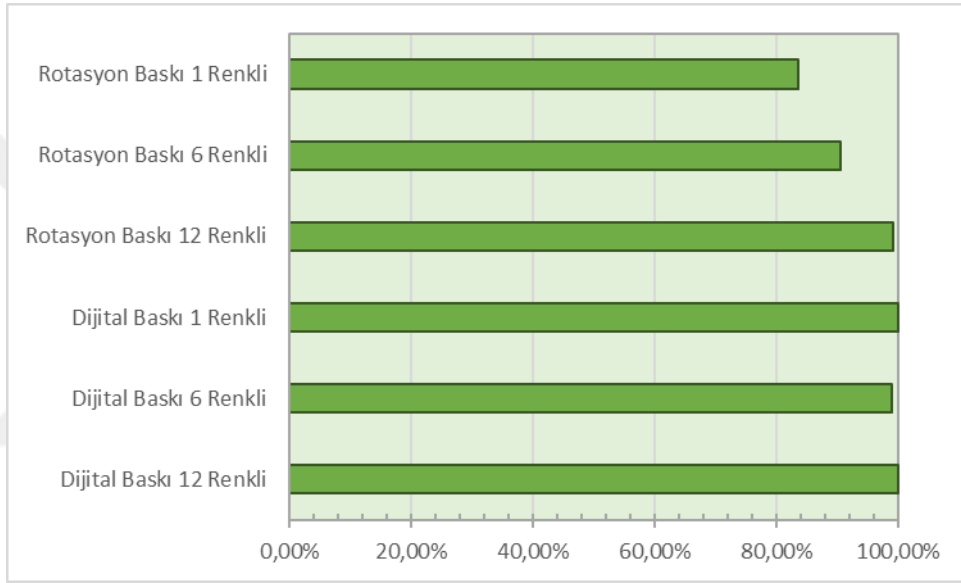
Karasal ekotoksisite etkisinin çok büyük bir kısmı baskı sonu yıkama işleminde kullanılan sabundan kaynaklanmaktadır. Daha sonra kısmi olarak elektrik tüketimi etkilidir. Yıkama işlemi dijital ve rotasyon baskı için aynı şartlarda yapılmaktadır. Bu nedenle Şekil 4.14'te rotasyon baskıda renk sayısına göre elektrik tüketiminden kaynaklanan kısmi bir farkın dışında anlamlı bir değişim görülmemektedir. Şablon hazırlamada kullanılan elektrik enerjisi, renk sayısına göre çevresel etkinin artmasına neden olmaktadır.



**Şekil 4.14.** Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre karasal ekotoksisite etkisi

#### 4.3.7 Akarsu Ekotoksitesitesi

Akarsu ekotoksitesitesi etkisinde en yüksek çevresel etki; elektrik, rotasyon baskı şablonu üretiminde kullanılan nikel, pat eldesinde kullanılan üre ve baskı sonu yıkama işleminde kullanılan sabundan kaynaklanmaktadır. Dijital baskıda şablon kullanılmadığı ve renk sayısında göre elektrik, pat kullanımı ve baskı sonu yıkama işleminde herhangi bir değişiklik olmadığından Şekil 4.15'te çevresel etkisinde anlamlı bir değişim görülmemektedir. Ancak rotasyon baskıda renk sayısı arttıkça akarsu ekotoksitesitesine neden olan sarfiyatların tüketimleri artmakta, renk sayısına göre çevresel etki artmaktadır.

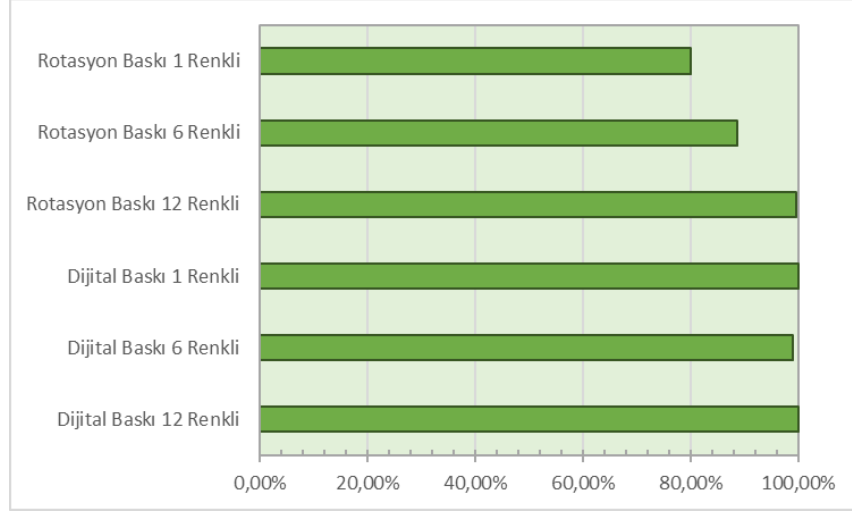


Şekil 4.15. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre akarsu ekotoksitesitesi etkisi

#### 4.3.8 Deniz Ekotoksitesitesi

Deniz ekotoksitesitesi etkisinde; elektrik tüketimi, doğalgaz kullanımı ve rotasyon baskı şablonunda üretilen nikel ve baskı patında kullanılan üre etkilidir. Rotasyon baskıda renk sayısı ile birlikte şablon sayısı, elektrik, doğalgaz ve pat tüketimi arttığından deniz ekotoksitesitesi etkisi de artmaktadır (Şekil 4.16). Dijital baskıda ise nikel tüketimi olmadığından ve renk sayısı ile birlikte; elektrik, doğalgaz ve pat tüketimi değişmediğinden çevresel etkide anlamlı bir değişim görülmemektedir.

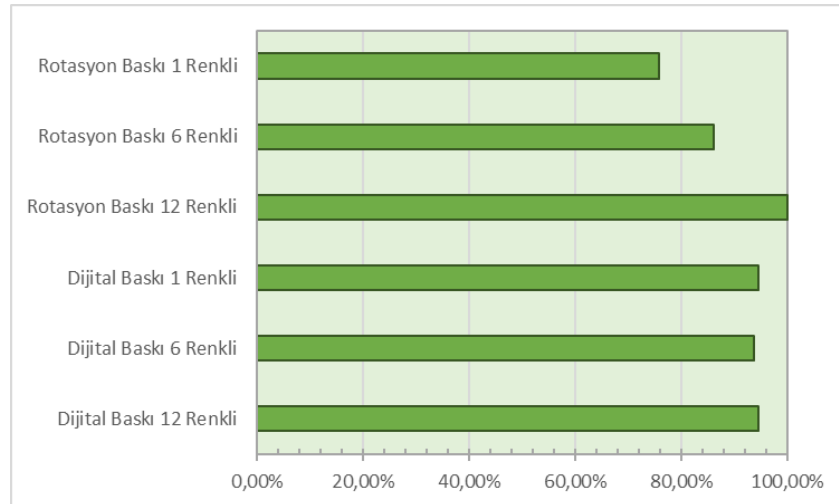




**Şekil 4.16.** Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre deniz ekotoksitesitesi etkisi

#### 4.3.9 İnsan Sağlığına Etkiler

İnsan sağlığına en fazla etki elektrik tüketiminden, daha sonra doğalgaz tüketiminden ve baskı patında kullanılan üreden gelmektedir. Çevresel etki, proseslerde etkinin yoğun geldiği noktalardaki tüketim artışıyla paralel olarak artmaktadır. Rotasyon baskıda renk sayısı artışıyla pat tüketimi ve şablon hazırlama işlemindeki elektrik tüketimi arttığından renk sayısına göre artış göstermektedir (Şekil 4.17). Özellikle rotasyon baskıda 2. kalite su olarak geri kazanılmış su kullanılması bu çevresel etkinin %5-6 oranında şiddetinin düşmesine neden olmuştur. Dijital baskıda renk sayısına göre elektrik, doğalgaz ve pat tüketimi değişmediğinden renk sayısına göre anlamlı bir değişim görülmemektedir.

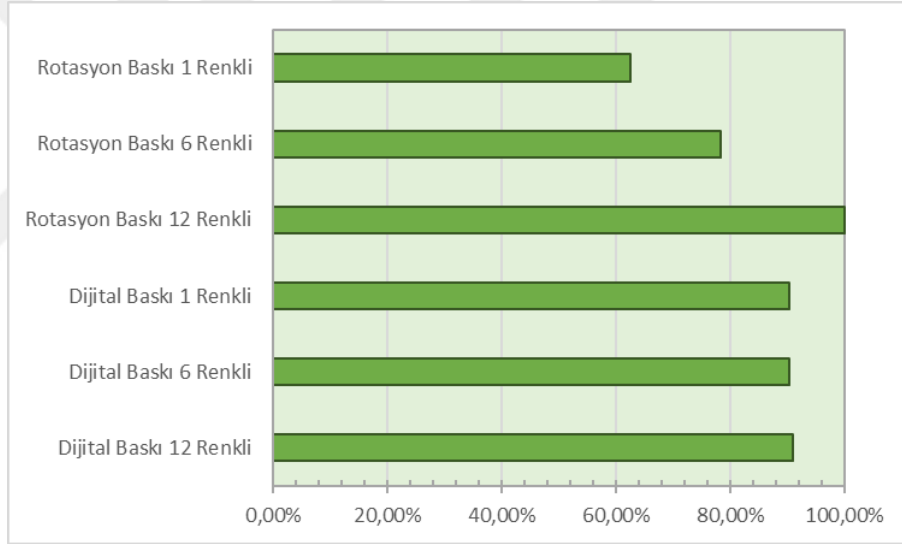


**Şekil 4.17.** Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre insan sağlığına etkiler

#### 4.3.10 Küresel Isınma (GWP100a)

Küresel ısınma etkisinde en yüksek etki, Ek 2 ve Ek 3'teki sankey diyagramları incelendiğinde; elektrik ve baskı patında kullanılan üre tüketiminde oluşmaktadır. Daha sonra yıkama işleminde kullanılan sabun ve doğalgaz tüketimi etkilidir.

En büyük etki bu iki tüketimden kaynaklığundan, proseslerin küresel ısınma etkisi enerji ve pat kullanımına paralel olarak artış göstermektedir. Rotasyon baskı şablonlarının hazırlanması sırasında yoğun elektrik enerjisi kullanıldığından ve renk sayısına göre pat tüketimi arttığından Şekil 4.18'de görüldüğü gibi şablon sayısına göre oransal olarak artmaktadır. Dijital baskıda renk sayısına göre enerji, pat, sabun ve pat tüketimi sabit olduğundan 3 farklı varyantın da küresel ısınma etkisinde anlamlı bir değişim görülmemektedir.



Şekil 4.18. Baskı teknolojisi ve renk sayısına göre küresel ısınma etkisi

## 5 TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmada tekstil baskıcılığında en yaygın olarak kullanılan rotasyon baskı ile günümüzde kullanımı hızla yaygınlaşan dijital baskı teknolojisinin enerji, kimyasal ve su gibi hammadde tüketimleri ile çevresel etkileri YDA metodolojisi ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sadece teknolojiye göre değil, aynı zamanda her bir teknolojinin kendi içerisinde renk sayısına göre de gerçekleştirilmiştir. Renk sayısı karşılaştırmaları için her bir yöntemde 1, 6 ve 12 renk olmak üzere aynı kumaşın 3 varyantı kullanılmıştır.

Her iki teknoloji kendi içlerinde renk sayısına göre karşılaştırıldığında, dijital baskıda renk sayısına göre tüketimlerde ve çevresel etkilerde anlamlı bir değişim olmadığı görülmektedir. Rotasyon baskıda ise renk sayısına göre tüketimlerin ve çevresel etkilerin arttığı görülmüştür. Bununla birlikte bazı çevresel etkilerde 1-6 renkli desenlerde dijital baskı teknolojisinden daha temiz olan rotasyon baskı teknolojisi, 12 renkli desende dijital baskıdan daha yüksek çevresel etkiye sahip olmaktadır. Bu durumun iki temel nedeni aşağıdaki gibidir:

- Dijital baskıda baskı patı emdirme işlemi, baskı öncesi tüm kumaşa uygulandığından renk sayısına göre tüketiminde herhangi bir değişim olmamaktadır. Rotasyon baskıda ise baskı patı boya reçetesi ile karıştırılarak kumaşa uygulanmakta, dolayısı ile baskı yüzeyinin artması ile baskı patı kullanımını artmaktadır.
- Rotasyon baskıda renk sayısı arttıkça daha fazla şablon kullanılmakta ve her bir şablon yoğun enerji, kimyasal ve suyun kullanıldığı şablon hazırlama işleminden geçmektedir.

YDA metodolojisi ile dijital ve rotasyon baskı teknolojilerinin karşılaştırılması sonucunda, iki teknoloji arasında enerji ve su tüketiminde belirgin farklar görülmüştür. Dijital baskının elektrik tüketimi rotasyon baskıdan daha fazladır. Dijital baskıda renk sayısına göre herhangi bir fark görülmezken rotasyon baskıda renk sayısı arttıkça elektrik tüketiminde artış gözlenmiştir. Doğalgaz tüketimi ise dijital baskı prosesinde daha fazla gerçekleşmektedir. Doğalgaz tüketimi açısından hem dijital baskıda hem de rotasyon baskıda renk sayısına göre herhangi bir fark gözlemlenmemektedir. Rotasyon baskı prosesinde su tüketiminin dijital baskıya göre renk sayısı arttıkça daha fazla olduğu

görülmüştür. 1 renkli varyantta rotasyon baskının su tüketimi dijital baskıya göre daha düşük iken 12 renkli varyantta daha fazla olduğu görülmektedir.

Dijital baskı makinesinin çok geçişli olması üretim hızını düşürmektedir. Düşük üretim hızı bir yandan elektrik tüketimini arttırmakta; diğer yandan da kurutma için gereğinden fazla sıcak hava kullanılmakta ve artan doğalgaz sarfıyatı ile birlikte toplam enerji tüketimi artmaktadır. Ülkemizde elektriğin önemli oranda linyit gibi çevreye etkisi yüksek enerji kaynaklarından elde edilmesi dolaylı olarak üretilen ürünlerin de çevresel etkisinin daha yüksek olmasına neden olmaktadır.

YDA sonuçlarına göre; doğal kaynakların tükenmesi ve asidifikasyon çevresel etkilerinde dijital baskının rotasyon baskıya göre daha temiz olduğu görülmüştür. Küresel ısınma etkisi, ötrofikasyon, ozon tabakasının incelmeye, fotokimyasal oksidasyon ve insan sağlığına etkiler kategorilerinde renk sayısı arttıkça rotasyon baskının çevresel etkisi, dijital baskının etkisine göre daha fazladır. Karasal ekotoksikite etkisinde ise hem teknoloji hem de renk sayısına göre anlamlı bir fark görülmemektedir. Akarsu ve deniz ekotoksikite etkilerinde ise rotasyon baskı teknolojisi, dijital baskı teknolojisine göre 1-6 renkli desenlerde daha temiz, 12 renkli desende ise hemen hemen aynı çevresel etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar ışığında aşağıdaki öneriler sunulabilir:

- Dijital baskıda yavaş üretimin aşırı kurutma riskini de arttırması nedeniyle, dijital baskıda aşırı kurutma olup olmadığının dikkate alınması ve varsa renk verimine etkisinin incelenmesi.
- Bu çalışmanın rotasyon baskı makinesi ile rekabet edebilir yüksek üretim hızına sahip tek geçişli dijital baskı makinesinde de gerçekleştirilmesi.
- Parti uzunluğunun etkisi araştırılarak, metraja bağlı olarak rotasyon ve dijital baskı makinelerinin başa baş noktalarının belirlenmesi.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 1982.** Textile Fabric Printing. <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch04/final/c4s11.pdf> - (Erişim Tarihi: 05.07.2017).
- Anonim, 1995.** Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000). Ankara.
- Anonim, 1996a.** Environmental Guidelines for Textiles Industry. Multilateral Investment Guarantee Agency, Washington, USA.
- Anonim, 1996b.** Pollution Prevention in the Textile Industry. U.S. EPA, Dallas, USA.
- Anonim, 1998.** Kyoto Protokolü. Birleşmiş Milletler.
- Anonim, 2002.** Tekstil Sanayii için En Uygun Teknikler ( BAT ) Referans Dokümanı. Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği, Tekirdağ.
- Anonim, 2006a.** Environmental Management- Life cycle assessment- Principles and framework. ISO, Yayın No: ISO 14040:2006(E), Geneva, Switzerland
- Anonim, 2006b.** Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements And Guidelines. ISO, Yayın No: ISO 14044:2006, Geneva, Switzerland.
- Anonim, 2008a.** Life Cycle Assessment: Principles and Practice. EPA, Ohio, USA, 88pp
- Anonim, 2008b.** Tekstil Teknolojisi-Rotasyon Şablon Hazırlama, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara, 58 s.
- Anonim, 2011a.** The Environment: Public Attitudes and Individual Behavior -A Twenty-Year Evolution. SC Johnson, USA.
- Anonim. 2011b.** Special Eurobarometer 365: Attitudes Of European Citizens Towards The Environment. European Commission. Brussels, Belgium.
- Anonim, 2012.** Tekstil Teknolojisi Boyar Maddelerle Baskı 1, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara, 54 s.
- Anonim. 2013.** World Apparel Fiber Consumption Survey. FAO/ICAC. Washington, USA.
- Anonim, 2014.** Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors\\_2014](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors_2014) - (Erişim Tarihi: 01.01.2017)
- Bhatia S.C., 2017.** Pollution Control in Textile Industry, Woodhead Publishing India in Textiles, New Delhi, India, 330 pp.
- Bruijn, H., Duin, R., Huijbregts, M. 2002.** Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards. Kluwer Academic Publishers., New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 687s
- Carlson, R., Häggström, S., Pålsson, A. C. 2003.** LCA training package for users of LCA data and results. Chalmers University of Technology, Industrial Environmental Informatics Eğitim Notları, Sweden, 53 pp.
- Chen, H. L., Burns, L. D., 2006.** Environmental Analysis of Textile Products. *Clothing and Textiles Research Journal*, 24(3), 248–61.
- Choudhury, A. K. R. 2014.** Environmental Impacts of the Textile Industry and Its Assessment Through Life Cycle Assessment: Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing, Editörler: Subramanian, S. M., Springer, New Delhi, India, s. 1-40
- Dahllöf, L., 2004.** LCA Methodology Issues for Textile Products. *Lisans Tezi*, Chalmers University Of Technology, Environmental Systems Analysis, Göteborg, Sweden.
- Dahllöf, L., 2003.** Life Cycle Assessment (LCA) applied in the Textile Sector: the Usefulness, Limitations and Methodological Problems. Chalmers University of Technology Environmental Systems Analysis, Göteborg, Sweden

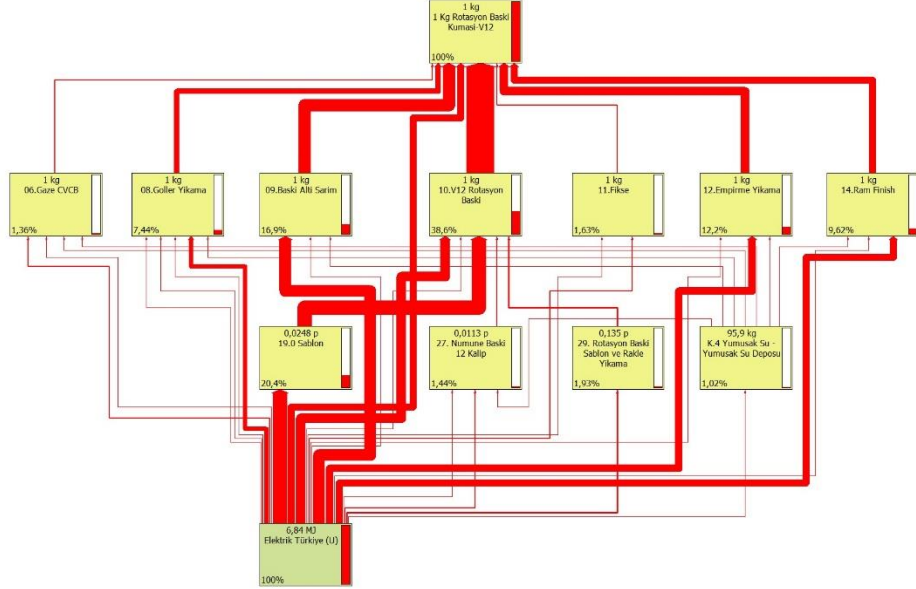
- Demirer, N.G., 2011.** Yaşam Döngüsü Analizi. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara, 44 s.
- Dietz, T., 2015.** Final Environmental Performance DIGIFIN For Sun Awnings. Partners for Inovation, Amsterdam, Netherlands.
- Gönel, F.D., 2002.** Globalleşen Dünyada (Nasıl Bir) Sürdürülebilir Kalkınma. *Birikim*, 158, 72-80.
- Gupta, S. 2001.** Inkjet Printing - A Revolutionary Ecofriendly Technique For Textile Printing. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 26: 156-161
- Gündüz Balpetek, F., Alay, E., Özdoğan, E. 2012.** Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Tekstil. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2): 28-40.
- Harris, J.M., 2000.** Basic Principles of Sustainable Development. Global Development and Environment Institute, Tufts University, Medford, USA.
- Hawkyard, C. J. 2003.** Screen Printing: Textile Printing, Editörler: Miles, L. W. C. Society of Dyers and Colourists, Hampshire, UK, s. 18-53
- Heijungs, R., Guinée, J. B. 2007.** Allocation and “what-if” scenarios in life cycle assessment of waste management systems. *Waste Management*, 27(8): 997–1005.
- Kalav, B. 2004.** Pamuklu Örmeye Kumaşların Reaktif Baskısı. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kanık, M. 2013a.** Baskı Teknolojisi Ders Notları. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, Bursa
- Kanık, M., 2013b.** Dijital Baskı Teknolojileri ve Tekstil Sanayindeki Uygulamaları Ders Notları. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği, Bursa
- Kartal, Ç. 2003.** Sürfaktantların C. I. Reactive Orange 16'nın Renk Değişimi Üzerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Edirne.
- Korger, M., 2015.** Innovative Digital Textile Printing Applications - A Contribution to Sustainability and Customization. <https://www.itma.com/docs/default-source/downloads/speakers-platform-presentations/16-nov.-day-2/1-michael-korger.pdf> - (Erişim Tarihi: 03.08.2017).
- Leblebici Kacur, L. 2008.** Yeşil Pazarlama Ve Kayseri'deki İşletmeler Üzerine Bir Uygulama. *Doktora Tezi*, Erciyes Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı, Kayseri.
- Marianofreire, E. 2006.** Ink jet printing technology (CIJ/DOD): Digital Printing of Textiles, Editörler: Ujiie, H., Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, s. 29-52
- Moltchanova, J. 2011.** Digital textile printing. Lisans Tezi, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences Bachelor, Media Engineering, Helsinki, Finland
- Muthu, Y. L., Hu, J.Y., Mok, P.Y., 2012.** Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres. *Ecological Indicators*, 13(1): 66-74
- Öztuna, B. 2017.** Sosyal Sorumluluk Standardına Göre Çalışma Yaşamının Değerlendirilmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(5): 2368-2378.
- Pennington, D. W., Potting, J., Finnveden, G., Lindeijer, E., Jolliet, O., Rydberg, T., Rebitzer, G., 2004.** Life cycle assessment Part 2: Current impact assessment practice. *Environment International*, 30(5), 721–739.
- Rebitzera, G., Ekvallb, T., Frischknecht, R., Hunkelerd, D., Norrise, G., Rydbergf, T., Schmidtg, W. P., Suhh, S., Weidemai, B. P., Penningtonf, D.W. 2004.** Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International*, 30(5): 701–20.

- Ross, T. 2001.** A Primer in Digital Textile Printing. Tech Exchange. Oakland.
- Rutherford, L., Garron, C., Ernst, W., Kennedy, K. 2003.** The Aquatic Environment and Textile Mill Effluents - An Ecological Risk Assessment, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 9(2): 589-606.
- Shaikh, M. 2009.** Water conservation in textile industry. *Ptj*, 48(11): 48–51.
- Shen, L., Worrell, E., Patel, M. K. 2010.** Environmental Impact Assessment Of Man-Made Cellulose Fibres, Resources. *Conservation and Recycling*, 55(2): 260 – 74.
- Tarakçıoğlu, I., Doğan, E., Parılı, H. 2006.** Dokuzuncu Kalkınma Planı-Tekstil, Hazırđiyim Ve Konfeksiyon Alt Komisyonu Raporu. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı. Ankara.
- Taşkın, E. G., Güney, S. 2014.** Tekstilde Çevre. BUTEKOM. Bursa
- Tippett, B.G. 2002.** The Evolution And Progression Of Digital Textile Printing. Digital Printing Systems. New York, USA.
- Tyler, D. J. 2005.** Textile Digital Printing Technologies. *Textile Progress*, 37(4): 1-65

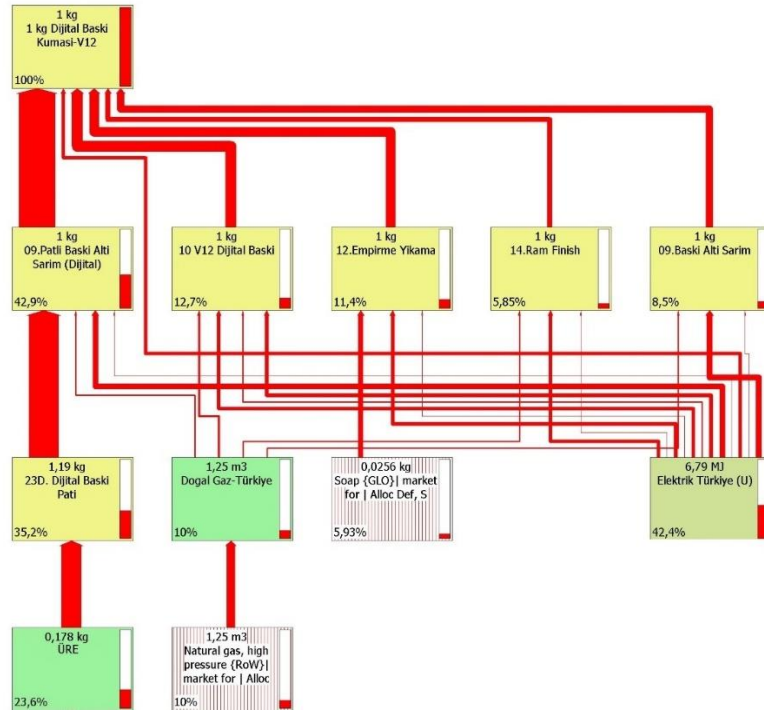


## EKLER

**EK 1:** Rotasyon baskılı 12 renkli elektrik tüketimi sankey diyagramı

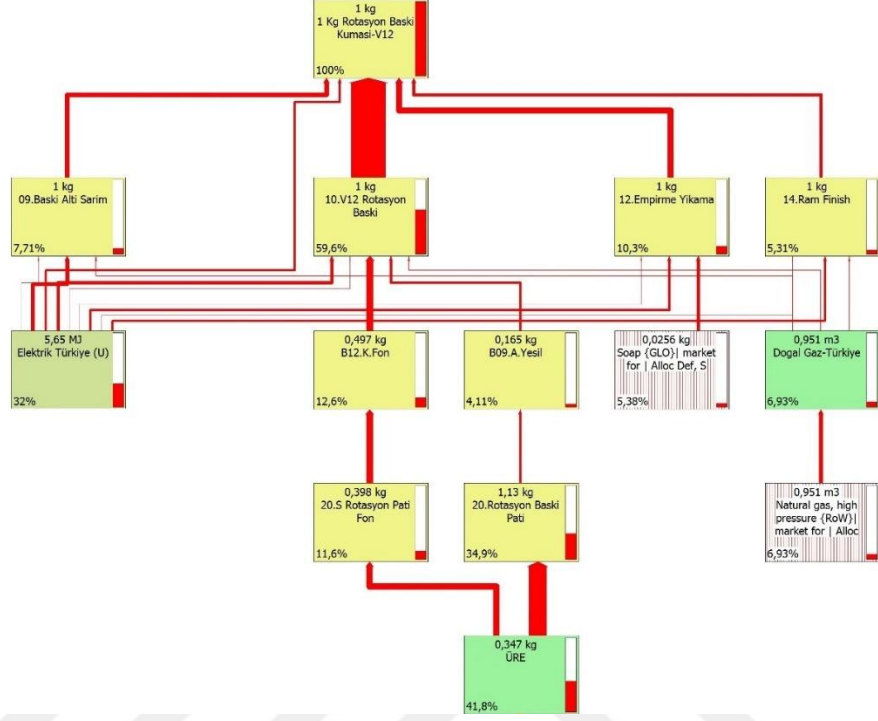


**EK 2:** Rotasyon baskılı 12 renkli kumaşın küresel ısınma etkisi üzerine sankey diyagramı





**EK 3:** Dijital baskılı 12 renkli kumaşın küresel ısınma etkisi üzerine sankey diyagramı



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali RÜZGAR  
Doğum Yeri ve Tarihi : Sarıkaya/YOZGAT 13.03.1983  
Yabancı Dili : İngilizce  
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)  
Lise : Sarıkaya Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı Süper Lise)  
Sarıkaya/YOZGAT - 2011  
Lisans : Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tekstil  
Mühendisliği - 2007  
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : BUTEKOM(2011-Halen Çalışmakta), TEKSİUM  
Tekstil (2010-2010)  
İletişim (e-posta) : aliruzgar@gmail.com

Yayınları :

**Altun, Ş., Teke, Ş., Rüzgar, A., Günay, M. 2013.** Sürdürülebilir Tekstil. *Sağlık Çevre Kültürü*, (7): 43-45.

**Rüzgar, A. 2013.** Ambalaj Tekstilleri: Teknik Tekstil 2013 Frankfurt Fuarı BUTEKOM Teknolojik Değerlendirme Raporu, Editörler: Ulcay, Y. Teke, Ş., BUTEKOM, Bursa, s 73-79.

**Rüzgar, A. 2015.** Sürdürülebilir Üretim ve Tekstil Boyacılığında Sunduğu Fırsatlar. *BoyaTürk*,(58):48-49.

**Rüzgar, A. 2015.** Temiz Üretim, Tekstil Terbiyeyi İleriye Taşıyor. *Tekstil Terbiye*, (8):49-51.

**Rüzgar, A., Altun, Ş., Günay, M., Köken, A. 2015.** Comparison Of Different PET Dyeing Methods with Gate to Gate Life Cycle Assessment. International Technical Textiles Congress, 4 Şubat 2015, Tüyap Fuar ve Kongre Merkezi, İSTANBUL.

**Rüzgar, A., Altun, Ş., Teke, Ş., Köken, A., Güney, S., Taşkın, E.G. 2015.** Farklı Terbiye İşlemlerinin Karbon Ayakzilerinin Karşılaştırılması. 5. Ulusal Verimlilik Kongresi, 6-7 Ekim 2015, Bilkent Otel ve Konferans Merkezi, Ankara.

**Altun, Ş., Rüzgar, A., İşlek Cin, Z., Erdönmez, F. 2017.** Analysing environmental problems in textiles by LCA approach. *Interdisciplinary Environmental Review*, 18(1): 28-39.

**Rüzgar, A. 2018.** Teknik Tekstillerin Tanımlanması. *BEBKA Haber*, (25):18-19.

**Cambaz, N., Taskin, E. G., Rüzgar, A. 2018.** Life cycle assessment of an office: Carbon footprint of an office staff, *Environmental Research & Technology*, 1(4): 34-39.

**Rüzgar, A., Taşkın, E. G., Çavuşoğlu, S. 2018.** Environmental Assessment of Textile Sector through Life Cycle Analysis and Good Practice Examples, 1st Eurasia Environmental Chemistry Congress, 1-4 Kasım 2018, Side Star Elegance Hotel, Antalya.