

**TEKSTİL YARDIMCI KİMYASALLARI ÜRETİMİNİN  
ÇEVREYE VERDİĞİ ETKİLERİN YAŞAM DÖNGÜSÜ  
ANALİZİ ile BELİRLENMESİ**

**İlayda KIRKAN**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Tekstil yardımcı kimyasalları üretiminin çevreye verdiği etkilerin yaşam döngüsü analizi ile belirlenmesi**

İlayda KIRKAN  
0000-0001-6534-1859

Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ ONAYI

İlayda KIRKAN tarafından hazırlanan “TEKSTİL YARDIMCI KİMYASALLARI ÜRETİMİNİN ÇEVREYE VERDİĞİ ETKİLERİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ ile BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU

- Başkan** : Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU İmza  
0000-0003-0714-048X  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Teknolojisi Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Kamil SALİHOĞLU İmza  
2000-10-10  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Teknolojisi Anabilim Dalı
- Üye** : Dr. Berna KIRIL MERT İmza  
0000-0001-6993-7916  
Sakarya Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Ali KARA**  
**Enstitü Müdürü**

.././.....

**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.**

**21/06/2023**

**İlayda KIRKAN**

**TEZ YAYINLANMA  
FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI**

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Güray SALİHOĞLU  
18.07.2023

İlayda KIRKAN  
18.07.2023

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TEKSTİL YARDIMCI KİMYASALLARI ÜRETİMİNİN ÇEVREYE VERDİĞİ ETKİLERİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ ile BELİRLENMESİ

**İlayda KIRKAN**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU

Talep yoğunluğunu hızlı bir şekilde karşılamak isteyen tekstil sektörü, çevresel tahribatı ilk aşamada hesaba katmamıştır. Zaman içerisinde doğanın dengesinin bozulması, yerel ve uluslararası otoriteleri harekete geçirmiştir. Sistemden artık estetik beklentinin dışında, fonksiyonel, çevrede daha az iz bırakan ve sürdürülebilir ürünler beklenmeye başlanmıştır. Karbon ayak izi ve yaşam döngüsü değerlendirme çalışmaları adına birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirmeler gerçekleştirilirken en önemli girdilerden biri olan tekstil yardımcı kimyasalları hakkındaki bilgilerin kısıtlı olması nedeni ile hesaplamalara dahil edilmemesi yaygındır. Nakliye ve enerji kaynaklı emisyonlar dışında ürünlerin yapısındaki çevresel zararlılıklar göz ardı edilebilmektedir. Bu yüzden tekstil yardımcı kimyasalları üreten bir firmanın verileri ile SimaPro 8.5.0 yazılımı, IMPACT 2002+ metodu ile ISO 14067:2018 standardı kullanılarak kapıdan kapıya sınırı ile çevresel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışmada bitim kimyasallarında en çok tercih edilen grup olan yumuşatıcılardan 2 adet noniyonik 2 adet katyonik yumuşatıcı değerlendirilmiştir. Çalışmada 62,5 kg kumaşa etki eden 1 kg yumuşatıcı fonksiyonel birim olarak seçilmiştir. Emisyon değerlerine az miktarda üretimler için tüketilen elektrik enerjisi, payetleme gibi ek enerji tüketim süreçleri ve tedarik aşamaları etki etmektedir. Kimyasalların emisyon yükleri fazla olsa bile ürün içerisinde kullanılan miktarın etkili olduğu görülmüştür. Sıvı formda olan noniyonik yumuşatıcı A ve katyonik yumuşatıcı B'nin payet formunda olan diğer yumuşatıcılara göre daha az çevresel etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Yazılım ve standart sonuçları hesaplama farklılıkları olmasına rağmen eğilimler örtüşmektedir. Nakliye sürecinin dahil olmadığı durumda ürün manuel karbon ayak izi hesabında sonuçları birbirine yakın hale getirirken sıralamayı değiştirmemiştir. Yazılıma dahil edilmeyen nakliye süreci ciddi oranda azalmalara ve sıralamanın değişmesine neden olmuştur ve fiziksel forma göre ağırlıklandırmanın doğru olmayacağı görülmüştür. Yaşam döngüsü sonucuna yüzey aktif maddelerin oldukça etki etmesi üretici için daha çevreci ham madde seçim stratejilerini doğurmaktadır. Tekstil üreticileri için birincil veri elde edilerek kimyasal tercih kriterleri oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yumuşatıcı, ürün karbon ayak izi, yaşam döngüsü değerlendirmesi, tekstil yardımcı kimyasalları

**2023, xi + 111 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### DETERMINING THE ENVIRONMENTAL EFFECTS OF THE PRODUCTION OF TEXTILE AUXILIARY CHEMICALS BY LIFE CYCLE ANALYSIS

**İlayda KIRKAN**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Technology

**Supervisor:** Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU

The textile industry, which would like to meet the demand intensity quickly, did not take into account the environmental damage at the first stage. The deterioration of the balance of nature over time has mobilized local and international authorities. Apart from the aesthetic expectation, functional, sustainable products that leave less traces in the environment have begun to be expected from the system. Many studies have been carried out on behalf of carbon footprint and life cycle assessment studies. It is common for these evaluations not to be included in the calculations due to the limited information about textile auxiliaries, which is one of the most important inputs. Apart from emissions from transportation and energy, environmental hazards in the structure of products can be ignored. For this reason, an environmental assessment was made with the door-to-door limit using the data of a company producing textile auxiliary chemicals, SimaPro 8.5.0 software, IMPACT 2002+ method and ISO 14067: 2018 standard. In the study, 1 kg of softener acting on 62,5 kg of fabric was chosen as the functional unit. Emission values are affected by electrical energy consumed for small amounts of production, additional energy consumption processes such as flakers and supply stages. It has been observed that the amount used in the product is effective in the emission value, as well as the emission loads of the chemicals are important. It was concluded that nonionic softener A and cationic softener B in liquid form have less environmental impact than other softeners in the form of flakes. The trends overlap, although there are differences in software and standard results calculation. In the case that the transportation process is not included, the product did not change the order while making the results close to each other in the manual carbon footprint calculation. The transportation process, which was not included in the software, caused serious reductions and changes in the order, and it was seen that the weighting according to the physical form would not be correct. The fact that surfactants have a great impact on the life cycle result leads to more environmentally friendly raw material selection strategies for the manufacturer. Chemical preference criterias were created by obtaining primary data for textile manufacturers.

**Key words:** Softener, product carbon footprint, life cycle assessment, textile auxiliaries

**2023, xi + 111 pages**

## TEŞEKKÜR

Üniversite hayatım boyunca bilgileri ve sonsuz özverisi ile mesleki karakterimi ilmek ilmek işleyen, mesleki bakış açımı geliştirirken hayata ve olaylara bakış açımı da değiştiren, zorlukların her zaman olabileceğini ancak onların nasıl aşılabileceğini de gösteren, her durumda samimiyetin çok değerli olduğunu öğreten, hayatımızın ve mesleğimizin bir dengeden ibaret olduğunu ve bu bakış açısını hiçbir zaman kaybetmememi sağlayan, , örnek bir insan olmayı istememe sebep olan, desteğini her zaman arkamda hissettiğim çok değerli tez danışmanım Prof. Dr. Güray SALİHOğLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Mesleki açıdan büyümeme fırsat ve ortam sağlayan, gelişim için tüm paydaşları ile desteğini esirgemeyen, daha yaşanabilir bir dünya için çevreyi ön planda tutan ve projeler üreten, destekleyen, çevresel problemler için kaygı duyan ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarını kendine görev edinmiş olan başta Genel Müdür Sn. Rasim Çaaan olmak üzere, ekip arkadaşlarıma ve tüm Rudolf Duraner ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Karbon ayak izi serüvenimde bana eşlik eden ve sorduğum soruları cevapsız bırakmadan, sabırla bana kattıkları bilgilerden dolayı sevgili CarbonHints ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Başarabileceklerime benden çok inanan, daha düşmeden elimden tutan, motivasyonumun düşmesine asla izin vermeyen, zorluklar ile benimle birlikte mücadele eden ve beni hayatta yeni amaçlar oluşturma noktasında teşvik eden sevgili aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

İlayda KIRKAN  
21/06/2023



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ 1	
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	4
2.1. Tekstilin Tarihi.....	4
2.2. Tekstil Üretimi .....	6
2.2.1. Ham Madde ve Elyaf Üretimi .....	7
2.2.3. İplik Üretimi.....	13
2.2.4. Kumaş ve Giysi Üretimi .....	14
2.2.5. Ön Terbiye İşlemleri .....	15
2.2.6. Diğer İşlemler.....	16
2.2.7. Enerji .....	16
2.2.8. Su .....	17
2.2.9. Hava .....	21
2.2.10. Koku.....	21
2.2.11. Gürültü .....	22
2.2.12. Kimyasal .....	22
2.2.13. Nakliye .....	24
2.3. Kullanım Aşaması.....	25
2.4. Tekstil Atıkları .....	26
2.5. Tekstil Kimyasının Yasal Mevzuat Gelişimi .....	30
2.6. Çevresel Etkinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler .....	34
2.6.1. Karbon Ayak İzi .....	34
2.7. Tekstil Kimyasının Gelişimi .....	37
2.8. Tekstil Yardımcı Kimyasalları .....	38
2.8.1. Bitim (Apre) Yardımcı Kimyasalları .....	39
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	42
3.1. Materyal .....	42
3.2. Yöntem.....	46
3.2.1. Ürün Karbon Ayak İzi.....	46
3.2.1.1. Nakliye Kaynaklı Emisyon Değerinin Hesaplanması.....	47
3.2.1.2. Üretimde Enerji Tüketimi Kaynaklı Emisyon Değerinin Hesaplanması.....	49
3.2.2. Yöntem Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.....	51
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	53
4.1. Ürün Karbon Ayak İzinin Hesaplanması .....	53
4.1.1. Noniyonik Yumuşatıcı A .....	53
4.1.1.1. Nakliye Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	53
4.1.1.1. Enerji Tüketimi Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	54

4.1.1.2. Yarı Mamul Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	55
4.1.2. Noniyonik Yumuşatıcı B .....	58
4.1.2.1. Nakliye Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	58
4.1.2.2. Enerji Tüketimi Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	59
4.1.3. Katyonik Yumuşatıcı A.....	61
4.1.3.1. Nakliye Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	61
4.1.3.2. Enerji Tüketimi Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	61
4.1.4. Katyonik Yumuşatıcı B.....	63
4.1.4.1. Nakliye Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	63
4.1.4.2. Enerji Tüketimi Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	64
4.1.4.3. Yarı Mamul Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	64
4.1.5. Tüm Yumuşatıcıların Karşılaştırılması .....	70
4.2. Yumuşatıcıların Yaşam Döngüsü Analizi ile Değerlendirmesi .....	75
4.3. Tüm Yumuşatıcıların Yaşam Döngüsü Analizi ile Karşılaştırılması.....	94
4.3. Nakliye Süreci Dahil Edilmediğinde Açığa Çıkan Emisyon Değerleri .....	96
5. SONUÇ	97
KAYNAKLAR .....	99
EKLER.....	109
EK 1 Emisyon Faktörünün Referans Alındığı Yakıt Çizelgesi .....	109
ÖZGEÇMİŞ .....	111

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

### Açıklama

DALY	İnsan sağlığı ölçü birimi
kg	kilogram
kgCO <sub>2</sub> eq	kg cinsinden İklim değişikliği ölçü birimi
MJ primary	Doğal kaynaklar etki birimi
mPt	milipoint
t	ton
tCO <sub>2</sub> eq	ton cinsinden iklim değişikliği ölçü birimi
TKM	ton.km
PDF*M <sup>2</sup> *yr	Ekosistem kalitesi ölçü birimi

### Kısaltmalar

### Açıklama

GOTS	Küresel Organik Tekstil Standardı
OEKO-TEX	Tekstil Ekolojisi Alanında Uluslararası Araştırma ve Test Birliği
ZDHC	Tehlikeli Kimyasalların Sıfır Deşarjı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Tekstil sektörü yaşam döngüsü.....	7
Şekil 2.2. Elyaf çeşitleri .....	7
Şekil 2.3. Küresel elyaf üretimi.....	8
Şekil 2.4. Elyaf üretiminin türlere göre dağılımı .....	9
Şekil 2.5. Sentetik elyaf üretimini domine eden ülkeler .....	9
Şekil 2.6. Pamuk üretimini domine eden ülkeler .....	10
Şekil 2.7. Tekstil yaşam döngüsü aşamalarının iklim değişikliğine etkisi .....	10
Şekil 2.8. Viskon üretiminin çevresel etkileri .....	12
Şekil 2.9. İplik eğirme metotları .....	13
Şekil 2.10. Tekstil ürünü üretim prosesleri .....	14
Şekil 2.11. Bölümlere göre su tüketimi.....	17
Şekil 2.12. Ulaşımdan kaynaklanan küresel CO <sub>2</sub> emisyonları, 2000-2030 .....	25
Şekil 2.13. İngiltere'de giysilerin atılma, bağışlanma ve satılma nedenleri.....	27
Şekil 2.14. Ülkelerin kişi başı ürettiği yıllık tekstil atık miktarı.....	28
Şekil 2.15. Avrupa'nın kişi başı ürettiği yıllık tekstil atık miktarı .....	28
Şekil 2.16. 2016 yılı geri kullanılabilir nitelikte olan tekstil atıkları ve depolama sahalarına gönderilen tekstil atık miktarı kg/kişi .....	29
Şekil 2.17. Avrupa'da çevre zararlı kimyasal üretim miktarı .....	32
Şekil 2.18. Avrupa'da sağlığa zararlı kimyasal üretim miktarı .....	32
Şekil 2.19. 2019-2022 yıllarında sektörlerin ürettiği sera gazı miktarı.....	36
Şekil 2.20. Kimya sanayinin etki ettiği sektörler .....	37
Şekil 2.21. 2021 yılında AB-27 kimyasal ticaretini oluşturan ortak ülkeler.....	38
Şekil 2.22. Tekstil yardımcı kimyasallarının kullanım alanları .....	39
Şekil 3.1. Noniyonik yumuşatıcı A'nın proses akım şeması .....	42
Şekil 3.2. Noniyonik yumuşatıcı B'nin proses akım şeması.....	43
Şekil 3.3. Katyonik yumuşatıcı A'nın proses akım şeması.....	43
Şekil 3.4. Katyonik yumuşatıcı B'nin proses akım şeması .....	44
Şekil 4.1. Noniyonik yumuşatıcı A'nın emisyon değerini oluşturan girdiler .....	58
Şekil 4.2. Noniyonik yumuşatıcı B'nin emisyon değerini oluşturan girdiler .....	60
Şekil 4.3. Katyonik yumuşatıcı A'nın emisyon değerini oluşturan girdiler .....	63
Şekil 4.4. Katyonik yumuşatıcı B'nin emisyon değerini oluşturan girdiler.....	70
Şekil 4.5. Noniyonik yumuşatıcı A ve noniyonik yumuşatıcı B'nin karşılaştırılması .....	71
Şekil 4.6. Noniyonik yumuşatıcıların nakliye olmadan karşılaştırılması .....	71
Şekil 4.7. Katyonik yumuşatıcı A ve katyonik yumuşatıcı B'nin karşılaştırılması .....	72
Şekil 4.8. Katyonik yumuşatıcıların nakliye olmadan karşılaştırılması.....	73
Şekil 4.9. Tüm yumuşatıcıların karbon ayak izi değerinin karşılaştırılması.....	74
Şekil 4.10. Tüm yumuşatıcıların nakliye emisyonları olmadan karşılaştırılması ..	74
Şekil 4.11. Sistem sınırlarının gösterimi .....	75
Şekil 4.12. Noniyonik yumuşatıcı A akım şeması .....	78
Şekil 4.13. Noniyonik yumuşatıcı A'nın karakterizasyon şeması .....	79
Şekil 4.14. Noniyonik yumuşatıcı A'nın etki analizi şeması. A) Etki analizinin yüzdeler olarak gösterimi B) Etki analizinin mPt olarak gösterimi.....	80
Şekil 4.15. Noniyonik yumuşatıcı A'nın yarı mamullerinin karşılaştırılması .....	81

Şekil 4.16.	Noniyonik yumuşatıcı B akım şeması .....	82
Şekil 4.17.	Noniyonik yumuşatıcı B'nin karakterizasyon analizi.....	83
Şekil 4.18.	Noniyonik yumuşatıcı B'nin etki analizi A) Etki analizinin yüzdeler olarak gösterimi B) Etki analizinin mPt olarak gösterimi.....	84
Şekil 4.19.	Katyonik yumuşatıcı A akım şeması .....	86
Şekil 4.20.	Katyonik yumuşatıcı A'nın karakterizasyon analizi.....	87
Şekil 4.21.	Katyonik yumuşatıcı A'nın etki analizi A) Etki analizinin yüzdeler olarak gösterimi B) Etki analizinin mPt olarak gösterimi.....	88
Şekil 4.22.	Katyonik yumuşatıcı B'nin yarı mamullerinin karşılaştırılması.....	90
Şekil 4.23.	Katyonik yumuşatıcı B'nin akım şeması .....	91
Şekil 4.24.	Katyonik yumuşatıcı B'nin karakterizasyon analizi .....	92
Şekil 4.25.	Katyonik yumuşatıcı B'nin etki analizi A) Etki analizinin yüzdeler olarak gösterimi B) Etki analizinin mPt olarak gösterimi.....	93
Şekil 4.26.	Tüm yumuşatıcıların karşılaştırılması.....	94
Şekil 4.27.	Tüm yumuşatıcıların iklim değişikliği etkisinin mPt birimi ile karşılaştırılması .....	95
Şekil 4.28.	Nakliye sürecinin karbon ayak izine etkisi .....	96

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Tekstil ithalatı .....	5
Çizelge 2.2. Tekstil ihracatı .....	6
Çizelge 2.3. Arıtılmamış tekstil atık suyunun tipik karakterizasyonu .....	19
Çizelge 2.4. Tekstil sanayii, elyaf, iplik üretimi ve terbiyesi.....	20
Çizelge 2.5. Tekstil sanayii, dokunmuş kumaş terbiyesi vb. ....	20
Çizelge 2.6. Tekstilde tipik hava kirleticiler .....	21
Çizelge 2.7. Tekstilde proses adımlarına göre kullanılan kimyasallar .....	23
Çizelge 2.8. Nakliye tipleri ve karbon emisyonu salımları.....	24
Çizelge 2.9. Tüketici öncesi üretilen genel atık türleri ve kodları .....	30
Çizelge 2.10. Kimyasallar hakkında alınmış ulusal kararlar.....	33
Çizelge 2.11. Küresel ısınma potansiyelleri.....	35
Çizelge 3.1. Seçilen kimyasalların teknik özellikleri.....	45
Çizelge 3.2. Kara/Deniz Emisyon Faktörü (TKM).....	48
Çizelge 3.3. Enerji ile ilgili emisyon faktörü değerleri.....	49
Çizelge 3.4. Soğutma gazı kaynaklı kaçak emisyon değerleri.....	50
Çizelge 3.5. Su üretimi sonucu birim başına üretilen emisyon değerleri.....	51
Çizelge 3.6. Birim karbon ayak izi hesaplama çizelgesi.....	51
Çizelge 4.1. Noniyonik yumuşatıcı A nakliye kaynaklı emisyon değerleri.....	53
Çizelge 4.2. Noniyonik yumuşatıcı A ham madde miktarları ve nakliye emisyonları.....	54
Çizelge 4.3. Noniyonik yumuşatıcı A enerji tüketimi kaynaklı emisyon .....	54
Çizelge 4.4. Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 1 nakliye emisyonları.....	55
Çizelge 4.5. Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 1'in ham madde miktarları ve nakliye emisyonları .....	55
Çizelge 4.6. Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 1'in toplam emisyon hesabı ...	55
Çizelge 4.7. Yarı mamul 1'in ana ürün üzerindeki etkisi .....	56
Çizelge 4.8. Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 2 nakliye emisyonları.....	56
Çizelge 4.9. Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 2 ham madde miktarları ve nakliye emisyonları .....	56
Çizelge 4.10. Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 2'nin toplam emisyon hesabı .	57
Çizelge 4.11. Yarı mamul 2'nin ana ürün üzerindeki etkisi .....	57
Çizelge 4.12. Noniyonik yumuşatıcı A toplam emisyon değerleri.....	58
Çizelge 4.13. Noniyonik yumuşatıcı B nakliye emisyonları .....	59
Çizelge 4.14. Noniyonik yumuşatıcı B ham madde miktarları ve nakliye emisyonları.....	59
Çizelge 4.15. Noniyonik yumuşatıcı B enerji tüketimi kaynaklı emisyon .....	60
Çizelge 4.16. Noniyonik yumuşatıcı B toplam emisyon değerleri .....	60
Çizelge 4.17. Katyonik yumuşatıcı A nakliye emisyonları .....	61
Çizelge 4.18. Katyonik yumuşatıcı A ham madde miktarları ve nakliye emisyonları.....	61
Çizelge 4.19. Katyonik yumuşatıcı A enerji tüketimi kaynaklı emisyon ...	62
Çizelge 4.20. Katyonik yumuşatıcı A toplam emisyon değerleri.....	62
Çizelge 4.21. Katyonik yumuşatıcı B nakliye emisyonları.....	63
Çizelge 4.22. Katyonik yumuşatıcı B ham madde miktarları ve nakliye emisyonları.....	63

Çizelge 4.23.	Katyonik yumuşatıcı B enerji tüketimi kaynaklı emisyon.....	64
Çizelge 4.24.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 1'in nakliye emisyonları.....	64
Çizelge 4.25.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 1'in ham madde miktarları ve nakliye emisyonları .....	65
Çizelge 4.26.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 1'in toplam emisyon değerleri	65
Çizelge 4.27.	Yarı mamul 1'in ana ürün üzerindeki etkisi .....	65
Çizelge 4.28.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 2'nin nakliye emisyonları.....	66
Çizelge 4.29.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 2'nin ham madde miktarları ve nakliye emisyonları .....	66
Çizelge 4.30.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 2 enerji tüketimi kaynaklı emisyon .....	67
Çizelge 4.31.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 2 toplam emisyon değerleri .....	67
Çizelge 4.32.	Yarı mamul 2'nin ana ürün üzerindeki etkisi .....	67
Çizelge 4.33.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 3'ün nakliye emisyonları .....	68
Çizelge 4.34.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 3'ün ham madde miktarı ve nakliye emisyonları .....	68
Çizelge 4.35.	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 3'ün toplam emisyon değerleri.	68
Çizelge 4.36.	Yarı mamul 3'ün ana ürün üzerindeki etkisi.....	69
Çizelge 4.37.	Noniyonik yumuşatıcı A'nın 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları .....	76
Çizelge 4.38.	Noniyonik yumuşatıcı A'nın 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarları .....	76
Çizelge 4.39.	Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul_1'in 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları .....	77
Çizelge 4.40.	Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul_1'in 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarları .....	77
Çizelge 4.41.	Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul_2'in 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları .....	77
Çizelge 4.42.	Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul_2'in 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarı .....	77
Çizelge 4.43.	Etki analizinde kullanılan birimler.....	80
Çizelge 4.44.	Noniyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarı .....	81
Çizelge 4.45.	Noniyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarı	82
Çizelge 4.46.	Etki analizinde kullanılan birimler.....	84
Çizelge 4.47.	Katyonik yumuşatıcı A'nın 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları .....	85
Çizelge 4.48.	Katyonik yumuşatıcı A'nın 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarı	85
Çizelge 4.50.	Katyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları .....	89
Çizelge 4.51.	Katyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarı.	89

## 1. GİRİŞ

İnsanlığın var oluşundan bu yana giyim, fizyoloji, güvenlik, aidiyet, saygınlık ve kendini gerçekleştirme gereği önemli olmuştur (Maslow ve ark., 1989). Tekstil, Latince 'de textilis, Fransızca 'da texere sözcüğünden türetilen "ağ, kanvas, dokunmuş kumaş, kumaş, dokunmuş bir yapı" anlamına gelmektedir (Online Ethymology Dictionary, 2017). Başlarda sadece dokuma kumaşlar için kullanılan bu terim günümüzde daha geniş bir anlamı kapsamaktadır (Abrahart ve ark., 2022). Tarihi, milattan önceki dönemlere dayanan tekstil, 18.yüzyılda İngiltere'de gerçekleşen Sanayi Devrimi ile birlikte hem mekanik yöntemler hem de kullanılan içerikler bakımından değişmiş ve gelişmiştir.

Hızlı moda yaklaşımı, tüketicilerin ürünü uzun sürede kullanmasını değil, o ürünün kısa periyotlarda tekrardan talep etmesini amaçlamaktadır. Artan talep, üreticileri daha ucuz ham madde, kimyasal alternatiflerine yöneltmiş ve fosil kaynaklara dayanan bu sektörün çevreye verdiği tahribat ilk etapta hesaba katılmamıştır. 2020'de tekstil tüketimi, tüm Avrupa Birliği tüketim kategorileri gıda, barınma, ulaşım ve hareketlilik ile mobilya ve ev eşyalarından sonra çevre üzerinde dördüncü en yüksek etkiye sahiptir (Manshoven ve ark.,2022). Yaşam yolculuğu uzun olan bu sektörün her aşamasının havaya, suya, toprağa ve canlılara farklı düzeylerde etkileri bulunmaktadır. Yılda salınan küresel sera gazı emisyonlarının %8-10'unu oluşturan tekstil endüstrisi, uzun tedarik zinciri, enerji, su ve kimyasal yoğun bir sektör olması nedeni ile ekolojik ayak izi en büyük olan sektörlerden biridir (UNFCCC, 2018; Niinimäki ve ark., 2020). Küresel olarak endüstriyel su kirliliğinin yüzde 20'sinin tekstillerin boyanması ve terbiye işlemlerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Kant, 2012). UNEP (2020) raporuna göre, her yıl karasal kaynaklardan okyanuslara yaklaşık yüzde 9'u giysi ve diğer tekstil kaynaklı mikroplastik salınmaktadır. Küresel bazda atılan tekstil ürünlerinin yaşamı, yaklaşık %87'sinin %90'ından fazlası yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir olduğu halde deponi sahalarında ve yakma fırınlarında son bulmuştur (Ross, 2019; Caulfield, 2009; Hennes ve ark., 2014; Hawley, 2009; Laitala, 2014).



Stokholm Konferansı ile ilk kez yüksek sesle vurgulanan çevre, ülkelerin sürdürülebilir olarak kalkınması gereken bir dünya için küresel ve lokal anlamda yapacakları çalışmaların temellerini de atmıştır. Tekstilin de içinde bulunduğu tüm sektörlerde kullanılan kimyasalların zararlılıklarını ortadan kaldırmak veya kısıtlamak için 2007 yılında Avrupa Birliği tarafından kimyasalların tescillendirilmesi, değerlendirilmesi, ruhsatlandırılması ve kısıtlanması anlamına gelen REACH tüzüğü yayımlanmıştır. Tekstilde sera gazı emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturan tekstil kimyasalları, en çok bitim işlemleri sırasında tüketilmektedir. Bitim işlemleri(apreleme), talep edilen kullanıma bağlı olarak üretilen materyale görünüm efekti, yumuşaklık, su geçirmezlik, zararlılara karşı koruma, su/yağ/kir iticilik, koku, kolay dikim, buruşmazlık ve güç tutuşurluk gibi özelliklerin kazandırılması amacı ile gerçekleştirilen mekanik ya da kimyasal işlemlerdir (MEB, 2018; Paul, 2015). Yumuşatıcılar ise en özgün bitim kimyasalı grubudur (Schindler ve ark., 2004). Tekstil sektöründe çevresel performansın ve boyutların değerlendirilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma ve marka prestijini artırmak amacı ile yaşam döngüsü değerlendirmesi, ürün karbon ayak izi ve çeşitli sertifikasyon çalışmaları yapılmaktadır. Yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA), üretimde kullanılacak ham maddelerin hayata getirilmesinden tüketim sonu aşamasına kadar olan sürecin çevresel etkilerini vurgulamak, daha düşük çevresel etkiye sahip malzeme ve süreçleri kullanarak tasarım sürecinde karar verme aracı olarak kullanılmaktadır (Sharpe ve ark., 2022). Ancak veri yetersizliği, tedarik zincirindeki aksaklıklar veya yeşil boyama amacı ile tekstil kimyasallarının LCA çalışmalarına dahil edilmemesinin tekstil ürünlerinin çevresel performansını etkileyeceği göz ardı edilebilmektedir (Roos ve ark., 2015).

Bu tezde, üretim aşamasındaki sera gazı salımına direkt etkisi olan tekstil yardımcı bitim kimyasalları içerisinde yaygın olarak tercih edilen katyonik ve noniyonik yumuşatıcılar, tekstil yardımcı tekstil kimyasalları üreten bir firmanın verileri baz alınarak yaşam döngüsü değerlendirmesi metodu ile ele alınmıştır. Envanter analizinde üretim, satın alma, ithalat/ihracat, malzeme güvenlik/teknik form verileri ile yapılan değerlendirmede SimaPro 8.5.0. yazılımı kullanılmış ve etki analizinde ise metot olarak IMPACT 2002+ seçilmiştir. Çalışmayı desteklemesi açısından ürün karbon ayak izi hesaplaması yazılım

kullanılmadan ISO 14067:2018 Ürün Karbon Ayak İzi Standardına göre manuel olarak yapılmış olup emisyon faktörleri için, IPCC 6. Değerlendirme Raporu, EF DEFRA ve TEİAŞ verileri baz alınmıştır. Çalışmada, tekstil yardımcı kimyasalları için çevresel değerlendirme çalışmalarının yetersiz oluşu, genelde çeşitli zorluklardan kaynaklanan birincil verilerin yerine ikincil verilerin tercih edilerek çalışmaların yapılması net ve tam anlamı ile doğru bir çerçeve çizmediğinden, hem uygulayıcıya doğru birincil veriyi sağlayabilmek ve ürün tercihlerine yardımcı olabilmek, hem de üreticiye doğru bir çevresel strateji haritası çizmek amaçlanmıştır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Tekstilin Tarihi

Tekstil kavramı, insanların yaprakları ve canlıların derilerini kullandıkları milattan önceki zamanlardan, günümüzde uzay çalışmaları için tasarlanan giyim ürünlerine kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Geçmiş tekstil yapılarının biyobozunur özellikleri sebebi ile günümüze taşınıp çok net kanıtlar sunamamalarından, yapılan çalışmalar neticesinde, dokumacılığın başlangıcına ait izlerin M.Ö. 12.000'lü yıllarda, Antik dönemde Mezopotamya konumunda bulunduğu aktarılmaktadır (Roaf, 1996). İpek ve pamuğun Asya'da ortaya çıktığı ve zamanla tüccarlar ile birlikte dünyaya yayıldığı tahmin edilmektedir (Özbel, 1945). Kalıntılar üzerinde yapılan çalışmalardan rastlanan materyallerden, giyimin eski uygarlıklar ve devletler için güvenlik, güç, itibar, estetik, adaptasyon gibi nedenler ile her zaman önemli olduğu anlaşılmaktadır (İnalçık, 2008).

Sanayi Devrimi ile birlikte toplumların, ekonomilerin değişmesi gibi makine ve kimyasal sektöründeki gelişmeler de tekstili doğrudan etkilemiştir. 19. yüzyılın ortalarına kadar tekstilleri renklendirme ve baskı amaçlı doğal boyar maddeler tercih edilirken, 1856'da antik dönemdeki kraliyet morunu andıran ilk sentetik organik boyarmaddeyi, Sir William Henry Perkin icat etmiştir (İşmal, 2011). Renklendirmedeki bu gelişme, özel fonksiyonlara sahip tekstil kimyasallarının geliştirilmesinin de önünü açmıştır.

Dünya popülasyonundaki artış, beklentileri ve talepleri de artırmıştır. Makineleşme ile tekstil sektörü, daha az maliyetler ile daha fazla ürün üreterek arzları karşılamaya çalışmıştır. Ürünün sürdürülebilirliği ve çevreye bıraktığı iz uzun bir süre gündeme alınmamıştır. Son yıllarda sürdürülebilir materyal, kimyasal ve proses tercihleri ile mevcut en iyi teknikler değerlendirilmiş, sistemlere entegre edilmeye başlanmıştır. Günümüzde ve yakın gelecekte daha fazla su tüketen, aşınarak mikroplastik salan, kimyasala ihtiyacı olan, atık üreten, enerji tüketen, kirliliğe neden olan prosesler tercih edilmeyerek teknolojik gelişmeler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde tekstil sektörü küresel bazda değerlendirildiğinde, ihracatta en büyük paya Çin %35 oranı ile

sahip olup, sırayı Hindistan %6,9, ABD %5,3, Türkiye %4,2 ve Almanya %4,1 takip etmektedir (Çizelge 2.2). İthalatta ise ABD %11,4 paya sahip olurken, sırayı Vietnam %7, Çin %6,4, Almanya %4,8, Bangladeş %4,4, İtalya %2,9 ve Türkiye %2,8'lik bir paya sahiptir (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1.** Tekstil ithalatı (Türkiye Ticaret Bakanlığı, 2022; Trademap, 2022)

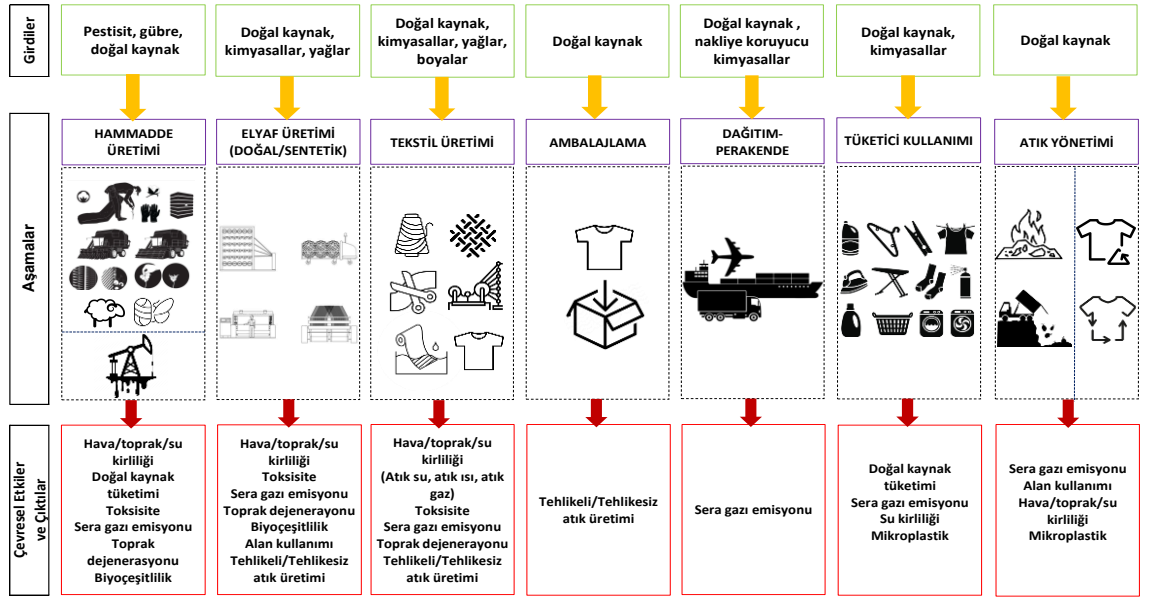
<b>Ülke</b>	<b>2021 Değer (1.000.000 \$)</b>
ABD	40.568.034
Vietnam	24.766.178
Çin	22.712.746
Almanya	17.108.716
Bangladeş	15.730.739
İtalya	10.335.292
Türkiye	9.982.322
Japonya	9.513.368
Endonezya	8.788.629
Fransa	8.780.757
İngiltere	8.455.084
Meksika	6.953.749
Hindistan	6.925.113
Güney Kore	6.523.865
Hollanda	6.489.339
Polonya	5.930.892
İspanya	5.872.006
Kanada	5.657.591
Kamboçya	5.542.051
Rusya	5.100.785
Diğer Ülkeler	124.196.507
<b>Toplam</b>	<b>355.933.763</b>

**Çizelge 2.2.**Tekstil ihracatı (Türkiye Ticaret Bakanlığı, 2022; Trademap, 2022)

<b>Ülke</b>	<b>2021 Değer (1.000.000 \$)</b>
Çin	133.589.050
Hindistan	26.264.324
ABD	20.382.708
Türkiye	16.163.088
Almanya	15.580.284
İtalya	12.482.309
Vietnam	11.218.390
Güney Kore	10.264.387
Pakistan	9.615.399
Tayvan	8.576.975
Hollanda	7.308.548
Belçika	6.989.562
Japonya	6.746.703
Fransa	5.571.655
Hong Kong	5.291.209
İspanya	5.266.286
Endonezya	4.548.783
Avustralya	4.392.949
Brezilya	4.322.574
Tayland	4.256.515
Diğer Ülkeler	62.515.760
<b>Toplam</b>	<b>381.347.458</b>

## 2.2. Tekstil Üretimi

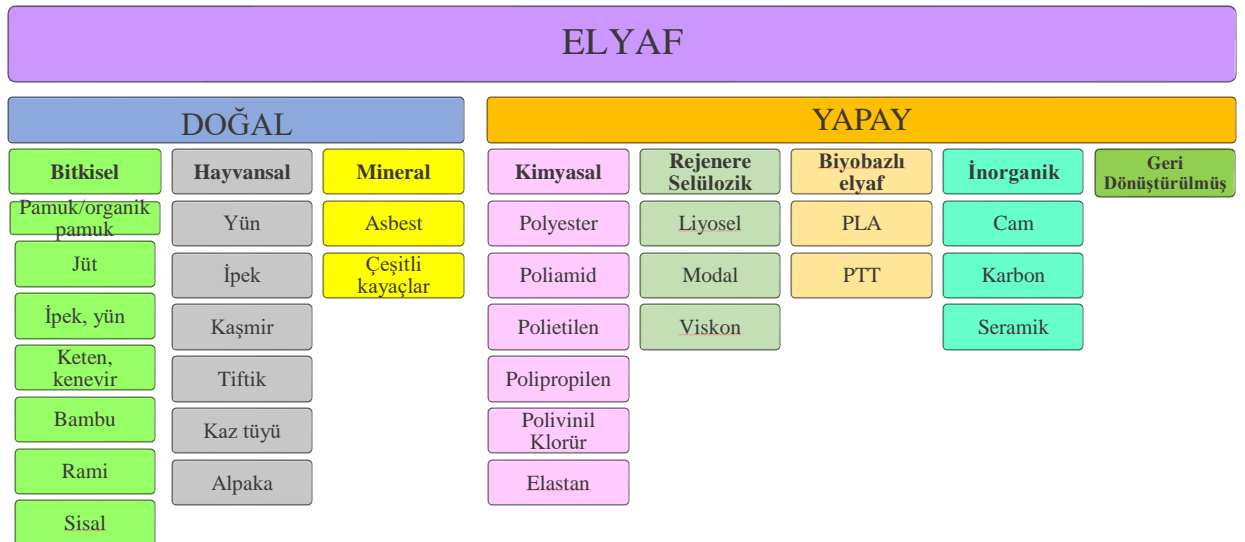
Tekstil, ham maddenin çıkarılışından tüketicinin kullanmayı düşünmediği bir yapı olana kadar olan süreci kapsayan geniş bir etki aralığına sahiptir (Şekil 2.1). Üretim aşamasının tekstil ürünlerinin genel iklim değişikliği etkisinin yaklaşık %80'ini, dağıtım ve perakendenin %3'ünü, kullanım aşamasının %14'ünü ve kullanım ömrünün sonu işlemlerinin de %3'ünü oluşturduğu tahmin edilmektedir (Sandin ve ark., 2019).



Şekil 2.1. Tekstil sektörü yaşam döngüsü (Moazzem ve ark., 2021)

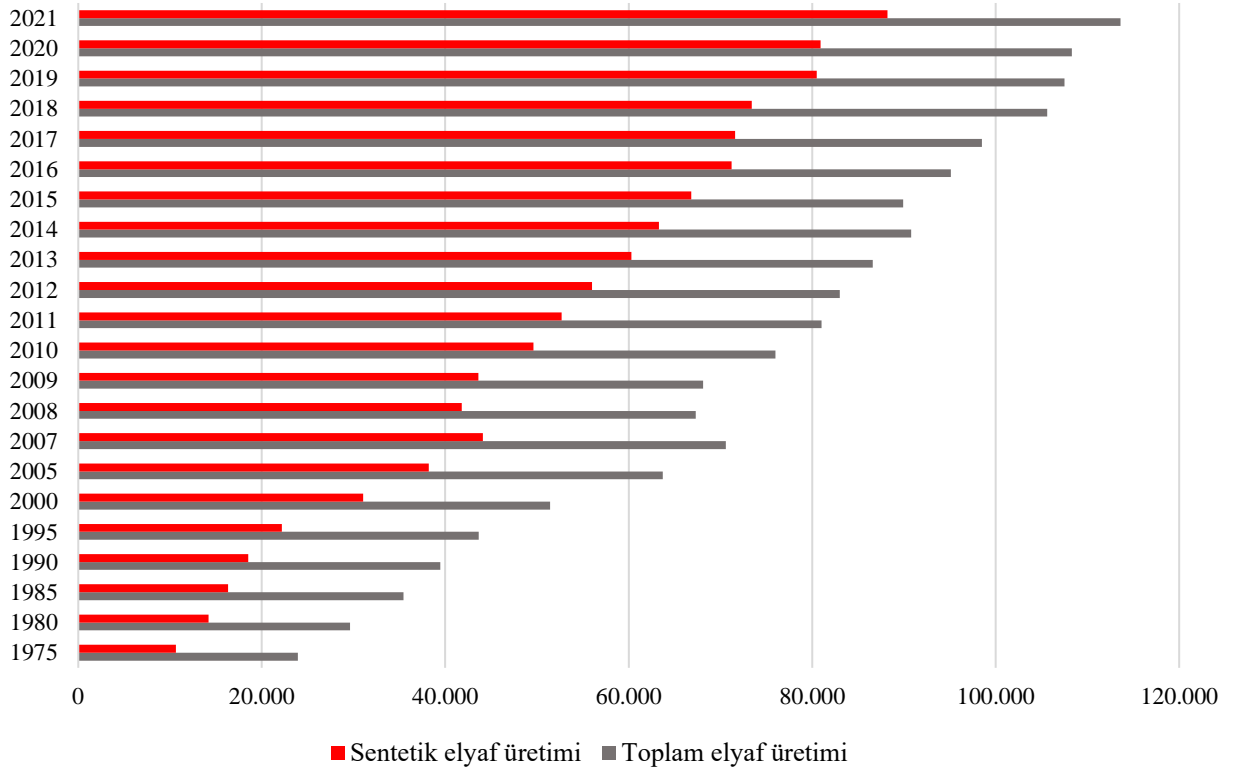
## 2.2.1. Ham Madde ve Elyaf Üretimi

Tekstil endüstrisinin en önemli girdilerinden biri elyafıdır. Elyaf, tekstil üretiminin görünen en küçük temel ham madde birimi olan, iplik ve kumaşa dönüştürülmek için uygun uzunluk, esneklik ve mukavemete sahip doğal ya da yapay yollarla üretilen iplikçikler olarak tanımlanabilmektedir (Britannica, 2008) (Şekil 2.2).



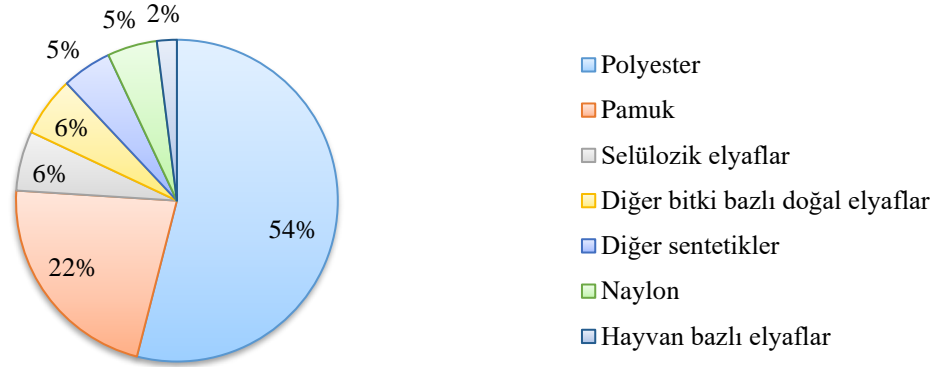
Şekil 2.2. Elyaf çeşitleri (Munagishe 2021; Muthu, 2020)

1940'ta birkaç bin ton olan küresel sentetik elyaf tüketimi, 2018'de 60 milyon tonun üzerine çıkmıştır. 1990'ların sonlarından bu yana doğal olmayan elyaflar, tekstilde en yaygın kullanılan doğal elyaf türü olan pamuğu geride bırakmıştır (EEA, 2021). 2021 yılında pamuk veya yün gibi doğal elyafların üretim hacmi global olarak 25,4 milyon tona sahipken, 88.2 milyon ton sentetik elyaf üretilmiştir (Şekil 2.3). Sentetik elyafların küresel pazar değerinin 2021'de yaklaşık 62,7 milyar ABD doları olduğu tahmin edilmektedir ve 2028 yılında 2021'e göre yaklaşık yüzde 60 artışla 99,8 milyar ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir (Synthetic Fibers Market, 2023).



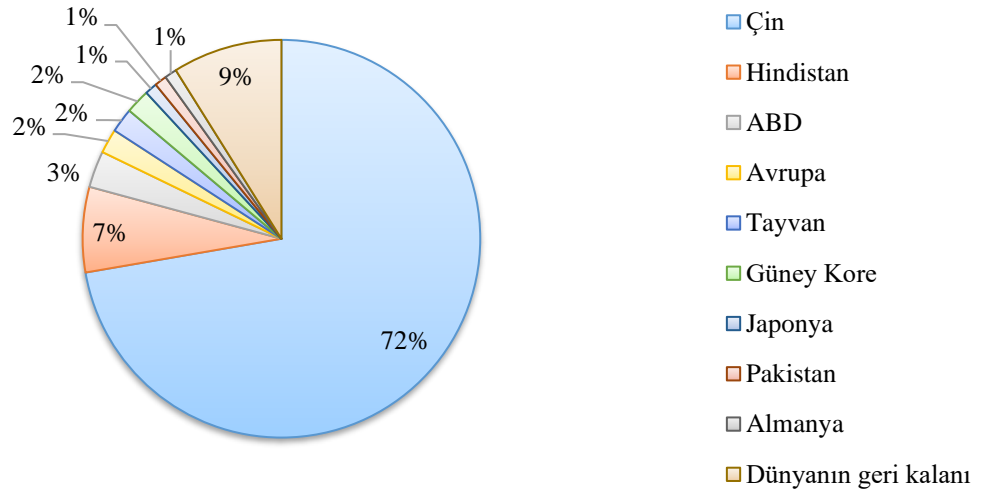
**Şekil 2.3.** Küresel elyaf üretimi (Industrievereinigung Chemiefaser eV, 2022)

Doğal elyaf üretiminin %80'ini pamuk oluştururken, toplam elyaf üretiminin %22'sini oluşturmaktadır (Şekil 2.4).



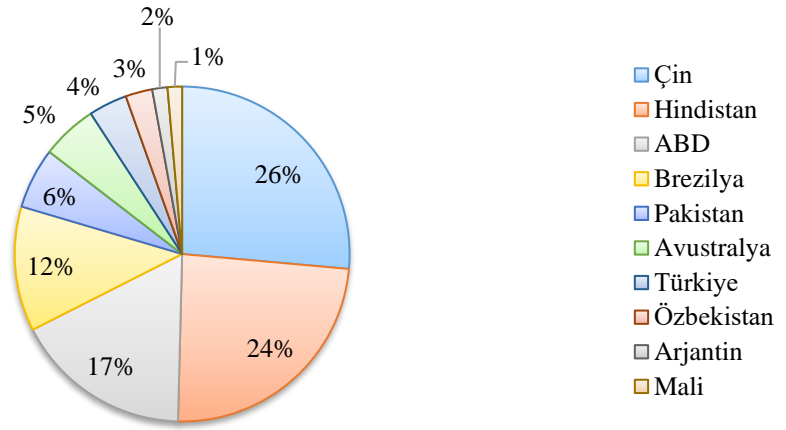
**Şekil 2.4.** Elyaf üretiminin türlere göre dağılımı (Townsend, 2020; STATISTA, 2023)

Sentetik elyaf üretiminde en büyük paydayı Çin oluştururken sırayı Hindistan, ABD, Avrupa ve diğer uzak doğu ülkeleri takip etmektedir (Şekil 2.5). Doğal elyaflardan en çok tercih edilen elyaf olan pamuk üretiminde de Çin ilk sırada bulunurken, Türkiye sekizinci sırada yer almaktadır (Şekil 2.6).



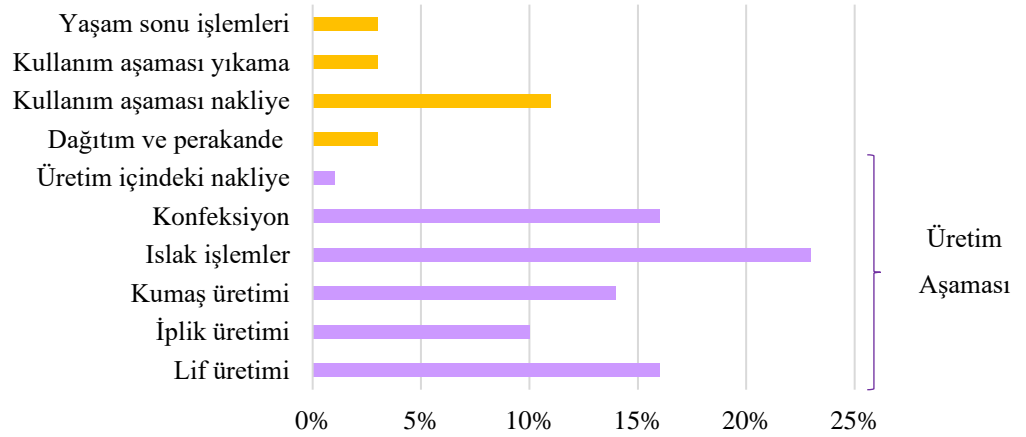
**Şekil 2.5.** Sentetik elyaf üretimini domine eden ülkeler (Industrievereinigung Chemiefaser eV, 2022)





**Şekil 2.6.** Pamuk üretimini domine eden ülkeler (Meyer ve ark., 2022)

Sentetik liflerin üretimi, büyük miktarda enerji, kimyasal, yenilenemeyen fosil ve doğal kaynak tüketimine dayandığından küresel iklim değişikliğine büyük ölçüde katkı sağlamaktadır (EEA, 2021; Munasinghe ve ark., 2021). Plastik bazlı elyaf üretmek için her yıl yaklaşık 342 milyon varil petrol kullanıldığı tahmin edilmektedir (Ellen MacArthur Vakfı, 2017). Elyaf üretiminin iklim değişikliğine katkısı %16'dır (Şekil 2.7).



**Şekil 2.7.** Tekstil yaşam döngüsü aşamalarının iklim değişikliğine etkisi (Sandin ve ark., 2019)

Beton ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre, 1 kg polyester kumaşın tüm yaşam döngüsü, 30 kg'dan fazla CO<sub>2</sub> eşdeğerinin atmosfere salımından sorumludur(Beton ve ark., 2014).

Başka bir araştırmaya göre, 1 kg boyalı dokuma kumaş imalatında sentetik elyaf naylon, iklim değişikliği ve fosil yakıt kullanımı için kilogram başına en yüksek etkiye sahipken; en yüksek etkiye arazi kullanımı, su kullanımı, ötrofikasyon ve mineral kaynak kıtlığı yönünden pamuk elyafının sahip olduğu sonucuna varılmıştır(EEA, 2021).

Sentetik elyafların üretimi, çevreye etkisi yüksek bir dizi yan ürün oluşturan katalizörler, enzimler, kimyasallar ve çeşitli reaktifler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Brigden ve ark., 2014; Stone ve ark., 2014).

Örneğin PET elyafı üretiminde, antimon trioksit yaygın olarak kullanılan, Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı tarafından ‘muhtemel kanserojen madde’ olarak tanımlanan bir katalizördür (IARC, 1989). Toksikite üzerine çok net kanıtlar bulunamamasına rağmen maruziyeti önerilmemekte, bazı kalp ve akciğer hastalıklarını tetikleyebildiği ve diğer maddeler ile birleştiğinde tehlike arz edebileceği bildirilmektedir.

Sentetik elyaflardan olan naylon üretiminde de karbondioksitin 273 katı küresel ısınma potansiyeline sahip nitroz oksit emisyonu salınmaktadır (IPCC, 2023). Eftimova ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada nitroz oksidin baş ağrıları, baş dönmesi, mide bulantısı, kusma, öfori ve taşikardiye sebep olduğu sonucuna varılmıştır (Eftimova ve ark., 2017).

Pamuk üretiminin başlıca çevresel etkileri, yüksek miktarda gübre ve böcek ilacı kullanımından kaynaklanmaktadır (Beton ve ark., 2014). Pamuk, dünyadaki ekili alanların %2,5'ünü oluşturmakla birlikte dünyadaki pestisitlerin %6'sını ve böcek ilaçlarının %16'sını kullanmaktadır (EJF, 2017). Dünya çapında her bir hektar pamuk ekim alanı için yaklaşık 1 kg tehlikeli pestisit kullanılmaktadır (The World Counts, 2023). Pestisitler ekosistemleri, süreçte yer alan tüm abiyotik/ biyotik faktörleri kalıcı ya da akut

şekilde etkilemektedir. Boedeker ve arkadaşlarının (2020) yaptığı bir çalışmada, çiftçilerin yaklaşık %44'ünün her yıl pestisitlerle zehirlendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bitkilerin büyümesini ve üretkenliğini teşvik etmek için topraklar azot, fosfor ve kalsiyum gibi besi elementleri içeren gübreler ile desteklenmektedir. Dünya çapında azot gübresi uygulamasının %4,3'lük payına pamuk üretimi sahiptir (Heffer ve ark., 2016). Gübrelerin içinde bulunan besi maddeleri yüzeysel akışlar veya yeraltı akışları ile alıcı ortamlara ulaşarak ortamı oksijenden yoksun bırakmakta, kirlilik oluşturmakta ve alg patlaması olarak bilinen ötrofikasyona yol açmaktadır.

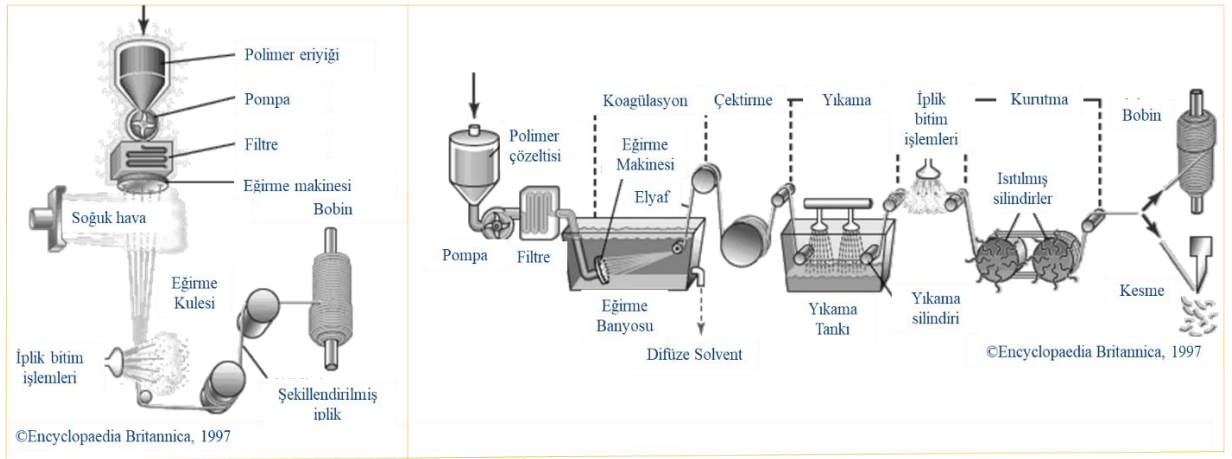
Bitkisel bazlı elyafların hayata getirilme evrelerinde çok sayıda kimyasal türü kullanılmaktadır ve canlılar, iklim değişikliği, hava-toprak ve su kirliliği, çalışan sağlığı gibi etkileri mevcuttur. Örneğin selülozik bir yapıdan elde edilen viskon üretiminde, ağaçların işlenmesinden elyaf olana kadarki sürecin çevresel etkileri ve kaynakları Şekil 2.8'de gösterilmektedir. Viskon liflerini üretmek için kullanılan üretim solventi karbon disülfid, oldukça zehirlidir, kontrolsüz solvent deşarjı, sularda tehlikeli etkilere sahip olabilmektedir ve bu konu hakkında birçok yüksek profilli kirlilik vakası bildirilmiştir (Ellen MacArthur Vakfı, 2017).



**Şekil 2.8.** Viskon üretiminin çevresel etkileri (Water Footprint Network, 2017)

### 2.2.3. İplik Üretimi

Doğal hali kesikli olan elyafların sürekli bir yapı olan iplik haline dönüştürüldüğü bükme işlemi, eğirme olarak isimlendirilmektedir (Şekil 2.9) (Britannica, 1999). Eğirme prosesinde bobine sarılan iplikler, dönüşecekleri kumaş tipine göre dokuma, örme veya farklı birleştirme teknolojileri kullanılarak bir araya getirilmektedir (Das, 2014). Eğirme prosesi, elyafların üzerindeki toz, yağ, mum, mineraller gibi safsızlıklar içerdiğinden bir sonraki boyama ve baskı prosesi performansının verimli kılınması amacıyla ön yıkama işlemine tabi tutulmaktadır (Munasinghe ve ark., 2021; Kiron, 2021).



Şekil 2.9. İplik eğirme metotları (Britannica, 1999)

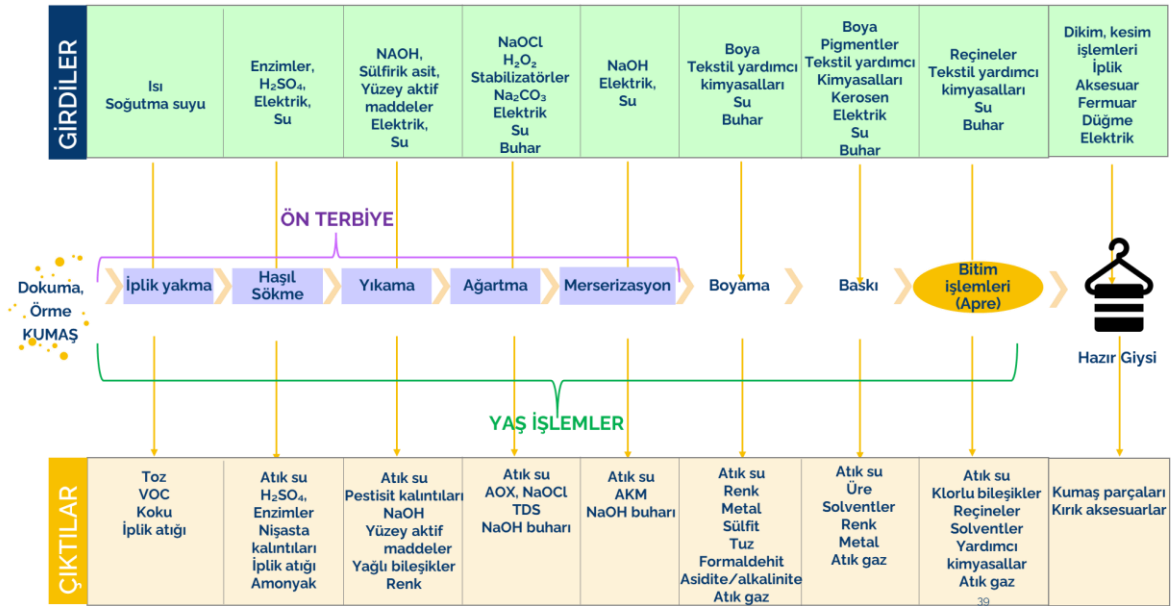
İplik üretimi sırasında elyaflara uygulanan koşul iyileştirme kimyasalları ve harman yağlarının, çevresel açıdan yük oluşturduğu bildirilmektedir. Bu maddeler, doğada kalıcılığı yüksek olan organik gaz emisyonlarına neden olurken, alkil fenol etoksilatlar ve biyositler gibi aktif maddelerin çevreye zararlı etkilerinden sorumlu olabilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

La Rosa ve arkadaşlarının (2019) doğal elyafların yetiştirilme ve iplik üretiminin kümülatif enerji arzının karşılaştırdığı bir çalışmaya göre, enerjinin en fazla kullanıldığı üretim aşamasının iplik üretimi olduğu ve elyafı yetiştirme aşamasındaki enerji ile iplik üretme aşamasındaki enerji farkının en yüksek pamukta gözlemlendiği, jüt ve kenaf bitkisinin iplik üretim aşamasının daha az enerji talep ettiği sonucuna varılmıştır.

Velden ve arkadaşlarının (2014) elyaf kalınlıklarının önemli olduğunu da belirtildiği, sentetik ve doğal elyaflarla üretilen kumaşlar üzerine yaptığı çalışmada, örme prosesinin dokuma prosesinden çevre açısından daha olumlu olduğuna varılmıştır.

#### 2.2.4. Kumaş ve Giysi Üretimi

Kumaştan giysi üretimine kadar olan süreç, çevresel yükü fazla olan özellikle son aşaması olmak üzere emek yoğun prosesler bütünüdür. Üretilecek giysinin türüne göre kimyasal, enerji ve doğal kaynak tüketimi değişebilmektedir (Munasinghe, 2021). Her üretim adımının girdileri ve çıktıları prosese özgüdür, günümüzde süreci doğru yönetmek için mevcut en iyi teknikler tercih edilmektedir. Kumaşlar, örme veya dokuma yoluyla ipliklerden üretildikten sonraki prosesler olan haşıl sökme, ağartma, merserizasyon, boyama, baskı ve terbiye gibi prosesler içeren yaş işlemlerde çok fazla su, kimyasal ve enerji tüketilmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Tekstil ürünü üretim prosesleri (Moazzem ve ark., 2021)

### 2.2.5. Ön Terbiye İşlemleri

Yakma, düzgün ve işlenebilir bir yüzey elde etmek amacı ile liflerin ya da kumaşların çıkıntı yapan uçlarının ve tüylerinin ısı uygulanarak metal plakalardan geçirilmesi işlemidir (Britannica, 2023).

Dokuma sırasında ipliklerin zarar görmemesi ve mukavemetinin artırılması amacı çözgü ipliklerini ile doğal ya da sentetik maddeler ile geçici olarak sağlamlaştırma işlemine haşılama denir (Bahadır, 2012). Haşıl sökme, dokuma sırasında ipliğin kopmasını önlemek için kaplanmış çözgü ipliklerinden yapışkan maddenin seyreltik asit ya da kostik gibi kimyasallar ile ovalanmasının ardından su ile çıkarıldığı bir işlemdir (Battan ve ark., 2012; Owen, 1989). Doğal içerikli haşıl maddelerinin söküldüğü proseslerden gelen yıkama suları, nihai atık sulardaki toplam kimyasal oksijen ihtiyacının %70'ini oluşturabilmektedirler (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Yıkama, elyafın içeriğinden ya da diğer adımlardan kaynaklı inorganik, yağlı ve yapışkan maddelerin oluşturduğu safsızlıkların giderildiği aşamadır.

Ağartma, doğal liflerde bulunan doğal renklendirici maddelerin indirgeyici veya oksitleyici maddeler ile giderilmesi işlemidir (Ammayappan ve ark., 2016). Su ve enerji tasarrufu için yıkama ve ağartma işlemi birlikte tercih edilebilmektedir (Ammayappan ve ark., 2003). Elyaf, pastel renklere boyanacak ya da sonrasında bir baskı işlemi uygulanacak ise ağartmanın zorunlu bir adım olduğu bildirilmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Merserizasyon işlemi özellikle selülozik ve pamuk liflerinin kopma mukavemetini, boyut stabilitesini, boyanabilirliğini ve parlaklığını artırmak amacıyla yapılmaktadır (John ve ark., 2009; Kalaoğlu ve ark., 2015; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

### **2.2.6. Diğer İşlemler**

Boyama, materyalin çeşitli aşamalarda azo, antrakinon, asidik veya bazik, dispers, reaktif ve direkt, metal kompleks boyalar ile renklendirildiği bir proses dizinidir (Huang ve ark., 1985).

Baskı, kumaş veya iplikler üzerinde belirli desenlerin oluşturulduğu, bir pigmentin tekstil malzemesinin içine geçmesine veya ona yapışmasına neden olmak için buhar veya kimyasallarla işlendiği süreci ifade etmektedir (Tortora ve ark., 1996; Badoe ve ark., 2015).

Bitim işlemleri(apreleme), talep edilen kullanıma bağlı olarak üretilen materyale görünüm efekti, yumuşaklık, su geçirmezlik, zararlılara karşı koruma, su/yağ/kir iticilik, koku, kolay dikim, buruşmazlık ve güç tutuşurluk gibi özelliklerin kazandırılması amacı ile gerçekleştirilen mekanik ya da kimyasal işlemlerdir (MEB, 2018; Paul, 2015).

### **2.2.7. Enerji**

Tekstil imalatı, enerji yoğun bir sektör olması ve enerjinin büyük bir kısmını yenilenebilir olmayan kaynaklardan elde etmesi nedeni ile sera gazı emisyonlarına en çok katkı sağlayan sektörlerdendir. Yüksek enerji talebi, suyu ısıtmak için buhar oluşturmak ve aynı zamanda kumaşları kurutmak için kullanıldığı yaş işleme aşamalarından gelmektedir (Sharpe ve ark., 2022).

Bir kompozit tekstil fabrikasında yapılan çalışmaya göre, üreticilerin ürünün toplam maliyetinin %5-17'sini enerjiye harcadığı, ısı enerjisi tüketiminin bir tekstil fabrikasının toplam enerji tüketiminin %80'ini oluşturduğu ve ısı enerjisinin yaklaşık %50'sinin yaş işlemede kullanıldığı sonucuna varılmıştır (Jayant ve ark., 2005; Panda ve ark., 2021).

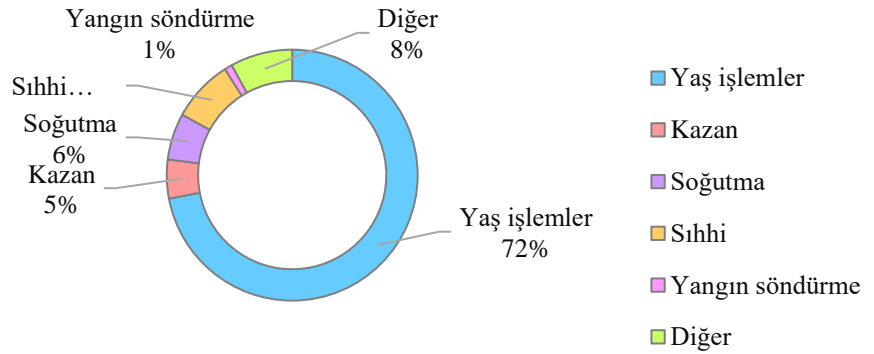
Türkiye'de tekstil, %16,3 etki oranına sahipken, imalat sanayi sektörleri içerisinde ana metal sanayinden sonra en çok elektrik tüketen sektördür. Tekstil terbiyesinde 1 kg ürün

üretebilmek için 1,5 kWh elektrik ve 1,10 cm<sup>3</sup> doğal gaz tüketildiği bildirilmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Türkiye'nin enerji talebinin %60'ını ham petrol ve doğalgaz, %25'ini kömür oluşturmakta ve bu arzların %50'si ithal edilerek karşılanmaktadır (WEC, 2001; Öztürk 2005). Bu oran, Türkiye'nin ihracat gelirinin %40-60 enerji ithalatı için harcadığı anlamına gelmektedir (Öztürk, 2005).

### 2.2.8. Su

Dünyadaki imalat sanayileri için su arzının 2050 yılına kadar %400 oranında artması beklenmektedir (Willet ve ark., 2019). Tekstil sektörünün majör bir tatlı su kaynağı tüketicisi olduğu bilinmektedir ve 5 milyar m<sup>3</sup>'ün üzerinde tatlı su kaynağı tüketen tekstil endüstrilerinde her yıl yaklaşık 28 milyon ton tekstilin boya işlemi gördüğü tahmin edilmektedir (Hossain, 2017; Haque ve ark., 2021). Tipik bir tekstil boyahane ve terbiye tesisinde, üretilen her ton ürün başına 100 litre su tüketildiği bildirilmektedir (Lin, 1997). Tekstil tesislerinde en çok su tüketiminin görüldüğü birimin yaş prosesli üretim bölümü olduğu, yaş işlemede su tüketiminin yaklaşık %70'inin de ara kademe yıkamalarda gerçekleştiği bilinmektedir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Bölümlere göre su tüketimi (Panda ve ark., 2021)



Sharpe ve arkadaşlarının (2022) tekstil sektörü tedarik zincirinde karbon emisyonlarının nasıl ve nerede biriktiğine dair yaptığı bir çalışmada, emisyonların tüm değer zinciri boyunca meydana geldiği, ancak en önemli birikimin çevresel etkilerden olan su tüketimi ve kimyasal kullanımının yoğun olduğu iplik ve kumaş üretim aşamasında gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Pamuklu ürünlerin tüketiminin, küresel su ayak izinin %2,6'sını oluşturduğu ve pamuklu bir ürün için pamuk yetiştirme aşamasının, toplam su ayak izindeki en büyük paya sahip olduğu bildirilmektedir (Chapagain ve ark., 2006; Niinimäki ve ark., 2020). Örneğin, pamuğun en çok üretildiği Hindistan, Pakistan, Çin ve Türkiye gibi ülkeler yüksek derecede su stresi altındadır ve aşırı yer altı ve yer üstü su çekimleri tabla çökmelerine ya da yüzeysel su çekilmelerine neden olabilmektedir (Ellen MacArthur Vakfı, 2017; Chapagain ve ark., 2006).

Tekstil sektöründe bir ton ürün başına genellikle 200-350 m<sup>3</sup> atık su açığa çıktığı, ortalama kirliliği ise 100 kg KOİ/ton olarak belirtilmiştir (Verma ve ark., 2012; Jekel, 1997; Rangattan ve ark., 2007; Gozálviz-Zafrilla ve ark., 2008). Atık sular doğru yönetilmediklerinde ve alıcı ortamlara direkt deşarj edildiklerinde ekosistemlerde geri dönüşü olmayan tahribatlar yaratmaktadır. Atık suların içerdiği maddelerin kalıcılığı, toksisitesi gibi özelliklerinin de etkisi ile bu maddeler hava, su ve topraktan besin zincirine dahil olarak yaşam formları için risk teşkil etmektedir.

Tekstil atık suyu için tipik bir karakteristik belirlemek ve arıtımını sağlamak, girdilerin çeşitliliğinden ve karmaşıklığından dolayı zordur. Ancak bu atık sular pH, KOİ, BOİ, AKM, TSS, TDS, yağ-gres, ağır metaller, renk ve bulanıklık gibi parametrelere göre sınıflandırılıp karşılaştırılabilmektedir (Verma ve ark. 2012). Arıtma işlemi görmemiş tekstil atık suyunun tipik karakterizasyonu Çizelge 2.3 'teki gibidir.

**Çizelge 2.3.** Arıtılmamış tekstil atık suyunun tipik karakterizasyonu (Mostafa, 2015)

<b>Parametre</b>	<b>Aralık</b>
<b>pH</b>	6-10
<b>Sıcaklık (°C)</b>	35-45
<b>BOİ(mg/L)</b>	80-6,000
<b>KOİ (mg/L)</b>	150-12,000
<b>AKM (mg/L)</b>	15-8,000
<b>TDS (mg/L)</b>	2,900-3,100
<b>Klor (mg/L)</b>	1,000-6,000
<b>Serbest Klor(mg/L)</b>	<10
<b>Sodyum (mg/L)</b>	70%
<b>Fe</b>	<10
<b>Zn</b>	<10
<b>Cu</b>	<10
<b>As</b>	<10
<b>Ni</b>	<10
<b>B</b>	<10
<b>F</b>	<10
<b>Mn</b>	<10
<b>V</b>	<10
<b>Hg</b>	<10
<b>PO<sub>4</sub></b>	<10
<b>Cn</b>	<10
<b>Yağ ve gres (mg/L)</b>	10-30
<b>TNK (mg/L)</b>	10-30
<b>NO<sub>3</sub>-N(mg/L)</b>	<15
<b>Serbest Amonyak (mg/L)</b>	<10
<b>SO<sub>4</sub> (mg/L)</b>	600-1000
<b>SiO<sub>2</sub> (mg/L)</b>	<15
<b>Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)</b>	70-80
<b>Renk (Pt-Co)</b>	50-2,500

Türk Çevre Mevzuatı'nda yer alan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde tekstilin proseslere göre deşarj limitleri ve parametreleri Çizelge 2.4 ve Çizelge 2.5'teki gibi belirlenmiştir.

**Çizelge 2.4.** Tekstil sanayii, elyaf, iplik üretimi ve terbiyesi (SKKY, 2023)

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	250
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)	(mg/L)	5
Serbest Klor	(mg/L)	0.3
Toplam Krom	(mg/L)	2
Sülfür (S <sup>-2</sup> )	(mg/L)	0.1
Sülfid	(mg/L)	1
Yağ ve Gres	(mg/L)	10
Balık Biyodeneyi (ZSF)	-	4
pH	-	6-9
Renk	(Pt-Co)	280

**Çizelge 2.5.** Tekstil sanayii, dokunmuş kumaş terbiyesi vb. (SKKY, 2023)

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	300
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	140
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)	(mg/L)	5
Serbest Klor	(mg/L)	0.3
Toplam Krom	(mg/L)	2
Sülfür (S <sup>-2</sup> )	(mg/L)	0.1
Sülfid	(mg/L)	1
Fenol	(mg/L)	1
Balık Biyodeneyi (ZSF)	-	4
pH	-	6-9
Renk	(Pt-Co)	280

### 2.2.9. Hava

Tekstil endüstrisinde hava kirletici emisyonlar, yanma ve proses kaynaklı, havalandırma kanallarından ya da su kanallarından, ürün yüzeyinden kaynaklı kaçak emisyonlar olarak kategorize edilebilmektedir (Müezzinoğlu, 1998).

Yanma kaynaklarından kaynaklanan hava kirleticileri, proses sularını ısıtma ve baskı aşamasında yüksek basınçlı buhar ihtiyacını karşılayan kazan dairelerinden gelmektedir (Müezzinoğlu, 1998). Bu bölümlere beslenen yakıtın cinsine bağlı olarak çeşitli konsantrasyonlarda SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM ve çeşitli emisyonlar çıkmaktadır. Proses kaynaklı ise emisyonlar üretim aşamalarına bağlı olarak genellikle partikül madde ve uçucu organik bileşiklerden oluşmaktadır (Çizelge 2.6).

**Çizelge 2.6.** Tekstilde tipik hava kirleticiler (Müezzinoğlu, 1998; Moustafa, 2008)

Proses	Kirleticiler
Enerji Üretimi	Partiküller, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>
İplik eğirme, örme/dokuma	TOZ: elyaf kalıntıları, doğal elyaf ise toprak ve tarım ilaçları, depolama için katkı maddeleri
Haşılama	NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO
Ağartma	Cl, ClO <sub>2</sub>
Boyama	Carrier, H <sub>2</sub> S, anilin buharları
Baskı	HC, amonyak
Bitim İşlemleri	VOC, solventler, serbest klor, yüzey aktif maddeler, pigmentler, haşıl tozları, yardımcı kimyasal buharı, kondensatlar, yağlar
Giysi Üretimi	TOZ: Tiftik, kesim işlemi kalıntıları
Kimyasal Depolama	VOC
Atık Su Arıtma	VOC, toksik emisyonlar

### 2.2.10. Koku

Proses sırasında ortaya çıkan kötü kokuların asıl kaynağının bacadan atılan sentetik yağlar ve tozlar olduğu bildirilmektedir (Elitaş, 2018).

Yakma ve ısıyla sabitleme sırasında toz ve organik bileşiklerden kaynaklanan kuvvetli koku ve emisyonlar gözlemlenmektedir. Elyaf temizleme işlemindeki ön yıkama ile kaçak emisyonlar önemli bir koku kaynağı olabilmektedir (IPPC, 2002).

Ram bacalarından çıkan yağ buharı kaynaklı koku problemi için, tüm ön fikse ve fikse yapan firmaların ramöz bacalarına 1 Ocak 2018 tarihine kadar arıtma ünitesi yaptırma zorunluluğu İl Mahalli Çevre Kurulu kararı ile belirlenmiştir (Cindoruk, 2023). 102 numaralı İMÇK kararı VOC ve TOK azaltımı için %80 verimle çalışacak filtre kurulumlarının sadece apre prosesinin (buruşmazlık, yumuşatma, güç tutuculuk, su iticilik, kir iticilik vb. kimyasal bitim işlemleri ile kurutma ve termofiksaj vb.) gerçekleştiği ram makineleri için 08.07.2022 tarihine kadar kurulmasına karar verilmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

#### **2.2.11. Gürültü**

Gürültü, istenmeyen, rahatsız edici, sağlığa zararlı olabilen, işin işleyişine engel ve belirlenmiş limit değerleri aşma durumunda kişisel koruyucu ekipmanların kullanılmasının gerektiği sesler olarak tanımlanmaktadır (Seçkiner, 2004). Her yıl, ABD’li 22 milyon işçinin iş yerinde sağlığa zarar verici gürültüye ve 30 milyon işçinin de işitmeye zararlı kimyasallara maruz kaldığı tahmin edilmektedir (NIOSH, 2023).

Duran ve arkadaşlarının (2020) bir tekstil tesisinde yaptığı çalışmada, dokuma bölümünde gürültü seviyelerinin 99,2-101,1 dB(A) arasında değiştiği, boyama/terbiye bölümünde 77,1-79,3 dB(A) arasında değiştiği sonucuna varılmıştır. Dokuma bölümündeki çalışanlar en yüksek maruziyet eylem değeri 85 dB(A) aşıldığı için kulakları koruyucu ekipmanı kullanmak zorundadır (Özmen, 2014).

#### **2.2.12. Kimyasal**

Tekstilde kullanılan kimyasallar, sayılarının fazlalığı, yapılarının karmaşıklığı, doğada kalıcılıkları ve tespit edilemeyen, bildirilmeyen içeriklerden dolayı çevre kirliliği ve insan

sağlığı için negatif bir potansiyel oluşturmaktadır. Tekstil sektörü için kimyasalların, hemen hemen her adımda oldukça önemli bir rol oynadığı, genel olarak en yoğun tüketimin haşılama, yıkama, ağartma, haşıl sökme, boyama, yumuşatma gibi yaş işlemlerde gerçekleştiği bilinmektedir. Yaş proseslerde yaklaşık olarak 2.000 farklı kimyasal maddenin kullanıldığı bildirilmektedir (Gardetti ve ark., 2015). Tekstil ürünlerine toplam 10.000'den fazla kimyasalın uygulandığı ve her 1 kg kumaş için 0,58 kg farklı kimyasalların kullanıldığı tahmin edilmektedir (Hauschild ve ark., 2011; Bluesign, 2011). Proses adımlarına göre kullanılan kimyasal tipleri değişmektedir ve bu kimyasallar özellikle suda sonlandıkları için suya BOİ, KOİ, ağır metal, yağ-gres, AKM, renk ve pH gibi yükler getirmektedir (Çizelge 2.7).

Bu kimyasallar genel olarak aşağıdaki gibi kategorize edilebilmektedir (IPPC, 2012):

- Boyalar ve pigmentler,
- Yüzey aktif maddeler,
- İndirgen ve yükseltgen maddeler,
- Organik ve inorganik kimyasallar,
- Alifatik temel kimyasallar,
- Tekstil yardımcı kimyasalları.

**Çizelge 2.7.** Tekstilde proses adımlarına göre kullanılan kimyasallar (İlter, 2015; Bhar 2016; Roos, 2015)

Proses Adımı	Kullanılan Kimyasallar
İplik hazırlama	Nişasta(haşıl), parafin, antistatik maddeler, harman yağları, karboksimetil selüloz, polivinil alkol
Haşıl sökme	Sülfürik asit veya hidroklorik asit, sodyum hidroksit, enzimler, sodyum hipoklorit/klorit, Sodyum Bromür, Sodyum persülfat veya hidrojen peroksit
Ağartma	Hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit/klorit, yüzey aktif maddeler
Merserizasyon	Sodyum hidroksit, pamuk parafini
Boyama	Amonyak, yükseltgen/indirgen maddeler, asetik asit, yüzey aktif maddeler, ıslatıcılar, stabilizatörler, emülgatörler, egalizatörler, katalizörler, pigmentler, boyalar

**Çizelge 2.7.** Tekstilde proses adımlarına göre kullanılan kimyasallar (İlter, 2015; Bhar 2016; Roos, 2015)(devam)

Baskı	Baskı patı, nişasta, amonyak, yapıştırıcılar, bağlayıcılar, asitler, alkaliler, kalınlaştırıcılar, indirgen maddeler
Äpre yardımcı kimyasalları	Buruşmazlık maddeleri (sentetik reçineler), güç tutuşurluk maddeleri, dolgu maddeleri, yumuşatıcılar, su ve yağ itici maddeler, optik beyazlatıcılar, küflenmezlik ve hijyen maddeleri, kaplama maddeleri, kaymazlık maddeleri, silikonlar, emülsiyonlar
Nakliye/depolama	Biyositler

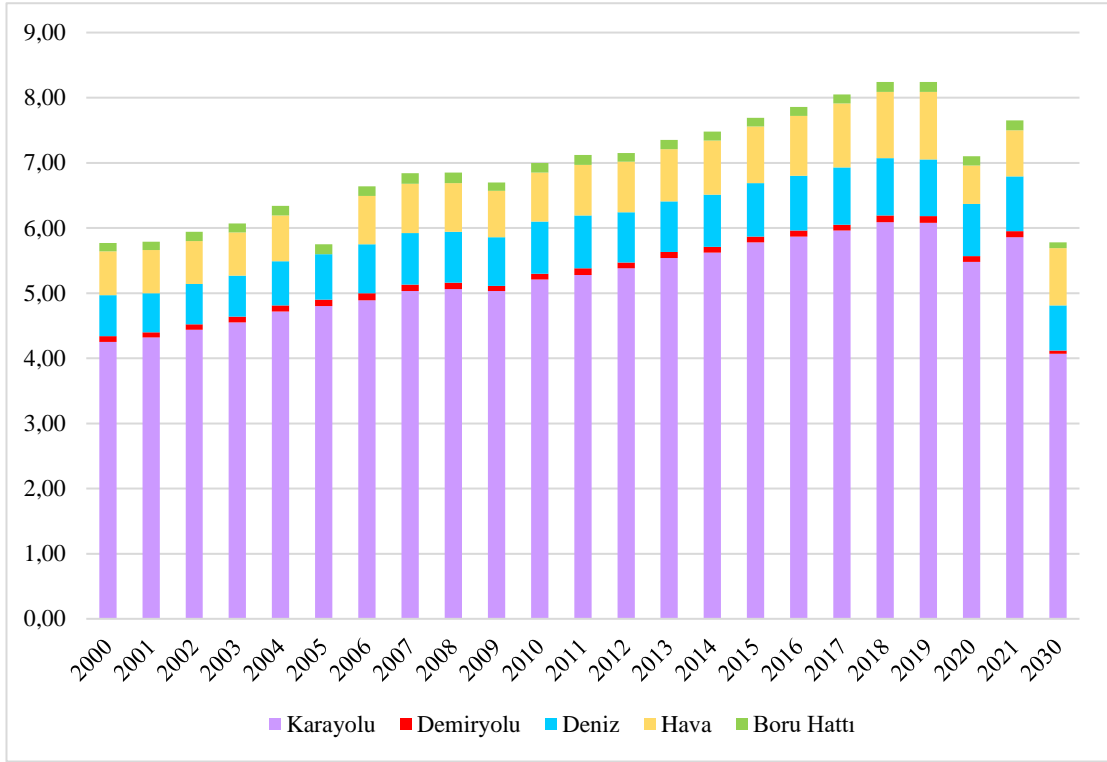
### 2.2.13. Nakliye

Nakliye, tekstil üretiminin ara kademeleri de dahil olmak üzere ham maddelerin çıkarılışından müşterilere ulaşıncaya kadar her aşamasında yer almaktadır. Taşıma tipi tercihi sera gazlarına direkt etki etmektedir.

Taşımacılık sektörü, küresel sera gazı emisyonunun %23'ünü oluşturmaktadır (Regmi ve ark., 2010). Türkiye'de taşımanın, toplam emisyonun %16'sını oluşturduğu, ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonlarının %93'ünün karayolu ulaşımından, %4,3'ünün hava ulaşımından, %1,5'inin deniz taşımacılığından, %0,4'ünün demiryolu ulaşımından ve %0,7'sinin diğer ulaşım türlerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (TÜİK, 2022). Küresel bazda en çok tercih edilen taşıma şekli ve sera gazı emisyonlarına katkısı en yüksek olan taşımacılık karayoludur (Şekil 2.12). Deniz yolu tercihi en az emisyon salımına neden olurken hava taşımacılığı en fazla salımın gerçekleştiği taşıma tipidir (Çizelge 2.8).

**Çizelge 2.8.** Nakliye tipleri ve karbon emisyonu salımları (McKinnon ve ark., 2010)

Nakliye Tipi	gCO <sub>2</sub> /ton-km
Karayolu	62
Demiryolu	22
Deniz (Açık deniz)	8
Hava	602



Şekil 2.12. Ulaşımından kaynaklanan küresel CO<sub>2</sub> emisyonları, 2000-2030 (IEA, 2022)

### 2.3. Kullanım Aşaması

Tekstil ürünlerinin insan sağlığına ve çevreye etkileri tüketiciye ulaştıktan sonra da devam etmektedir. Bu etkiler genellikle alınan ürünün temizliği, ütülenmesi ve giyilmesi sırasında ortaya çıkmaktadır. Tüketicilerin gündelik olarak yakın temas halinde olduğu ürün üzerindeki kimyasal kalıntılar, küf oluşumunu engelleyici biyositler, boyalar, su/kir iticiler, bakteri öldürücüler, alev geciktiriciler, çeşitli yüzey aktif maddeler ve yağlar gibi maddelerden kaynaklanmaktadır.

Baskı ve plastik ürünlerde bulunan ftalatlar, üreme sistemine zarar verebilmekte, deri ürünlerde kullanılan Krom VI, formaldehit, lateks ve metal parçalarda bulunan Nikel içerikleri alerjik reaksiyonları tetikleyebilmektedir (ECHA, 2021). Su ve kir iticilerde kullanılan perflorokarbonlar ve deterjan gibi yüzey aktif maddelerde bulunan nonilfenol etoksilatlar, insan vücudundaki olumsuz etkilerinin yanında doğada kalıcıdır ve su yolu



ile besin zincirinde akümüle olmaktadır (KEMI, 2014). 1 kilogram ürün başına ortalama 8 miligram NPE çıktığı ve bu kimyasalın %99,9'unun ilk iki yıkamada ortaya çıktığı belirlenmiştir (EAUK, 2013). Avrupa Birliği'nde, tekstilde kullanılan bazı azo boyar maddeler, krom VI, dimetilfumarat ve bazı ftalatlar gibi kimyasalların kullanımı kısıtlanmış ya da tamamen yasaklanmıştır (ECHA, 2021). Ancak kimyasalların kısıtlanmadığı ülkelerden alınan ürünlerde kısıtlı ya da yasaklı kimyasalların bulunma olasılığı yüksektir (EPA, 2010).

Çamaşır makinelerinde yıkanan giysiler için üretim prosesine ek olarak her yıl 20 milyar m<sup>3</sup> su talebi olduğu tahmin edilmektedir (FF, 2021). Yaşam döngüsünün her aşamasında rastlandığı gibi yıkama işlemi sırasında da elyaf parçacıkları olan mikroplastikler açığa çıkmaktadır. Tekstil sektöründen her yıl ortalama yarım milyon ton mikroplastik lifin deniz ortamına girdiği tahmin edilmektedir (Ellen MacArthur Vakfı, 2017). Polyester kumaşlardan oluşan 5 kg'lık bir yıkama sonucu kullanılan kimyasallara bağlı olarak 6.000.000'den fazla mikro elyafın açığa çıktığı bildirilmektedir (De Falco, 2018). Çoğu elyaf parçacığının çamaşır kurutucu süzgecinden kaçtığını ve kurutucunun havalandırma noktasından ortama salındığı tespit edilmiştir (Kapp ve ark., 2020). Mikroplastikler arıtma sistemlerinde tam olarak tutulamamakla birlikte, arıtma çamurlarında kalmakta ve içerdikleri kimyasallar ile birlikte canlıların yapılarında birikerek besin ağına katılmaktadır.

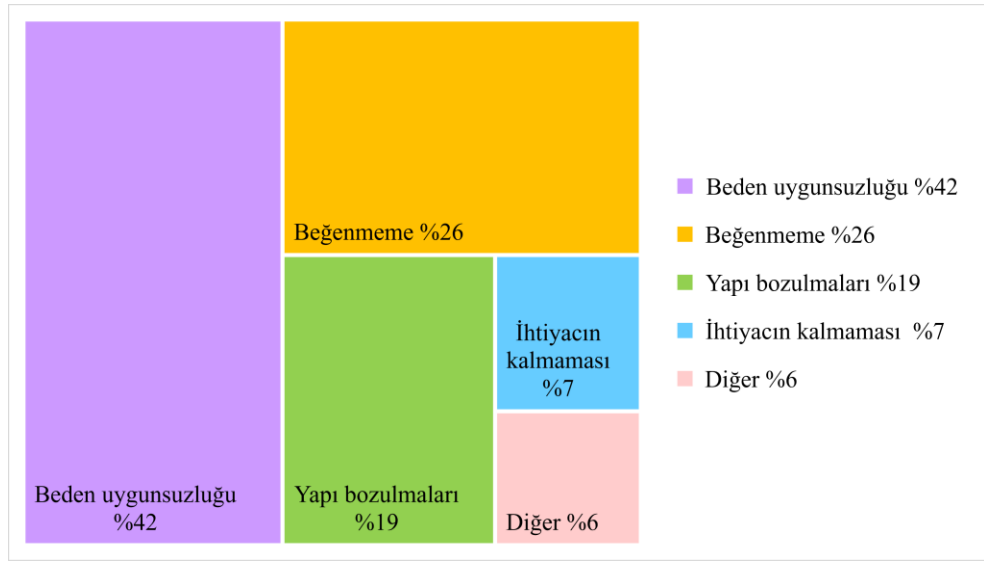
#### **2.4. Tekstil Atıkları**

Hızlı moda, düşük maliyetler, kısa ömürlü giysi üretimi ve ürünlere kolay ulaşılabilirlik ile satın alma sürekliliğini hedeflemiştir (Niinimaki ve ark., 2020). Hızlı tüketim alışkanlıkları, uzun ömürlü ürünler üretilmediği ve 'kullan at' prensibi çalıştığından atık üretim hacmi de artmıştır. Tekstil endüstrisi toplam küresel atığın %5'ini oluşturmaktadır (Sillanpää ve ark., 2019). Tekstil atıkları diğer atık türleri ile kıyaslandığında küçük bir paydayı oluşturmaktadır ancak yaşam döngüsünün birden çok aşaması olduğundan çevresel etkisi büyüktür. Bu aşamalar üretim öncesini, üretim sırasında ve tüketici kullanımından sonraki aşamayı kapsamaktadır (Niinimaki ve ark., 2020).

Norveç'te yapılan bir çalışmaya göre, tüketicilerin giysileri atma fikrinin %40'ı, giysilerdeki fiziksel değişikliklere bağlıdır. Bunlar bir delik ya da yırtık, boncuklanma, tüylenme, esneklik ya da şekil kaybı, lekeler, renk değiştirme ya da solma gibi nedenlerdir (Laitala ve diğerleri, 2015).

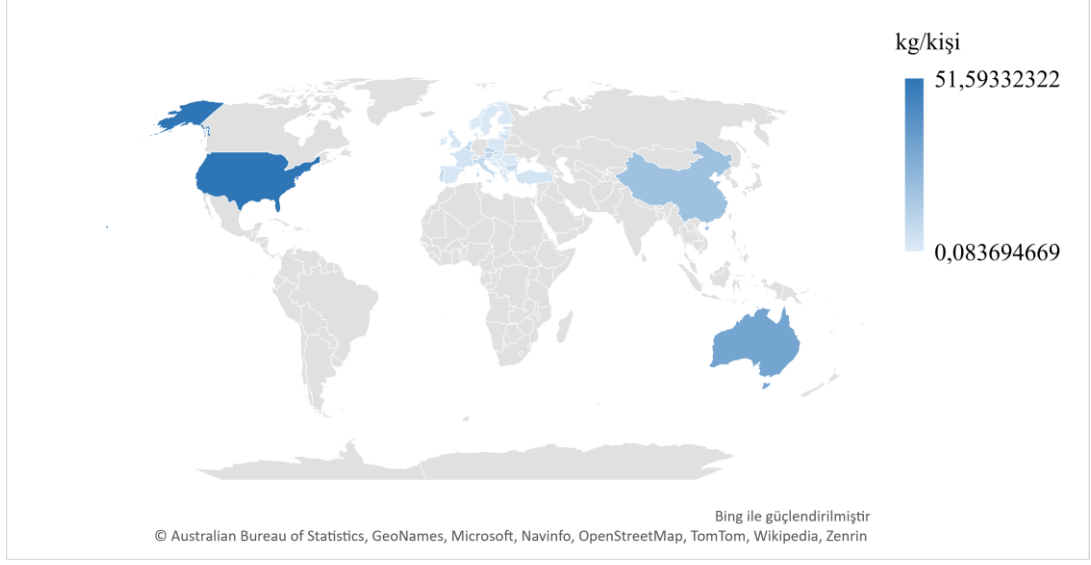
Diğer bir araştırmada, İsveçlilerin onundan altısının kıyafetlerinden kurtulmasının en yaygın nedeni olarak giysilerin yıpranmış olmaları gösterilmiştir (Ungerth ve ark., 2011).

WRAP (2016) Sürdürülebilir Giyim Aksiyon Planı için düzenlenen tekstil takip anketine göre, İngiltere'deki tüketiciler en çok bedenlerinin artık uymaması nedeni ile giysilerini atma kararı almıştır. Yaygın nedenleri, giysiyi artık beğenmeme, yapı bozulmaları, ihtiyacın kalmaması gibi faktörler takip etmektedir (Şekil 2.13).

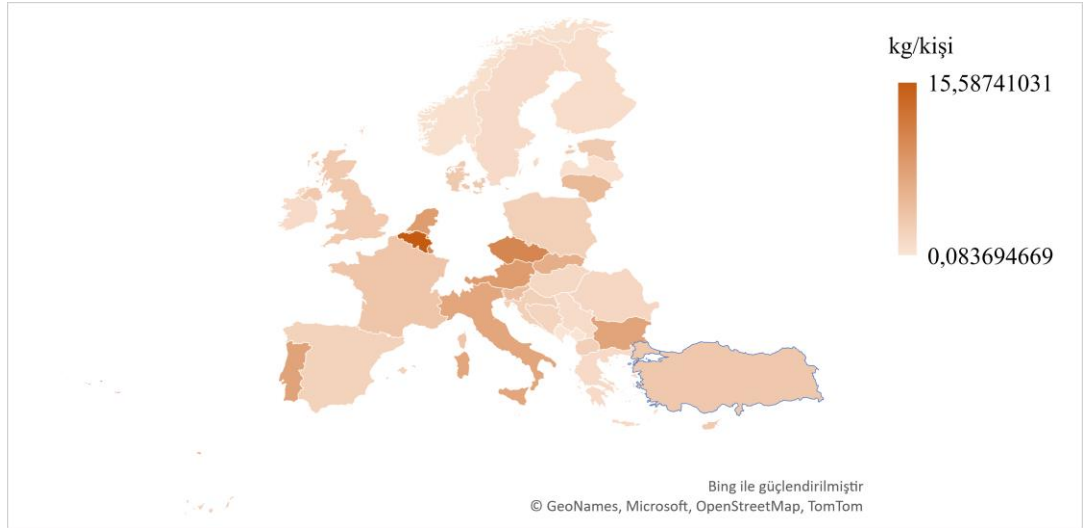


**Şekil 2.13.** İngiltere'de giysilerin atılma, bağışlanma ve satılma nedenleri (WRAP, 2016)

Avrupa Komisyonu'na göre, Avrupalı tüketiciler her yıl yaklaşık 5,8 milyon ton tekstil ürününü atmakta ve sadece %26'sı geri dönüştürülmektedir (Beasley ve ark., 2014). Şekil 2.14 ve Şekil 2.15'te gösterildiği üzere 2020 yılı verileri baz alınarak yapılan hesaplamada Avrupa'da kişi başına en çok atık üreten Belçika'da 15,587 kg, Karadağ'da 0,083, Çin'de 18,426 kg, Amerika'da 51,6 kg, Avustralya'da 31,176 kg, Türkiye'de 3,291 kg tekstil atığı üretilmiştir (Eurostat, 2023a; Eurostat 2023b).

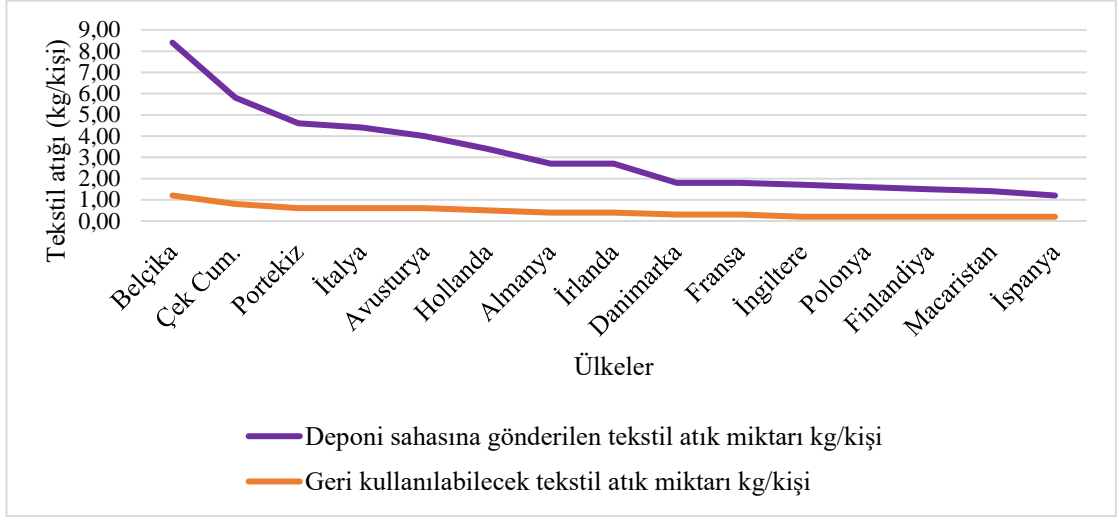


**Şekil 2.14.** Ülkelerin kişi başı ürettiği yıllık tekstil atık miktarı (Eurostat, 2023a; Eurostat 2023b)



**Şekil 2.15.** Avrupa'nın kişi başı ürettiği yıllık tekstil atık miktarı (Eurostat, 2023a; Eurostat 2023b)

Şekil 2.16'da gösterildiği üzere Belçika'da 2016 yılında 8,4 kg/kişi tekstil atığı deponi sahasına giderken yeniden kullanılabilir nitelikte olan tekstil atığı miktarı 1,2 kg/kişi'dir (STATISTA,2022). Çin'de depolama sahasına giden atık miktarı 14,50; Amerika'da 29,30 kg/kişidir (Bukhari ve ark., 2018).



**Şekil 2.16.** 2016 yılı geri kullanılabilir nitelikte olan tekstil atıkları ve depolama sahalarına gönderilen tekstil atık miktarı kg/kişi (STATISTA, 2022)

Avrupa’da kullanılmış giysilerin yarısından azını ayrı toplanmakta, bir kısmı ikinci el pazarında satılmakta ve yalnızca %1’i geri dönüştürülerek yeni giysilere dönüşmektedir, geriye kalanlar tekrardan kullanılmak veya işlenmek üzere az gelişmiş ülkelere ihraç edilmektedir (Nikolina, 2019). Gelişmiş ülkeler tekstil atıklarını, az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelere ihraç etmektedir. Bir EEA brifingine göre, 2019 yılında kullanılmış tekstillerin %46’ sı Afrika’da yaşamını tamamlarken, %41’i Asya’da, %11’i üye olmayan AB ülkelerinde tamamlamıştır (Köhler ve ark., 2021). İhraç edilen tekstillerin alıcı ülkelerdeki kaderi, sınırlı bilgiye ve objektif kanıtlara sahip olduğundan ve belli bir noktaya kadar takip edilebilir olması nedeni ile oldukça belirsizdir (EEA, 2023).

Tekstil atıkları, tüketici öncesi üretilen proses atıkları, tüketici sonrası üretilen atıklar olarak sınıflandırılabilir. Tüketici öncesi üretilen genel atık türleri Çizelge 2.9 ‘da gösterilmiştir.

**Çizelge 2.9.** Tüketici öncesi üretilen genel atık türleri ve kodları (Eurostat, 2010; Ghaly ve ark., 2014; Pagga ve ark.,1986)

<b>Atıklar</b>	<b>Atık kodları</b>
Doğal ürünlerden elde edilen organik madde (örneğin gres yağı, mum)	04 02 10
Kompozit malzemelerden kaynaklanan atıklar (emprenye edilmiş tekstil, elastomer, plastomer)	04 02 09
04 02 14 dışındaki perdah işlemlerinden kaynaklanan atıklar	04 02 15
04 02 16 dışındaki boyarmaddeler ve pigmentler	04 02 17
04 02 19 dışındaki tesis içi atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar	04 02 20
İşlenmemiş tekstil liflerinden kaynaklanan atıklar	04 02 21
İşlenmiş tekstil liflerinden kaynaklanan atıklar	04 02 22
Başka türlü belirtilmeyen atıklar (fularlama flotte atıkları, şardonlama atıkları)	04 02 99
Başka bir şekilde tanımlanmamış atıklar (Baskı patları)	08 03 99
Kağıt ve karton ambalaj atıkları	15 01 01
Plastik ambalaj atıkları	15 01 02
Tekstil ambalaj atıkları	15 01 09
Organik çözücüler içeren terbiyeden kaynaklanan atıklar	04 02 14*
Tehlikeli maddeler içeren boyarmaddeler ve pigmentler	04 02 16*
Tehlikeli maddeler içeren tesis içi atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar	04 02 19*
Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri, yağ filtreleri, temizleme bezleri, koruyucu giysiler	15 02 02*
Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	15 01 10*
Gaz arıtımından kaynaklanan sulu sıvı atıklar ile diğer sulu sıvı atıkları	19 01 06*
Sentetik motor, şanzıman ve yağlama yağları	13 02 06*
Yağ filtreleri	16 01 07*

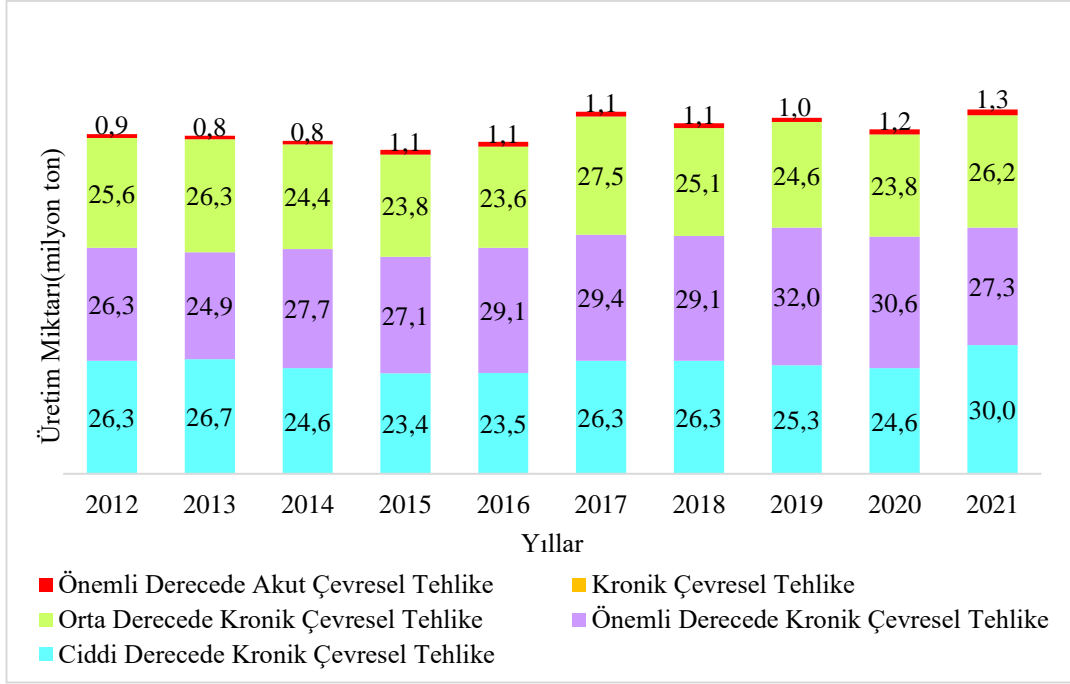
Atıkların enerji geri kazanımı amacı ile yakılması, tekstil atık yönetimlerinden biridir. Örneğin, Burberry, H&M, Cartier gibi büyük giyim firmaları, güvenlik ya da enerji geri kazanımı gibi amaçlara dayandırarak satılmayan ürünlerini yakma kararı almıştır (Lieber, 2018). Ancak giysilerin yakılmasıyla elde edilen enerjinin, giysileri üretmek için gereken enerjiyi dengelemek için genellikle beklentiyi karşılamadığı gibi havaya salınan sayısız kimyasal gazın küresel iklim değişikliğine katkı sağladığı ve canlı sağlığına olumsuz etki yarattığı bildirilmektedir (Lieber, 2018).

## **2.5. Tekstil Kimyasının Yasal Mevzuat Gelişimi**

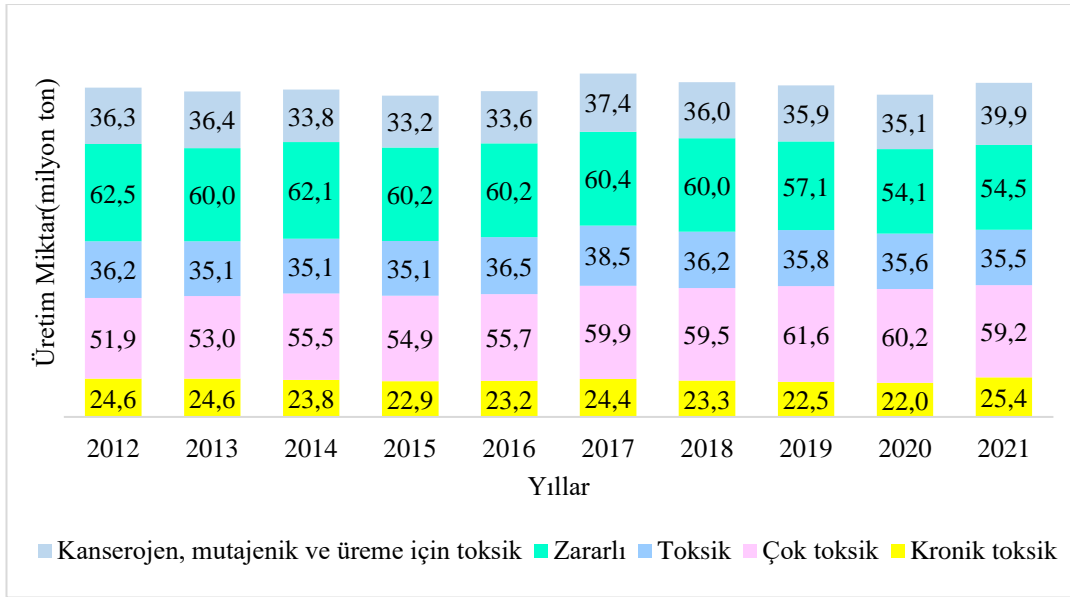
Tekstil sektörünün çok kademeli oluşu etki düzeyini genişletmektedir. Tekstili en çok etkileyen girdilerden biri olan kimyasallar, hükümetlerin, yerel yönetimlerin ve sivil toplum kuruluşlarının kurallar koyma açısından ilk yöneldiği konulardan biri olmuştur.

Tekstilde kullanılan kimyasalların zararlılıklarının farkında olunulmasına rağmen bilgi yetersizliği ve doğaya karşı sorumluluk hissedilmemesinden dolayı ancak 1990 yılında ele alınabilmiştir (Nimkar, 2018). Doğal kaynakların tükenmeyecek gibi kullanılması, kimyasalların çevre ve canlı sağlığına etkilerinin göz ardı edilmesi, sadece ekonomiye ve tüketime dayalı yönetim modelleri, ilerleyen yıllarda dünyanın kaderinde geri dönüşü olmayan tahribatlar yaratmıştır. Günümüzde tüketim alışkanlıklarının, beklentilerin ve ortam şartlarının değişmesi ile birlikte hızlı moda trend haline gelmiştir. Süregelen düzende doğanın kapasitesi, sektörün tüketimini ve çıktılarını karşılayamadığından lokal ve uluslararası düzeyde adımlar atılmaya başlanmıştır. Ülkeler getirilen kısıtlamalara sadık kalsalar da tekstil ağının çok geniş olduğu ve diğer ülkeden gelen ürünlerin getirdiği risklerin göz ardı edilemeyeceği açıktır.

Artan nüfus ile birlikte üretim talebi artmış ve kimyasal üretimi 1930 yılından 2000'li yıllara gelince 400 kat artarak eksponansiyel bir şekilde artış göstermiştir (REACH, 2006). Avrupa'da son yıllardaki çevreye zararlı kimyasalların üretim miktarı fazla değişmese de ciddi derecede kronik çevresel tehlike özelliği gösteren kimyasalların üretiminde artış gözlemlenmiştir (Şekil 2.17) Üretilen kimyasallar sağlık açısından değerlendirildiğinde ise, toplam üretimde büyük bir dalgalanma yaşanmasa da kanserojen, mutajenik ve üreme için toksik etki gösteren kimyasalların üretimi en yüksek değerini görmüştür (Şekil 18).



Şekil 2.17. Avrupa’da çevre zararlı kimyasal üretim miktarı (EUROSTAT, 2022c)



Şekil 2.18. Avrupa’da sağlığa zararlı kimyasal üretim miktarı (EUROSTAT, 2022d)

Antibakteriyel kimyasallarda bulunan tri butyl tin, yumuşatıcılarda kullanılan alkil fenol etilen oksit kondensatları, per floro karbon bileşikleri, yağ itici aprede ve kırıksız apre reçinelerinde formaldehit ve alev geciktirici kimyasallarda kullanılan klorlu ve bromlu

kimyasallarda, kanserojen azo boyalarda, pentaklorofenol, alerjenik boyaların kullanımı, formaldehit, nonil fenol etoksilatlar, ftalatlar ve ağır metaller gibi maddelerin etkileri haklarındaki çalışmalar sonucu yasaklı veya kısıtlanan maddeler listelerine eklenmiştir (Nimkar, 2018). Bazı yerel ve uluslararası otoriteler yönetmelikler, standartlar ve yasalar ile kimyasallar hakkında kısıtlayıcı, yasaklayıcı önlemler almışlardır (Çizelge 2.10).

**Çizelge 2.10.** Kimyasallar hakkında alınmış ulusal kararlar (Nimkar, 2018; ECHA, 2021)

<b>Mevzuat</b>	<b>Ülke</b>
Kimyasalların Kaydı, Değerlendirme İzni ve Kısıtlanması (REACH)	AB
Biyosidal Ürün Yönetmeliği (BPR)	AB
Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanmasına İlişkin Yönetmelik (CLP)	AB
Kalıcı Organik Bileşikler Hakkında Yönetmelik (POPs)	AB
Kimyasal Ajanlar ve Kanserojenler, Mutajenler veya Üreme Toksik Maddeler Direktifi (CAD/CMRD, OELs)	AB
Zehirli Maddeler Kontrol Yasası (TSCA)	ABD
Tüketici Ürün Güvenliğini İyileştirme Yasası (CPSIA)	ABD
1986 Tarihli Güvenli İçme Suyu Uygulaması ve Toksiklik ile Mücadele Yasası (Kaliforniya Önergesi 65)	ABD
Çocuklar İçin Güvenli Ürün Yasası	ABD
Kanada Çevre Koruma Yasası	Kanada
Kimyasal Maddeler Kontrol Yasası	Japonya
Kendi Kendini Düzenleyen Güvenlik Onay Yasası	Güney Kore
Ürünlerdeki Maddelerin Sınırlanmasına İlişkin Düzenlemeler	Norveç
Kimyasal Risk Azaltma Yönetmeliği	İsviçre
Kimyasalların Kaydı, Değerlendirmesi, İzni ve Kısıtlanması Yönetmeliği (KKDİK)	Türkiye
Çevrenin Korunması Yönünden Kontrol Altında Tutulan Kimyasalların İthalat Denetimi Tebliği	Türkiye
Biyosidal Ürünlerin Kullanım Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik	Türkiye

Tabloya ek olarak, tekstil hakkında AB’de çıkarılan Genel Ürün Güvenliği Direktifi (GPSD), Giyim/Tekstil EN Standartları, Tekstil Etiketleme ve Elyaf Bileşimi Yönetmeliği; ABD’de çıkarılan Genel Uygunluk Sertifikası (GCC), Federal Tehlikeli Maddeler Yasası (FHSA), ASTM Tekstil Standartları geliştirilmiştir.

Greenpeace’in Çin için oluşturduğu DETOX kampanyasından etkilenilerek hayata geçirilen ZDHC (Tehlikeli Kimyasalların Sıfır Deşarjı) inisiyatifi, üretilen maddelerin ham maddelerinin ve üretim sonucu çeşitli interaksyonlar ile tehlikeli ürünlerin ya da



yan ürünlerin havaya, suya, toprağa geçişini engelleyerek moda sektörünü sürdürülebilirlik yolunda detoksifiye etmek için oluşturulmuştur (SAICM, 2019).

İsviçre menşeli bir standart kuruluşu olan Bluesign, tüm tedarik zincirini kaynak verimliliği tüketici güvenliği hava emisyonu, su emisyonu iş sağlığı ve güvenliği açısından tüm akışları detaylı şekilde incelemekte ve problemleri kaynağında önlemeyi hedeflemektedir (Bluesign, 2021).

OEKOTEX standardı ise ürünün üretimi ve kullanımı sırasında çevre ve insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkileri konusunda üreticinin zararsız üretim beyanını bağımsız olarak objektif kanıtlar ile doğrulamayı, tüketiciyi doğru bir şekilde yönlendirmeyi amaçlamaktadır (Teli, 2016.)

GOTS standardının felsefesi, tekstil ürünlerinin beşikten etiketleme sürecine kadar organik statüsünü sağlamak için sorumlu üretim ve tüketim anlayışı ile gereksinimleri tanımlayarak son tüketiciye güvence sağlamaktadır. Sentetik olmayan gübreler, doğada kalıcı olmayan ilaçlar, genetiği değiştirilmiş organizmaların kullanılmaması ve sosyal çıkarların da gözetilerek organik üretim modellerinin hayata geçirilmesi amaçlanmaktadır (GOTS, 2021).

INDITEX grubu ise yaptığı uluslararası kararlar ve SEDEX, BSCI gibi platformları baz alarak yaptığı sosyal uygunluk denetimleri ile tedarikçilerini şeffaf bir şekilde geliştirmek ve tedarik ağını sürdürülebilir kılmak için hizmet vermektedir.

## **2.6. Çevresel Etkinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler**

### **2.6.1. Karbon Ayak İzi**

Doğanın kendi yapısında da bulunan su buharı, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) azot oksit (N<sub>2</sub>O); endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kükürt hekzaflorür (SF<sub>6</sub>), azot triflorür (NF<sub>3</sub>), diğer

soğutucu gazlar sera gazları olarak kabul edilmektedir. Toplam antropojenik sera gazı etkisinin yaklaşık %80-90'ını karbon dioksit, % 5-10'unu metan, azot oksit metandan biraz daha az olmak üzere diğer tüm gazlar kalan yüzde birkaçını oluşturmaktadır(Bernstein ve ark., 2008). Karbondioksit gazı ısıyı emme özelliği ile dünya sıcaklık dengesi için en önemli gazların başında gelmektedir(Carbon Trust, 2010). Karbon dioksit gazı, süreçteki en baskın gaz olduğu için diğer gazlar, belirli katsayılar ile çarpılarak CO<sub>2</sub> eş değeri cinsinden ifade edilmektedir. Tüm sera gazları aynı etkiyi sağlamadığından sera gazlarının etkilerini kıyaslayabilmek için de küresel ısınma potansiyeli adında bir kavram geliştirilmiştir. Küresel ısınma potansiyeli, 1 ton gaz salımının, 100 yıl periyodunda atmosferde ne kadar ısı tutacağı ile ilgili bir ölçü olmakla birlikte değerinin artması küresel ısınmaya daha fazla katkı sağlayacağı anlamına gelmektedir. Örneğin CH<sub>4</sub> gazı, CO<sub>2</sub>'in 28 katı daha fazla ısınmaya etki etmektedir (Çizelge 2.11).

**Çizelge 2.11.** Küresel ısınma potansiyelleri (Lee ve ark, 2023)

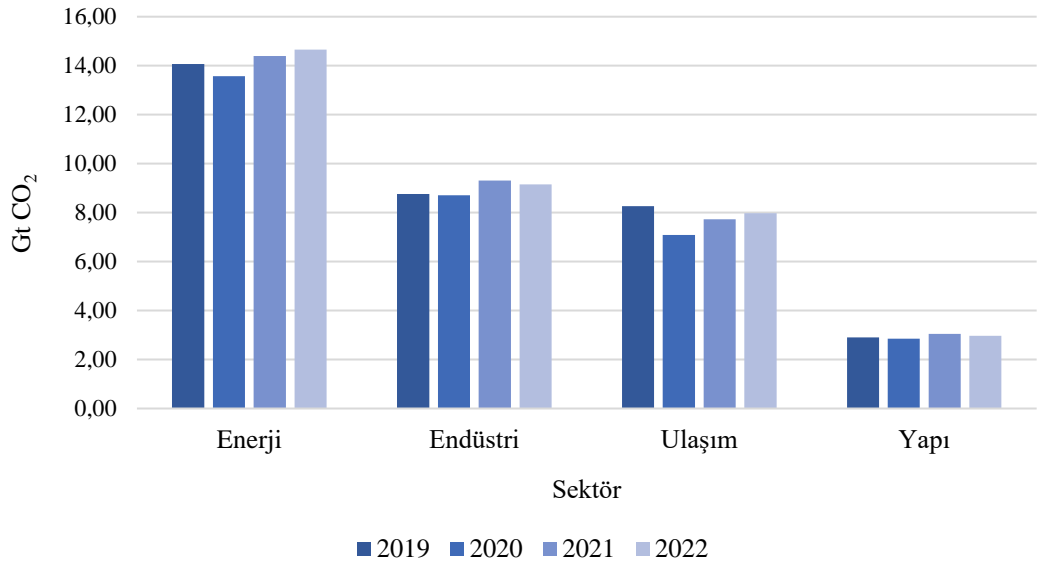
Sera Gazı	Orta
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	28
N <sub>2</sub> O	273
SF <sub>6</sub>	25.200
R22	1.960
HFC32	771
HFC600A	3
HFC134A	1.530
R410A	2.255,5
R606A	1.624,2
R407C	1.907,9

Sanayi devriminde fosil yakıt desteği ile makineleşmeye geçiş süreci, doğanın özümseyebileceği sera gazı miktarını aşarak dünyanın olması gerekenden daha sıcak hale gelmesini sağlamıştır. Sanayi devriminden önce 280 ppm civarında olan CO<sub>2</sub>, günümüzde 400 ppm seviyesini aşmıştır (Ritchie ve ark., 2020; Lindsey, 2019). Dünyanın

sıcaklığındaki artış ve sera gazı konsantrasyonları arasındaki doğrusal bağlantının kesin olduğu belirtilmektedir (Lacis ve ark., 2010).

Karbon ayak izi kavramı, uygulayıcının belirlediği bir sınır dahilinde bir birey, kuruluş, süreç, ürün veya olay tarafından atmosfere salınan karbondioksit cinsinden sera gazı miktarıdır (Pandey ve ark., 2011). Kuruluşların faaliyetleri sonucu çevreye verdiği tahribatı belirleyebilmeleri için benimseyebilecekleri birçok uluslararası standart vardır. En çok tercih edilen düzenleyici çerçeveler, GHG Protokolü, ISO 14064-1 ve ISO/TR 14069, ISO 14067, PAS 2050 ve PAS 2060'dır (Inaba ve ark., 2016).

Karbon ayak izi birincil doğrudan ya da dolaylı olarak oluşan emisyonlardan ibarettir. Fosil yakıt tüketimi kaynaklı salınan emisyonlar, satın alınan enerji, soğutucu gaz kullanımı, nakliye süreçleri, atık süreçleri ve iş seyahatleri değerlendirilmektedir. Karbon ayak izi hesaplama yöntemleri ile doğaya ne kadar tahribat verildiği öğrenmek mümkündür (Özsoy ve ark., 2015).

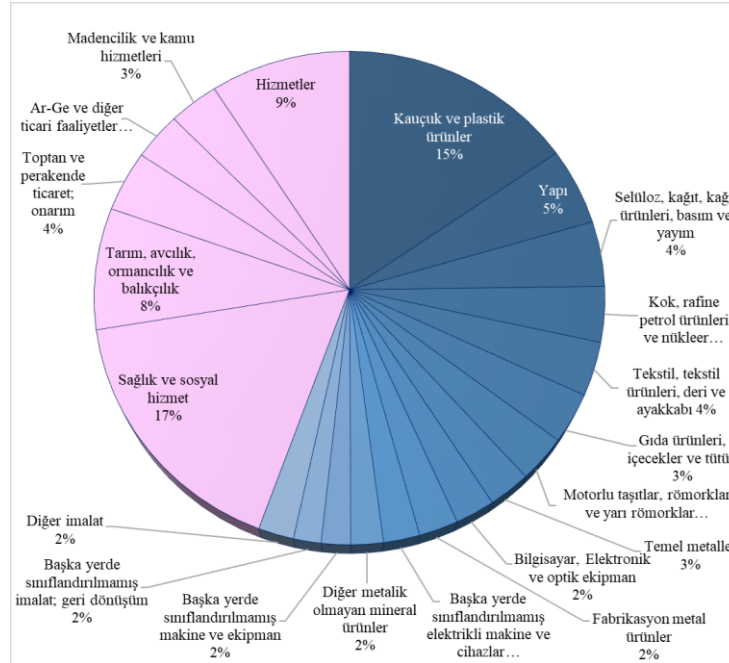


**Şekil 2.19.** 2019-2022 yıllarında sektörlerin ürettiği sera gazı miktarı (IEA, 2023)

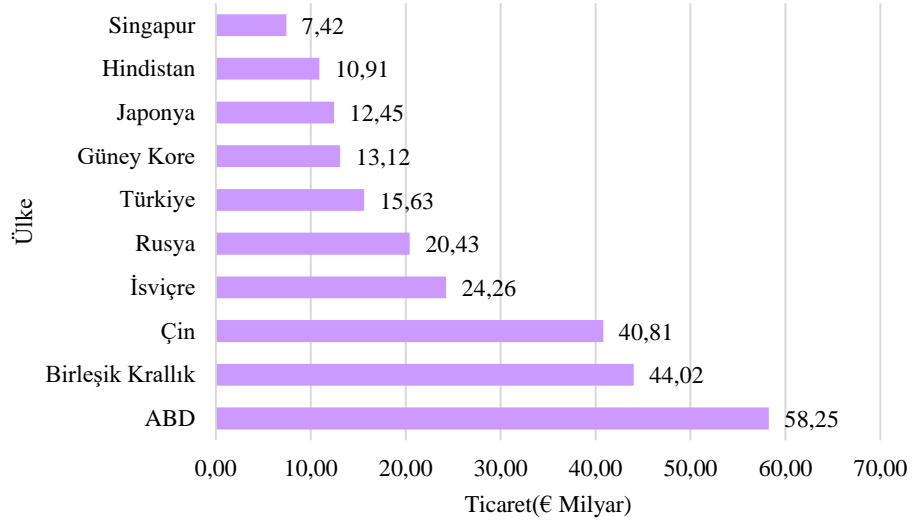
## 2.7. Tekstil Kimyasının Gelişimi

Tekstil üreticileri ve tüketicilerinin beklentilerinin karşılanması amacı ile Sanayi Devrimi'nden bu yana birçok kimyasal türetilmiştir. Kimya sanayi, plastik, ilaç, kozmetik, boya, inşaat, tarım, patlayıcı üretimi gibi birçok alanda nihai ürünlerin yanı sıra, pek çok sektöre de ara ürün ve ham madde temini sağlayan bir sektördür (Sanayi Bakanlığı, 2020). Türkiye'de doğal kaynak rezervlerinin fazla olmamasından kaynaklı, kimya sektörü dışa bağımlıdır. Türkiye'de, ham madde kapsamında petrol bazlı kimyasallar; ara ürün türünde ise boya, sentetik lif, gübre, soda gibi ürünlerin imalatı gerçekleştirilmektedir. Nihai ürün olarak ise deterjan ve kozmetik ürünler büyük paya sahiptir (Sanayi Bakanlığı, 2020).

Avrupa'daki kimyasalların yarısından fazlasının endüstriyel kullanım için üretildiği bildirilmektedir ve tekstil sektörü yaklaşık %5'lik bir paya sahiptir (Şekil 2.20). Avrupa Birliği'nin en iyi 10 ortağı, Avrupa kimyasal ticaretinin 2/3'ünü oluşturmaktadır ve Türkiye 6. sırada yer almaktadır (Şekil 2.21).



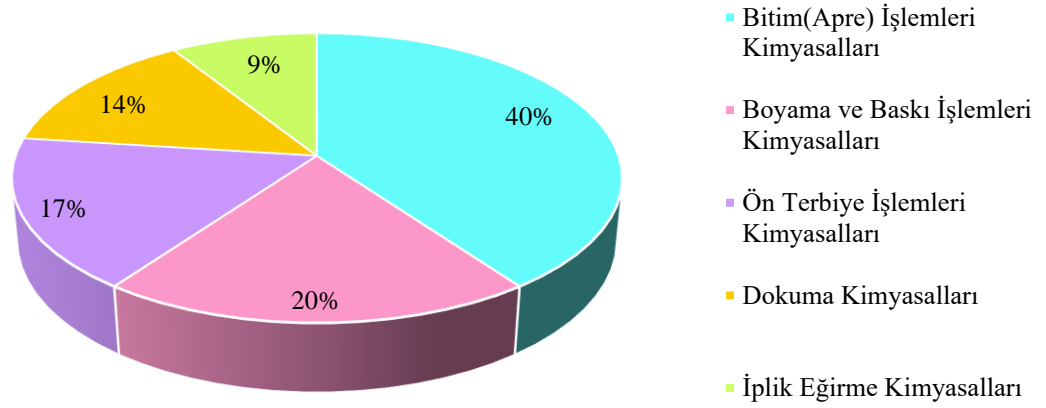
Şekil 2.20. Kimya sanayinin etki ettiği sektörler (Oxford Economics, 2019)



**Şekil 2.21.** 2021 yılında AB-27 kimyasal ticaretini oluşturan ortak ülkeler (CEFIC, 2023)

## 2.8. Tekstil Yardımcı Kimyasalları

Tekstil endüstrisi, beklentileri karşılamak için sürekli olarak inovatif üretim teknikleri geliştirmektedir. Bu ürünlerin doğa ile dengeli bir şekilde geliştirilmesi için yeşil kimya süreçleri sistemlere entegre edilmektedir. Günümüzde giysilerden sadece kaliteli olması gibi geleneksel işlevler talep edilmemekle birlikte giysilerin sürdürülebilir kaynaklar ile üretilmiş, en olağanüstü durumlarda bile koruyuculuk ve konfor sağlayan materyaller olması beklenmektedir. Bu amaçlara hizmet edebilmek adına kimya endüstrisi, kumaşları fonksiyonel özelliklere sahip teknik bir yapıya dönüştürmek için yüksek özellikli tekstil terbiye kimyasalları geliştirmektedir. Tüm tekstil kimyasalları içinde en büyük payı %40 oranı ile bitim işlemlerinde kullanılan kimyasallar oluşturmakla birlikte apre kimyasallarını, boya/ baskı yardımcı maddeleri ve ön terbiye kimyasalları takip etmektedir (Şekil 2.22).



**Şekil 2.22.** Tekstil yardımcı kimyasallarının kullanım alanları (Schindler ve ark., 2004)

### 2.8.1. Bitim (Apre) Yardımcı Kimyasalları

Tekstil endüstrisinde apreleme genellikle son aşamada gerçekleştirilmektedir ve bu işlemin sonucunda tekstil materyalleri çeşitli işlevsel ve üretime özgü özellikler kazanmaktadır (Paul, 2015). Aynı amaç için kullanılan yardımcı kimyasal maddeler bile üretimde kullanılan ham maddenin ve özel katkı maddelerinin cinsi, reaksiyon tipi ve derecesi, karışımı oluşturan bileşiklerin oranları gibi faktörler yüzünden yapısal farklılıklar gösterirler.

Apre uygulamalarında dikiş kolaylığı sağlayan yumuşatıcı formülasyonları, dikiş açma önleyiciler, antistatikler, antibakteriyeller, çapraz bağlayıcılar, yumuşatıcılar, sertlik ve dolgunluk sağlayıcılar, güç tutuşurlar, florokarbonlar ve çapraz bağlayıcılar, hidrofilleştiriciler, mikrokapsüller, reçine apreleri ve katalizörler, reçineler, silikonlu yumuşatıcılar, silikonlar, kolay kir uzaklaştırma, su iticiler, eğirme yağları gibi fonksiyonel kimyasallar kullanılmaktadır.

### 2.8.2. Yumuşatıcılar

Yaklaşık yarım asır önce, kumaş hissini, yapısını, işlenebilirliğini ve kokusunu geliştirme isteği, kumaş yumuşatıcıları ön plana çıkarmıştır. Yirminci yüzyılın başlarında, boyama sonrası yapay elyaf hissini doğal hisse çeviren, pamuk yumuşatıcılar olarak bilinen müstahzarlar geliştirilmiştir (Nair ve ark., 2019). Yumuşatıcılar, yapılarındaki fonksiyonel grupların doğasına bağlı olacak şekilde katyonik, anyonik ve noniyonik yumuşatıcılar olarak kategorize edilebilmektedir (Javadi ve ark., 2013).

Günümüzde yumuşatıcı tercihleri kusursuz performansı ile silikonlu yumuşatıcılara doğru yönelse de yüzey aktif yumuşatıcılar için eğilim, noniyonik ve katyonik bileşikler de oldukça fazla tercih edilen yumuşatıcılardandır. Yumuşatıcıların bir diğer en önemli avantajı ise farklı ürünler veya prosesler ile kombin edilebilir oluşudur. Noniyonik yumuşatıcıların yıkamaya karşı dayanıklılıkları katyonik yumuşatıcılar ile aynıdır. Yağ asitleri, yağ esterleri ve yağ amidleri gibi non-iyonik yüzey aktif maddeler bu gruba girmektedirler. Katyonik yumuşatıcıların daha kalıcı bir yumuşaklık performansı gerçekleştirdiği bildirilmektedir (Schönberger ve ark., 2003).

Katyonik yumuşatıcılar, selülozik tekstil ürünlerine yumuşak hissiyat vermek amacı ile kullanılmaktadır. Genel formülleri  $RNH, HX$  ( $R = \text{alkil}, X = \text{klorür, asetat, glikolat}$  olarak bilinmektedir (Colby ve ark., 1978).

Çoğu kumaşa karşı sınırlı dayanıklılıkları ve düşük yumuşatma etkileri nedeniyle, anyonik yumuşatıcılar artık tekstilde tercih edilmemektedir.

Noniyonik yumuşatıcılar,  $R (OC, H), OH$  veya  $R (C, H), OOH$  ( $R = \text{alkil}$ ) genel formüllerine sahip olabilmektedir (Riaz, 2018). Bu tip yumuşatıcılar, aktif bileşen olarak parafinler, uzun zincirli alkoller, etoksillenmiş yağ alkollerini veya aminler ve okside polietilen mumlar gibi noniyonik gruplara sahiptir (Schönberger ve ark., 2003).

Katyonik yumuşaticıların, sucul ekosistem için toksik etkiye sahip olduğu bildirilmektedir. Silikon ve vaks yapılar, stabilize edici emülgatörlerin parçalanmasından sonra, arıtma çamuruna adsorbe edilerek çıkış suyundan kısmen de olsa uzaklaştırılabilmektedir. Yumuşaticı formülasyonlarındaki aktif bileşikler, yüksek molekül ağırlıklarına sahip kimyasallar oldukları için uçuculukları düşüktür. Silikonların uçucu özellikte yan ürünler, yumuşaticının üretiminden önce uzaklaştırılmaktadırlar. Ancak ram makinelerinin sıcaklıkları çok yüksek olduğunda, bazı vakslar veya yağ bileşikleri parçalanma eğilimi gösterebilmektedirler (Schönberger ve ark., 2003).

Noniyonik yumuşaticıların aksine, katyonik yumuşaticılarda karşılaşılan en büyük sorunlardan biri optik beyazlatma yapılmış ürünlerde sararma ve renkli ürünlerde renk tonunun değişikliğine yol açma tehlikesinin olmasıdır.

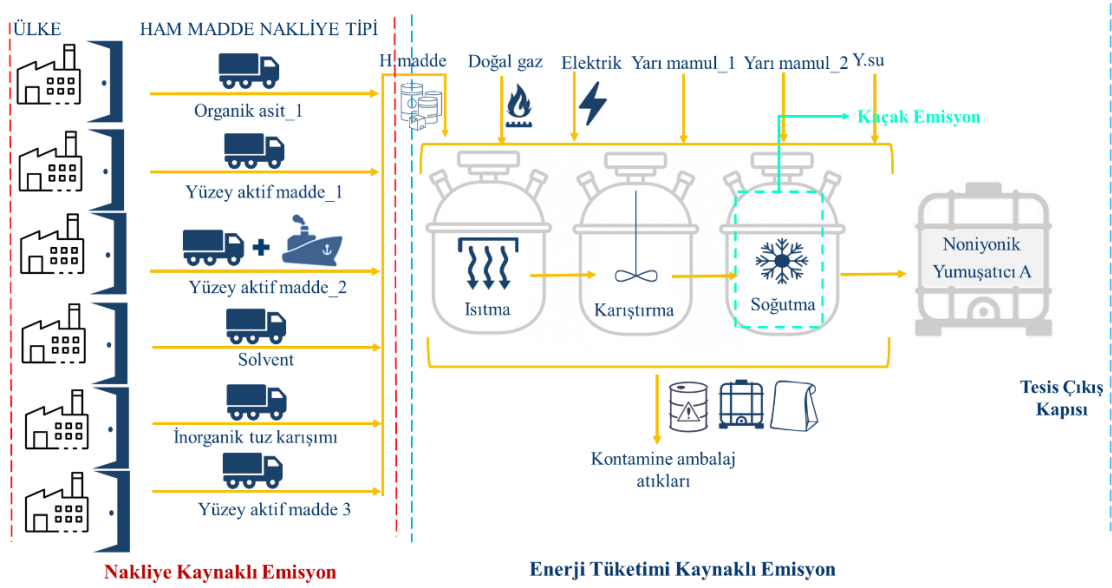


### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

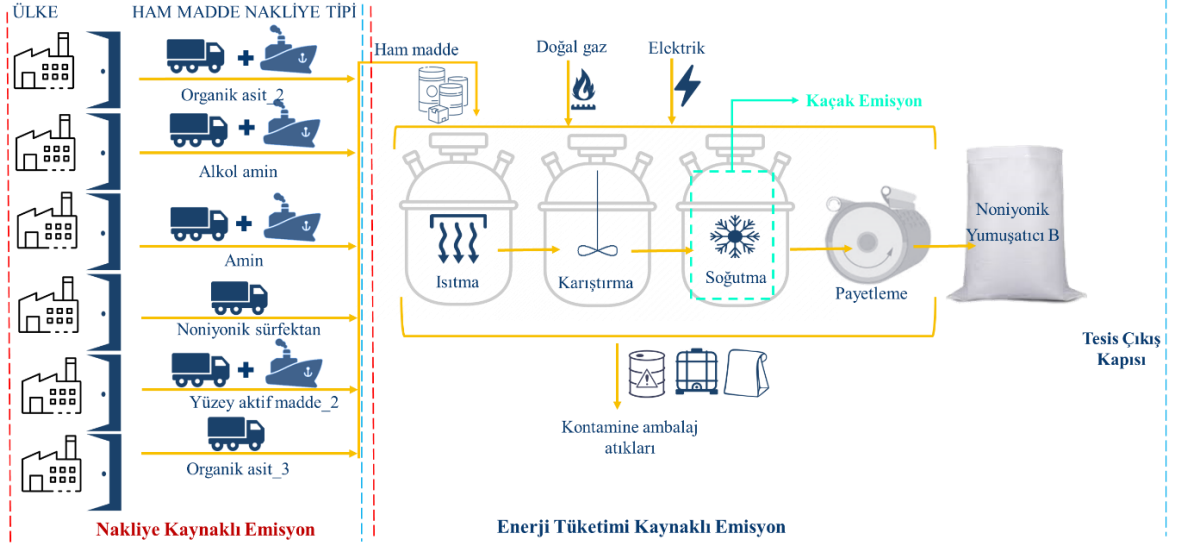
Bu çalışmada, pazar lideri olan ve her çeşit tekstil yardımcı kimyasalları üreten bir kimya tesisinin ürettiği katyonik ve noniyonik özellikte olan 4 adet yumuşatıcısı değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamı için ham madde tedarikçisinin kapısından, kimya tesisinin çıkış kapısına kadar olan sınırlar belirlenmiştir. Hesaplama sırasında ham maddelerin nakliyesi ve üretim süreçleri boyunca açığa çıkan karbon salımları hesaplanmıştır.

Noniyonik yumuşatıcı A adlı ürünün üretimi ısıtma, karıştırma ve soğutma proseslerini kapsamakta ve ürün, amidasyon reaksiyonu ile üretilmektedir. Noniyonik yumuşatıcı A'nın ham madde tedarik süreci, üretim aşamasındaki girdiler ve çıktılar Şekil 3.1'deki gibidir.



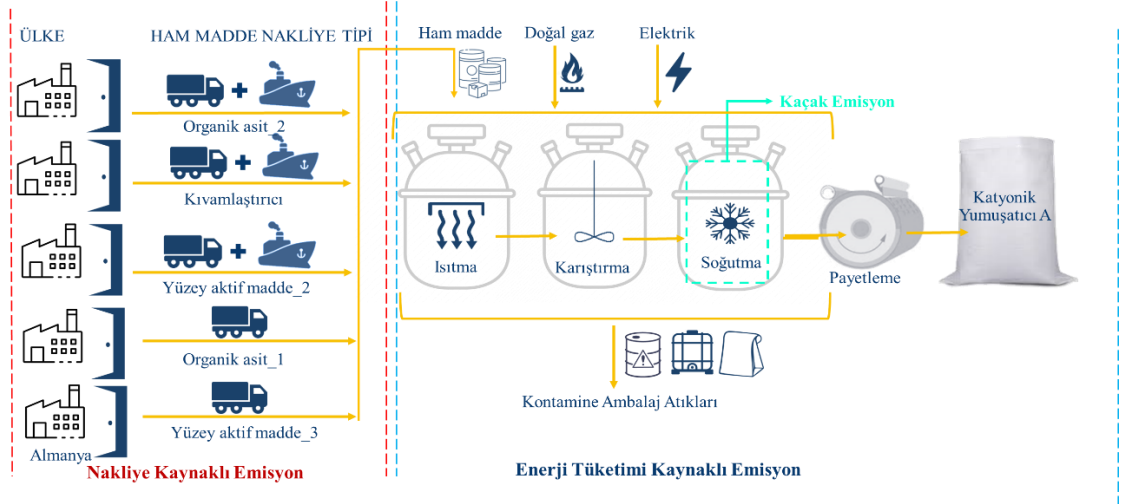
Şekil 3.1. Noniyonik yumuşatıcı A'nın proses akım şeması

Noniyonik yumuşatıcı B adlı ürünün üretimi ısıtma, karıştırma, payetleme(flacker) ve soğutma proseslerini kapsamaktadır. Noniyonik yumuşatıcı B'nin ham madde tedarik süreci, üretim aşamasındaki girdiler ve çıktılar Şekil 3.2'deki gibidir.



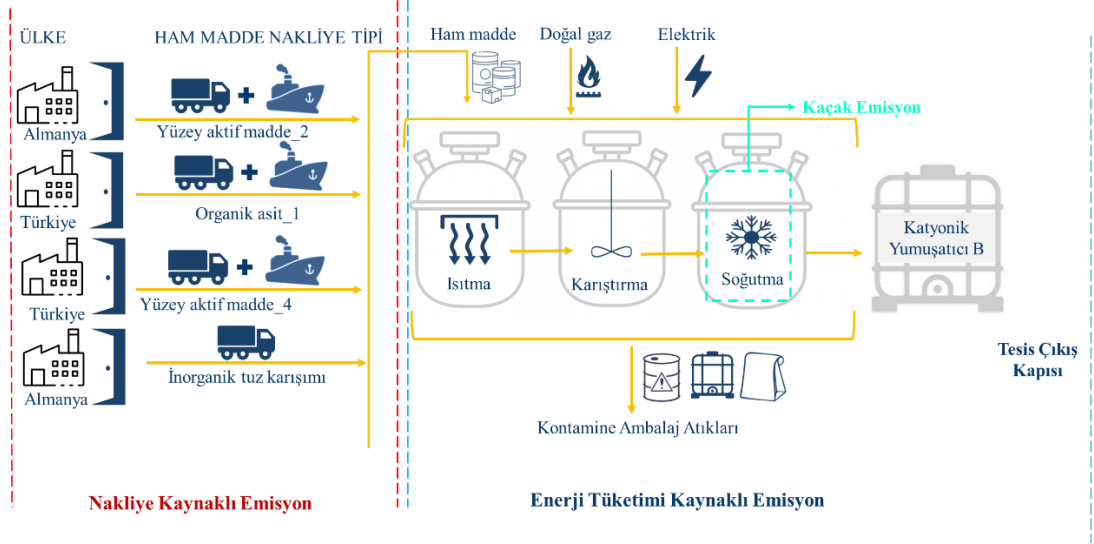
Şekil 3.2. Noniyonik yumuşatıcı B'nin proses akım şeması

Katyonik yumuşatıcı A adlı ürünün üretimi ısıtma, karıştırma, payetleme(flacker) ve soğutma proseslerini kapsamaktadır. Katyonik yumuşatıcı A'nın ham madde tedarik süreci, üretim aşamasındaki enerji, ham madde girdileri ve atık çıktıları Şekil 3.3'teki gibidir.



Şekil 3.3. Katyonik yumuşatıcı A'nın proses akım şeması





Katyonik yumuşatıcı B'nin üretim prosesinin akım şeması Şekil 3.4'teki gibidir. Ürünün üretimi ısıtma, karıştırma, payetleme(flacker) ve soğutma proseslerini kapsamaktadır. Katyonik yumuşatıcı B'nin ham madde tedarik süreci, üretim aşamasındaki enerji, ham madde girdileri ve atık çıktıları Şekil 3.4'teki gibidir.



Şekil 3.4. Katyonik yumuşatıcı B'nin proses akım şeması

Kimyasalların teknik veri formlarından elde edilen özellikleri, Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

**Çizelge 3.1.** Seçilen kimyasalların teknik özellikleri

<b>Kimyasal</b>	<b>Teknik özellikler</b>
<p>Noniyonik yumuşatıcı A</p>  <p>Noniyonik Yumuşatıcı A</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yağ asidi kondenzasyon ürünü</li><li>• Beyazdan beje emülsiyon</li><li>• Sıvı form</li><li>• pH 4-4,3</li><li>• Doğal lifler ve sentetik lifler ile karışımlarında kullanım</li><li>• Selülozik mamuller için şardon yağı</li><li>• Reçine banyolarında kullanım</li><li>• Fular ve çektirme yöntemlerinde kullanım</li><li>• Sararma riskinin olmaması</li><li>• Kirece, sıcağa, aside karşı yüksek dayanım</li><li>• Optik beyazlatıcılar ile kombin edilebilirlik</li></ul>
<p>Noniyonik yumuşatıcı B</p>  <p>Noniyonik Yumuşatıcı B</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yağ asidi kondenzasyon ürünü</li><li>• Açık bejden koyu beje payet</li><li>• Katı form</li><li>• pH 3,5-5,5</li><li>• Doğal lifler ve sentetik lifler ile karışımlarında kullanım</li><li>• Sararmaya yüksek dayanım</li><li>• Fular ve çektirme yöntemlerinde kullanım</li><li>• Optik beyazlatıcılar ve diğer maddeler ile kombin edilebilirlik</li><li>• Uçucu özelliğinin olmaması</li></ul>
<p>Katyonik yumuşatıcı A</p>  <p>Katyonik Yumuşatıcı A</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yağ asidi kondenzasyon ürünü</li><li>• Açık bej payet</li><li>• Katı form</li><li>• pH 4-5</li><li>• Tüm mamullerde kullanım</li><li>• Yün ve karışımlarında şardonlama maddesi olarak kullanım</li><li>• Fular ve çektirme yöntemlerinde kullanım</li><li>• Akriolik mamullerin boyama banyolarında kullanım</li><li>• Reçine banyolarında dayanıksızlık</li><li>• Uçucu özelliğinin olmaması</li></ul>
<p>Katyonik yumuşatıcı B</p>  <p>Katyonik Yumuşatıcı B</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yağ asidi kondenzasyon ürünü</li><li>• Tüm elyaf tiplerinde kullanım</li><li>• Beyazdan beje hafif viskoz sıvı</li><li>• Sıvı form</li><li>• pH 3-4</li><li>• Optik beyazlatıcılar ve anyonik maddeler ile uyumsuzluk</li><li>• Aside ve sert duya dayanım</li><li>• Düşük alkali dayanımı</li><li>• Akriolik mamullerin boyama banyolarında kullanım</li><li>• Uçucu özelliğinin olmaması</li></ul>

2 katyonik, 2 noniyonik yumuşatıcının hayata getiriliş süreci ve iyileştirilebilecek yönleri belirlenmiştir. Üretim proseslerinde karıştırma, ısıtma, soğutma, homojenleştirme, payetleme gibi emisyon kaynakları mevcuttur ve diğer süreçlerle kıyaslanmıştır. Çalışma sonunda yaşam döngüsü değerlendirmesi birimi ile denkleştirilerek bir karşılaştırma yapılmıştır.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, süreçlerin çevresel sonuçlarını beşikten mezara bakış açısı ile geniş bir yelpazede değerlendirdiği güçlü bir araçtır (Kozai ve ark., 2020; Moo-Young, 2019). Yaşam döngüsü değerlendirme için küresel ölçekte yaygın olarak kullanılan SimaPro isimli yazılım, karar vericiler, tasarımcılar ve sürdürülebilirlik çalışmaları yapan kurumlar için ideal bir hesaplayıcıdır.

30 yıllık bir program olan SimaPro, güncel, doğru ve kapsamlı veri tabanları temelleri üzerine kurulmuştur. SimaPro'da EcoInvent başta olmak üzere, Agri-footprint, US Life Cycle Inventory database, ELCD, EU ve Danish Input Output, Industry data 2.0, Swiss Input/Output database gibi veri tabanları mevcuttur.

SimaPro'daki etki değerlendirme yöntemlerinin temel yapısı karakterizasyon, hasar değerlendirme, normalleştirme, ağırlıklandırma, toplama adımlarından oluşmaktadır. Etki metodu belirlerken çalışmanın amacına yönelik yerel ya da küresel metodlar tercih edilmektedir.

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Ürün Karbon Ayak İzi**

Son yıllarda, çevresel etkilerin ölçülebilmesi ve bu etkilere karşı proaktif yaklaşımlar geliştirilmesi şirketlerin itibarında büyük bir rol oynamaktadır. Kurumların sadece ekonomi gibi geleneksel hedefler ile değil, çevre ve sosyal projeler ile ilgili entegrasyonlar yaparak sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlaması beklenmektedir. Kirlettiğini ölçebilmek, yönetebilmek ve dengeleme projeleri yapmak müşterilere

çevresel izi daha düşük ürünler üretebilmek, tesisin verimliliğini artırmak ve bunu yetkili bir onay merciinde doğrularak paydaşlara duyurmak şirketlerin yeni stratejileridir.

Bu kapsamda, şirketler kurumsal ve ürün karbon ayak izi, yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmaları yapmaktadır. ISO 14067:2018 Ürün Karbon Ayak İzi Standardı, seçilen sınır doğrultusunda bir ürünün ham maddesinin çıkarılışından atık yönetimi sürecine kadar olan faaliyetler sonucu atmosfere salınan eş değer CO<sub>2</sub> miktarına ulaşılmasını ve yeşil aksiyonların tasarlanmasını sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, tekstil yardımcı kimyasalları üreten bir tesisin ürettiği noniyonik ve katyonik özellikte olan yumuşatıcılar çevresel etkileri açısından değerlendirilmiştir. Tesisin ithalat, ihracat, nakliye ve üretim verileri kullanılmıştır. Nakliye ve üretim süreçlerinden kaynaklanan emisyon verilerine karbon ayak izi cinsinden ulaşmak, aşamaları ve ürünleri karşılaştırabilmek, alternatif çözümler geliştirebilmek için çalışmada, ISO 14067:2018 Ürün Karbon Ayak İzi Standardı referans alınmıştır.

Sınırlar tedarikçi kapısından, üretimin gerçekleştiği tesisin çıkış kapısı olarak belirlenmiştir. Çalışmada emisyon faktörleri ve sabitler, IPCC 6.basım raporuna, EF DEFRA ve TEİAŞ verileri baz alınarak oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, fonksiyonel birim ton üretim başına 1 ton olarak belirlenmiştir.

2 katyonik, 2 noniyonik özellikte yumuşatıcı seçilerek ürünü hayata getirmek için gerçekleşen süreçler değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sınırları kapıdan kapıya olarak belirlenmiştir.

### **3.2.1.1. Nakliye Kaynaklı Emisyon Değerinin Hesaplanması**

Ham madde satın alma süreçleri, ekonomik ve şirket stratejileri doğrultusunda ilerlemektedir. Genellikle ithal edilen ham maddeler, tedarik zincirlerinin uzun ve

karmaşık olmasından dolayı toplam karbon ayak izinde büyük bir payı oluşturmaktadır. Çalışmada, ithalat verileri tedarikçinin kapısından tesis kapısından çıkışına kadarki süreç detaylı bir şekilde incelenmiş olup, RouteScanner, EF DEFRA ve Google Maps API veri tabanlarından yararlanılmıştır.

Nakliye kaynaklı karbon ayak izi hesabı 3.1. denklemine göre yapılmıştır.

$$\text{NKE (tCO}_2\text{e)} = \frac{\text{Faaliyet Verisi(km)} \times \text{Kara/Deniz Emisyon Faktörü(TKM)}}{1000} \quad (3.1)$$

Burada,

**NKE:** Nakliye kaynaklı emisyon değerinin tCO<sub>2</sub>e cinsinden gösterimini,

**Faaliyet verisi:** km cinsinden kat edilen mesafeyi,

**Kara/Deniz Emisyon Değeri:** 1 ton ürün taşınırken km başına salınan karbon emisyonu değeri (Çizelge 3.2),

**1000:** Emisyon değeri kg cinsinden olduğu için denklemi ton cinsine çevirmeyi ifade etmektedir.

**Çizelge 3.2.** Kara/Deniz Emisyon Faktörü (TKM)

Nakliye Tipi				Emisyon Değeri kg CO <sub>2</sub> e (TKM)
Deniz: Cargo Ship- Container Ship- Average /tkm				0,01614
Kara yolu: HGV (all diesel)	All HGVs	tonne.km	Average laden	0,10614

Nakliye kaynaklı emisyon değeri bulunduktan sonra, üretim sırasında tedarik edilen maddeden kullanılan miktarı ton cinsine çevirerek bulunan emisyon değeri ile çarpılmıştır. Bu şekilde taşıma aracının taşıdığı tüm yük üretici tesise ait olmamakla birlikte sadece sistem içerisinde kullanılan miktarı kadar yükü hesaplanmış olmuştur (Denklemler 3.2.).

$$\text{Nakliye Emisyonu Payı (tCO}_2\text{e)} = \text{Tüketilen miktar(ton)} \times \text{NKE} \quad (3.2)$$

### 3.2.1.2. Üretimde Enerji Tüketimi Kaynaklı Emisyon Değerinin Hesaplanması

Ürün karbon ayak izi değerlendirmesinde sistemin enerji akışı önemli bir rol oynamaktadır. Şirketlerin enerji alanında yaptığı iyileştirmeler karbon ayak izinin azalmasına etkiye bulunmaktadır. Bu çalışmada, üretim proseslerinde yer alan karıştırma, ısıtma, soğutma, payetleme, homojenizatör kullanımı sonucu açığa çıkan karbon emisyonu değerlendirilmiştir. Elektrik ve doğal gaz için tercih edilen emisyon faktörleri Çizelge 3.3'teki gibidir.

**Çizelge 3.3.** Enerji ile ilgili emisyon faktörü değerleri (ETKB,2022; Thistlethwaite ve ark., 2022)

Ulusal Elektrik Emisyon Faktörü (tCO <sub>2</sub> /MW)	0,484
Doğal gaz emisyon faktörü (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0,18

\*EK 1'de detaylı gösterilen tablodan elde edilmiştir.

Elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyon değeri hesabı 3.3. denkleminde gösterildiği gibi yapılmıştır.

$$EKE(tCO_2e) = \frac{\text{Faaliyet Verisi}(kWh) \times \text{Ulusal Elektrik Emisyon Faktörü (tCO}_2/\text{MW)}}{1000} \quad (3.3)$$

**EKE:** Enerji tüketimi kaynaklı emisyon değerinin tCO<sub>2</sub>e cinsinden gösterimini,

**Faaliyet Verisi:** kWh cinsinden elektrik sarfını,

**Ulusal Emisyon Faktörü:** Türkiye için 2022 yılında belirlenmiş elektrik emisyon faktörünün MW cinsinden ifadesini (Çizelge 3.2),

**1000:** Emisyon değeri MW cinsinden olduğu için denklemi kWh cinsine çevirmeyi ifade etmektedir.

Doğalgaz ile ısınma kaynaklı emisyon değeri hesabı 3.4. denkleminde gösterildiği gibi yapılmıştır.



$$DKE (tCO_2e) = \frac{\text{Faaliyet Verisi(kWh)} \times \text{Doğal gaz emisyon faktörü (kgCO}_2/\text{kWh)}}{1000} \quad (3.4)$$

**Faaliyet Verisi:** kWh cinsinden doğal gaz sarfını,

**Doğal gaz emisyon faktörü:** EF DEFRA tarafından belirlenen kWh cinsinden doğal gaz emisyonu faktörünü,

**1000:** Emisyon değeri kg cinsinden olduğu için denklemi ton cinsine çevirmeyi ifade etmektedir.

Soğutma gazı kaynaklı kaçak emisyon hesabı ise Çizelge 3.4 'te verilen değerler ile hesaplanmıştır. Kaçak emisyon değeri ile soğutma prosesi kullanılarak üretilen ürün miktarı ton cinsine çevrilerek çarpılmıştır.

**Çizelge 3.4.** Soğutma gazı kaynaklı kaçak emisyon değerleri

<b>Soğutucu Gaz</b>	R134
<b>Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)</b>	1.530
<b>Soğutucu Gaz Kapasitesi (kg)</b>	220
<b>Soğutucu Gaz Emisyonu (tCO<sub>2</sub>e)</b>	Kapasite*GWP/1000 = 336,6
<b>Toplam Üretim (ton/2021 yılı)</b>	28908,59158
<b>Kaçak Gaz Emisyonu (tCO<sub>2</sub>e/ton)</b>	Soğutucu Gaz Emisyonu/ Toplam Üretim =0,011643597

Bu ürünleri üretmek için gerçekleştirilen nakliye ve enerji yükü de ana üründe olduğu gibi birim ürün başına hesaplanmakta ve ana ürün içerisinde kullanılan miktar ile çarpılmaktadır.

$$YMY (tCO_2e) = \text{Tüketim miktarı (ton)} \times \text{Yarı mamul karbon emisyonu}(tCO_2e/t) \quad (3.5)$$

**YMY:** Ürünün içinde yarı mamul kaynaklı emisyon miktarını,

**Tüketim miktarı:** Ana üründe tüketilen miktarı(ton),

**Yarı mamul karbon emisyonu:** Yarı mamulün üretim ve nakliye süreçlerini kapsayan birim başına üretilen emisyon değerini ifade etmektedir.

Demineralize ve yumuşak su tesis içerisinde üretilmektedir. Tesisin yaptığı çalışma sonucunda çıkan birim karbon emisyonu, proseste kullanılan ton cinsinden su miktarı ile çarpılmıştır.

$$\text{SKE} = \text{Tüketim miktarı (ton)} \times \text{Suyun üretimi kaynaklı emisyon (tCO}_2\text{e/t)} \quad (3.6)$$

**SKE:** Su kaynaklı karbon ayak izini,

**Tüketim miktarı:** Ana üründe tüketilen miktarı(ton),

**Suyun üretimi kaynaklı emisyon:** Suyun üretim ve nakliye süreçlerini kapsayan birim başına üretilen emisyon değerini ifade etmektedir (Çizelge 3.5).

**Çizelge 3.5.** Su üretimi sonucu birim başına üretilen emisyon değerleri

<b>Demineralize Su (tCO<sub>2</sub>e/t)</b>	0,002392
<b>Yumuşak Su (tCO<sub>2</sub>e/t)</b>	0,000972

Süreçlerin hesaplamaları yapıldıktan sonra nihai emisyon değerine ulaşmak için tüm değerler toplanmıştır ve ton cinsinden olmak üzere üretilen miktara bölünmüştür (Çizelge 3.6).

**Çizelge 3.6.** Birim karbon ayak izi hesaplama çizelgesi

<b>Emisyon Kaynakları</b>	<b>Emisyon değeri(tCO<sub>2</sub>e/t)</b>
Elektrik	a
Isıtma	b
Kaçak	c
Nakliye	d
Toplam	a+b+c+d
Birim Ürün Başına(tCO <sub>2</sub> e/t)	a+b+c+d/Üretilen Miktar(ton)

### 3.2.2. Yöntem Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Çalışma kapsamında ürünlerin yaşam döngüsü değerlendirilmesi ile çevre üzerinde bıraktıkları etki, etkilerin çevresel boyutlarının kıyaslanması, anlamlandırılması ve

özellikle iklim değişikliği yönünden ISO 140067:2018 Ürün Karbon Ayak İzi Standardı ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Envanter, ürün karbon ayak izi standardı ile aynı olmakla birlikte, tesis içi çalışmalardan, teknik raporlar ve güvenlik formlarından yararlanılarak oluşturulmuştur. Ürün karbon ayak izi hesabında kimyasalların yapılarından kaynaklı potansiyel etkileri belirleyici olmazken SimaPro'da girdilerin karakteristik özelliklerinin çevrede bıraktığı iz de hesaba katılmaktadır.

Çalışmanın sınırları kapıdan kapıya olarak belirlenmiştir. Fonksiyonel birim 1 kg olarak belirlenmiştir. 1 kg yumuşatıcı ile 62,5 kg kumaş yumuşatma işlemi görmektedir. İşletme verileri belirlenen birime göre uyarlanıp yazılıma girilmiştir.

Bu çalışmada SimaPro(PRe Consultants, Hollanda) yazılımının 8.5.0. sürümü kullanılmış olup, etki metodu olarak da IMPACT 2002+ seçilmiştir. IMPACT 2002+ IPCC, Eco-indicator 99, CML yöntemlerinin bileşkesidir ve oldukça kapsayıcı bir yöntemdir. Metot, yaşam döngüsü değerlendirmesinin yorumlanma aşaması için insan sağlığı, ekosistem kalitesi, iklim değişikliği ve doğal kaynakların ayrı ayrı değerlendirilmesini içermektedir. Bu etki analizi metodunda, aşağıdaki hususlar değerlendirilmiştir:

- Kanserojenler ve Kanserojen Olmayanlar için havaya verilen kg kloroetilen ( $C_2H_3Cl$ ) eşdeğerleri,
- Solunumla ilgili inorganikler için havaya verilen kg PM2.5 eşdeğerleri,
- İyonlaştırıcı radyasyon için havaya verilen Bq C-14 eşdeğerleri,
- Ozon tabakasının incilmesi için havaya verilen kg CFC-11 eşdeğerleri,
- Solunumla ilgili organikler için havaya verilen kg  $C_2H_4$  eşdeğerleri,
- Sucul eko toksisite için suya kg trietilen glikol (TEG) su eşdeğerleri,
- Karasal eko toksisite için toprağa kg TEG toprak eşdeğerleri,
- Karasal asit/nutri için havaya verilen kg  $SO_2$  eşdeğerleri,
- Arazi işgali için  $m^2$  organik ekilebilir arazi,
- Sucul asitlendirme için havaya verilen kg  $SO_2$  eşdeğerleri,
- Sucul ötrofikasyon için kg  $PO_4$  P-lim,
- Küresel ısınma için havaya verilen kg  $CO_2$  eşdeğerleri,

- Yenilenemez enerji için MJ birincil,
  - Maden ekstraksiyonu için MJ fazlası,
- İlgili hasar birimleri ise insan sağlığı için DALY, ekosistem kalitesi için PDF\*m<sup>2</sup>\*yıl, iklim değişikliği için havaya salınan kg CO<sub>2</sub> eq ve doğal kaynaklar için MJ birincil yenilenemez şeklindedir (Humbert ve ark., 2012).

Yorumlama bölümü, Bulgular ve Tartışma kısmında detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

##### 4.1. Ürün Karbon Ayak İzinin Hesaplanması

###### 4.1.1. Noniyonik Yumuşatıcı A

###### 4.1.1.1. Nakliye Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Nakliye kaynaklı emisyonlar Çizelge 4.1 gibidir. Bulunan emisyon değerleri proste kullanılan miktarlar ile çarpılmıştır.

**Çizelge 4.1.** Noniyonik yumuşatıcı A nakliye kaynaklı emisyon değerleri

Ülke	Deniz(km)	Kara(km)	Deniz (TKM)	Kara (TKM)	Emisyon (tCO <sub>2</sub> e/ton)
Türkiye (Yalova)	x	84,3	0,016142	0,10614	0,008947602
İsviçre	x	2415			0,2563281
Almanya_A	6149	35,1			0,102982672
Türkiye (Kocaeli)	x	97,7			0,010369878
Türkiye (İstanbul)	x	142			0,01507188
Almanya_B	x	2039			0,21641946

En yüksek nakliye emisyonu değeri İsviçre'den kara yolu ile gelen 0,05802 tCO<sub>2</sub>e değerine sahip yüzey aktif madde\_2'de görülmüştür (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** Noniyonik yumuşatıcı A ham madde miktarları ve nakliye emisyonları

Toplam Üretim (kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar (kg)	tCO <sub>2</sub> e
18860	Noniyonik yumuşatıcı A	Organik asit_1	216	0,001933
		Yüzey aktif madde_1	120,6	0,030913
		Yüzey aktif madde_2	563,4	0,05802
		Solvent	184	0,001908
			32	0,000332
		İnorganik tuz karışımı	18	0,000271
		Yüzey aktif madde_3	90	0,019478

#### 4.1.1.1. Enerji Tüketimi Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Noniyonik yumuşatıcı A'nın üretiminde ısıtma, karıştırma ve soğutma adımları bulunmaktadır.

Elektrik tüketimi kaynaklı karbon emisyonunun 0,123 tCO<sub>2</sub>e/t değeri ile en çok soğutma adımında olduğu, doğal gaz tüketimi kaynaklı emisyonun da 0,255 tCO<sub>2</sub>e/t değeri ile proses adımlarının içinde en çok emisyon salan adımı olduğu tespit edilmiştir. Karıştırma kaynaklı emisyon 0,016 tCO<sub>2</sub>e/t ile en az katkı sağlayan adımdır (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3.** Noniyonik yumuşatıcı A enerji tüketimi kaynaklı emisyon

Adım	Tüketilen Enerji Miktarı (kWh)	Emisyon Değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Karıştırma	34,73	0,01680932
Isıtma	1418,4	0,255312
Soğutma	255,0972167	0,123467053

#### 4.1.1.2. Yarı Mamul Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul\_1'de nakliye emisyonları Çizelge 4.4'teki gibidir. En yüksek nakliye emisyonu değeri 0,187 tCO<sub>2</sub>e/ton ile Endonezya'da görülmüştür.

**Çizelge 4.4.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 1 nakliye emisyonları

Ülke	Deniz(km)	Kara(km)	Deniz (TKM)	Kara (TKM)	Emisyon (tCO <sub>2</sub> e/ton)
İsveç	7087	35,1	0,016142	0,10614	0,118123868
Almanya	6149	35,1			0,102982672
Endonezya	11354	35,1			0,187001782

Nakliye emisyonu değeri proste tüketilen miktar ile çarpıldığında ise yine Endonezya'dan gelen Organik asit\_2, 0,433 tCO<sub>2</sub>/t ile en çok emisyonu sebep olan ham maddedir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 1'in ham madde miktarları ve nakliye emisyonları

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar(kg)	Emisyon (tCO <sub>2</sub> /t)
2666	Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul_1	Amino alkol	451,8	0,0533124
		Amin	50,41	0,005191356
		Organik asit_2	2316,61	0,43320607

Yarı mamul\_1 üretiminde karıştırma,ısıtma ve soğutma prosesleri mevcuttur. Bütün değerler arasında nakliye en büyük paya sahip olmuştur(Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.6.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 1'in toplam emisyon hesabı

Emisyon Kaynakları	Emisyon değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Elektrik	0,01848396
Doğal gaz	0,0875718
Kaçak	0,031041831
Nakliye	0,491709826
Toplam	0,659849248
Birim ürün başına (tCO <sub>2</sub> e/t)	0,247505344

Birim ürün başına hesaplanan 0,247 tCO<sub>2</sub>e/t değeri 2,666 ton ile çarpıldığında 0,659 tCO<sub>2</sub>e değeri elde edilmiş ve yarı mamulün ana ürüne etkisi bulunmuştur (Çizelge 4.7).

**Çizelge 4.7.** Yarı mamul 1'in ana ürün üzerindeki etkisi

Toplam Üretim (kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar (Kg)	tCO <sub>2</sub> e
18860	Noniyonik yumuşatıcı A	Yarı mamul_1	2666	0,659849248
		Organik asit_1	216	0,001933
		Yüzey aktif madde_1	120,6	0,030913
		Yüzey aktif madde_2	563,4	0,05802
		Solvent	184	0,001908
			32	0,000332
		İnorganik tuz karışımı	18	0,000271
Yüzey aktif madde_3	90	0,019478		

Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul\_2'de nakliye emisyonları Çizelge 4.7'deki gibidir. En yüksek nakliye emisyonu değeri 0,263 tCO<sub>2</sub>e/ton ile Çin'de görülmüştür.

**Çizelge 4.8.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 2 nakliye emisyonları

Ülke	Deniz(km)	Kara(km)	Deniz (TKM)	Kara (TKM)	Emisyon (tCO <sub>2</sub> e/ton)
Çin	16110	35,1	0,016142	0,10614	0,263773134
Türkiye (Kocaeli)	x	135			0,0143289
Türkiye (İstanbul)	x	142			0,01507188

Nakliye emisyonu değerleri ile çarpıldığında Çin'den gelen enzimin 0,017 tCO<sub>2</sub>e ile en fazla emisyon salımına sebep olan ham madde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

**Çizelge 4.9.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 2 ham madde miktarları ve nakliye emisyonları

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar (kg)	tCO <sub>2</sub> e
5000	Noniyonik yumuşatıcı yarı mamul_2	Demineralize Su	4921	0,011772713
		Alkol karışımı	10,00	0,000150719
		Organik asit_1	1,50	2,14934E-05
		Enzim	67,50	0,017804687

Yarı mamul\_2 üretiminde karıştırma prosesi mevcuttur. Bütün değerler arasında 0,0179 tCO<sub>2e</sub>/t emisyon değeri ile nakliye aşaması, en büyük paya sahip olmuştur.

**Çizelge 4.10.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul 2'nin toplam emisyon hesabı

Emisyon Kaynakları	Emisyon değeri(tCO <sub>2e</sub> /t)
Elektrik	0,00131164
Nakliye	0,017976899
Su	0,011772713
Toplam	0,031061252
Birim Ürün Başına(tCO <sub>2e</sub> /t)	0,00621225

Birim ürün başına hesaplanan 0,006 tCO<sub>2e</sub>/t değeri 0,027 ton ile çarpıldığında 0,000168 tCO<sub>2e</sub> değeri elde edilmiş ve yarı mamulün ana ürüne etkisi bulunmuştur (Çizelge 4.11).

**Çizelge 4.11.** Yarı mamul 2'nin ana ürün üzerindeki etkisi

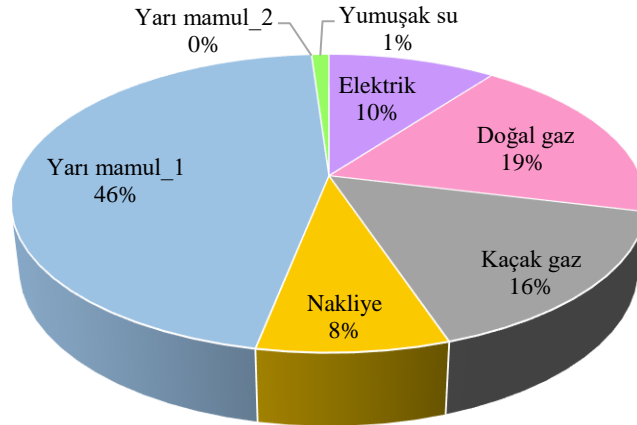
TOPLAM ÜRETİM (kg)	ÜRÜN	HAM MADDELER	MİKTAR (kg)	tCO <sub>2e</sub>
18860	Noniyonik yumuşatıcı A	Yarı mamul_1	2666	0,659849248
		Organik asit_1	216	0,001933
		Yüzey aktif madde_1	120,6	0,030913
		Yüzey aktif madde_2	563,4	0,05802
		Solvent	184	0,001908
			32	0,000332
		İnorganik tuz karışımı	18	0,000271
		Yüzey aktif madde_3	90	0,019478
		<b>Yarı mamul_2</b>	<b>27</b>	<b>0,000168</b>
Yumuşak su	14883,2	0,014462		

Nakliye, yarı mamul, enerji tüketimi, kaçak emisyon değerleri toplandığında 1,371 tCO<sub>2e</sub> değerine ulaşılmış olup üretim miktarına bölüldüğünde birim ürün başına 0,072 tCO<sub>2e</sub>/t değerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.12). En fazla emisyon salımına 0,628 tCO<sub>2e</sub> değeri ile yarı mamul\_1'in oluşturduğu yükün sebep olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4.11).



**Çizelge 4.12.** Noniyonik yumuşatıcı A toplam emisyon değerleri

Emisyon Kaynakları	Emisyon değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Elektrik	0,140276373
Doğal gaz	0,255312
Kaçak gaz	0,219598246
Nakliye	0,112855227
Yarı mamul_1	0,628807417
Yarı mamul_2	0,000167731
Yumuşak su	0,014462018
Toplam	1,371479012
Birim Ürün Başına(tCO <sub>2</sub> e/t)	<b>0,07271893</b>



**Şekil 4.1.** Noniyonik yumuşatıcı A'nın emisyon değerini oluşturan girdiler

#### 4.1.2. Noniyonik Yumuşatıcı B

##### 4.1.2.1. Nakliye Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Nakliye kaynaklı emisyonlar Çizelge 4.13'teki gibidir. Bulunan emisyon değerleri proste kullanılan miktarlar ile çarpılmıştır.

**Çizelge 4.13.**Noniyonik yumuşatıcı B nakliye emisyonları

Ülke	Deniz(km)	Kara(km)	Deniz (TKM)	Kara (TKM)	Emisyon (tCO <sub>2</sub> e/ton)
Endonezya	11354	35,1	0,016142	0,10614	0,187001782
İsveç	7087	35,1			0,118123868
Almanya_C	6149	449,1			0,047683616
İsviçre	11354	35,1			0,187001782
Almanya_A	6149	35,1			0,102982672
Türkiye	x	132			0,01401048

En yüksek nakliye kaynaklı emisyon değeri Endonezya'dan gelen, 0,496 tCO<sub>2</sub>e değerine sahip organik asit\_2'de görülmüştür (Çizelge 4.14).

**Çizelge 4.14.** Noniyonik yumuşatıcı B ham madde miktarları ve nakliye emisyonları

Toplam Üretim (Kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar (kg)	tCO <sub>2</sub> e
3920	Noniyonik yumuşatıcı B	Organik asit_2	2652	0,495929
		Amino alkol	517	0,06107
		Amin	58,5	0,002789
		Noniyonik sürfektan	135	0,025245
		Yüzey aktif madde_2	629,2	0,064797
		Organik asit_3	90	0,002585

#### 4.1.2.2. Enerji Tüketimi Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Noniyonik yumuşatıcı B üretim prosesinde karıştırma, soğutma, ısıtma ve payetleme prosesleri mevcuttur.

Enerji tüketimi kaynaklı karbon emisyonunun 0,109 tCO<sub>2</sub>e/t değeri ile en çok ısıtma adımında olduğu tespit edilmiştir. Payetleme kaynaklı emisyon 0,016 tCO<sub>2</sub>e/t ile en az katkı sağlayan adımdır (Çizelge 4.15).

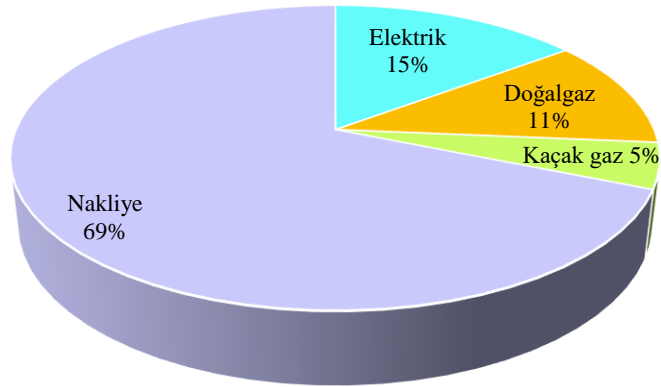
**Çizelge 4.15.** Noniyonik yumuşatıcı B enerji tüketimi kaynaklı emisyon

Adım	Tüketilen Enerji Miktarı (kWh)	Emisyon Değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Karıştırma	34,73	0,01680932
Isıtma	608	0,10944
Soğutma	53,02127	0,02566229
Payetleme	31,2785	0,01513879

Nakliye, enerji tüketimi, kaçak emisyon değerleri toplandığında 0,948 tCO<sub>2</sub>e değerine ulaşılmış olup üretim miktarına bölüldüğünde birim ürün başına 0,242 tCO<sub>2</sub>e/t değerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.16). En fazla emisyon salımına 0,652 tCO<sub>2</sub>e değeri ile nakliyenin neden olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4.2).

**Çizelge 4.16.** Noniyonik yumuşatıcı B toplam emisyon değerleri

Emisyon Kaynakları	Emisyon değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Elektrik	0,140538967
Doğal gaz	0,10944
Kaçak gaz	0,045642902
Nakliye	0,652415129
Toplam	0,948036997
Birim Ürün Başına(tCO <sub>2</sub> e/t)	<b>0,241846173</b>



**Şekil 4.2.** Noniyonik yumuşatıcı B'nin emisyon değerini oluşturan girdiler

### 4.1.3. Katyonik Yumuşatıcı A

#### 4.1.3.1. Nakliye Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Nakliye kaynaklı emisyonlar Çizelge 4.17'deki gibidir. Bulunan emisyon değerleri proseste kullanılan miktarlar ile çarpılmıştır.

**Çizelge 4.17.** Katyonik yumuşatıcı A nakliye emisyonları

Ülke	Deniz(km)	Kara(km)	Deniz (TKM)	Kara(TKM)	Emisyon (tCO <sub>2</sub> e/ton)
Endonezya	11354	35,1	0,016142	0,10614	0,187001782
İsveç	7087	35,1			0,118123868
Almanya_A	6149	35,1			0,102982672
Türkiye (Kocaeli)	x	97,7			0,010369878
Almanya_B	x	2039			0,21641946

En yüksek nakliye kaynaklı emisyon değeri Endonezya'dan gelen, 0,526 tCO<sub>2</sub>e değerine sahip organik asit\_2'de görülmüştür (Çizelge 4.18).

**Çizelge 4.18.** Katyonik yumuşatıcı A ham madde miktarları ve nakliye emisyonları

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar(kg)	tCO <sub>2</sub> e
3935	Katyonik yumuşatıcı A	Organik asit_2	2816	0,526597018
		Kıvamlaştırıcı	512,4	0,06052667
		Yüzey aktif madde_2	331,2	0,034107861
		Organik asit_1	465,2	0,004824067
		Yüzey aktif madde_3	58,8	0,0127254640

#### 4.1.3.2. Enerji Tüketimi Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Katyonik yumuşatıcı A üretim prosesinde karıştırma, soğutma, ısıtma ve payetleme prosesleri mevcuttur.

Enerji tüketimi kaynaklı karbon emisyonunun 0,109 tCO<sub>2</sub>e/t değeri ile en çok ısıtma adımında olduğu tespit edilmiştir. Payetleme kaynaklı emisyon 0,015 tCO<sub>2</sub>e/t ile en az katkı sağlayan adımdır (Çizelge 4.19).

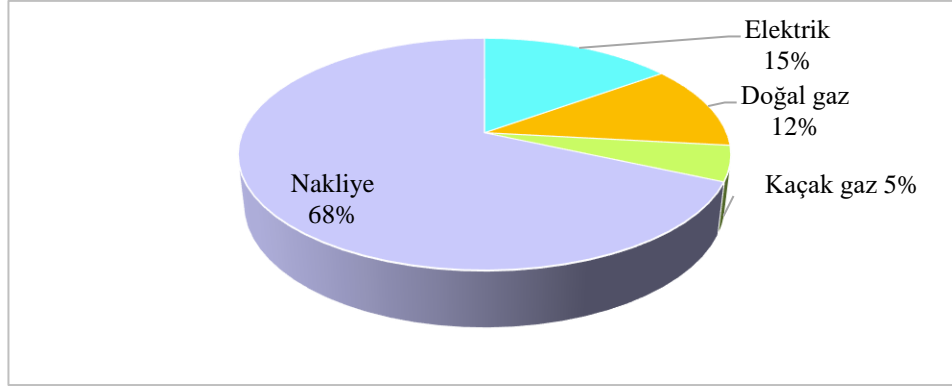
**Çizelge 4.19.** Katyonik yumuşatıcı A enerji tüketimi kaynaklı emisyon

Adım	Tüketilen Enerji Miktarı (kWh)	Emisyon Değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Karıştırma	206,07	0,09973788
Isıtma	608	0,10944
Soğutma	53,22415417	0,025760491
Payetleme	31,3335	0,015165414

Nakliye, enerji tüketimi, kaçak emisyon değerleri toplandığında 0,934 tCO<sub>2</sub>e değerine ulaşılmış olup üretim miktarına bölüldüğünde birim ürün başına 0,227 tCO<sub>2</sub>e/t değerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.20). En fazla emisyon salımına 0,639 tCO<sub>2</sub>e değeri ile nakliyenin neden olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4.3).

**Çizelge 4.20.** Katyonik yumuşatıcı A toplam emisyon değerleri

Emisyon Kaynakları	Emisyon değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Elektrik	0,140663785
Doğal gaz	0,10944
Kaçak gaz	0,045817556
Nakliye	0,638781081
Toplam	0,934702421
Birim Ürün Başına(tCO <sub>2</sub> e/t)	0,237535558



Şekil 4.3. Kationik yumuşatıcı A'nın emisyon değerini oluşturan girdiler

#### 4.1.4. Kationik Yumuşatıcı B

##### 4.1.4.1. Nakliye Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Nakliye kaynaklı emisyonlar Çizelge 4.21'deki gibidir. Bulunan emisyon değerleri proste kullanılan miktarlar ile çarpılmıştır.

Çizelge 4.21. Kationik yumuşatıcı B nakliye emisyonları

Ülke	Deniz(km)	Kara(km)	Deniz (TKM)	Kara (TKM)	Emisyon (tCO <sub>2</sub> e/ton)
Almanya_A	6149	35,1	0,016142	0,10614	0,102983
Türkiye (Kocaeli)	x	135			0,014329
Türkiye (İstanbul)	x	142			0,015072
Almanya_B	x	2039			0,216419

En yüksek nakliye kaynaklı emisyon değeri Almanya'dan gelen, 0,013 tCO<sub>2</sub>e değerine sahip yüzey aktif madde\_2'de görülmüştür (Çizelge 4.22)

Çizelge 4.22. Kationik Yumuşatıcı B ham madde miktarları ve nakliye emisyonları

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar(kg)	tCO <sub>2</sub> e
18017	Kationik yumuşatıcı B	Yüzey aktif madde 2	126	0,012975817
		Organik asit_1	251,1	0,003597987
		Yüzey aktif madde 4	18	0,00389555
		İnorganik tuz karışımı	9	0,000135647

#### 4.1.4.2. Enerji Tüketimi Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Katyonik yumuşatıcı B üretim prosesinde karıştırma, soğutma ve ısıtma prosesleri mevcuttur.

Enerji tüketimi kaynaklı karbon emisyonunun 0,310 tCO<sub>2</sub>e/t değeri ile en çok ısıtma adımında olduğu tespit edilmiştir. Karıştırma kaynaklı emisyon 0,009 tCO<sub>2</sub>e/t ile en az katkı sağlayan adımdır (Çizelge 4.23).

**Çizelge 4.23.** Katyonik yumuşatıcı B enerji tüketimi kaynaklı emisyon

Adım	Tüketilen Enerji Miktarı (kWh)	Emisyon Değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Karıştırma	18,81	0,00910404
Isıtma	1726,2	0,310716
Soğutma	243,6949392	0,117948351

#### 4.1.4.3. Yarı Mamul Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul\_1’de nakliye emisyonları Çizelge 4.24’teki gibidir. En yüksek nakliye emisyonu değeri 0,209 tCO<sub>2</sub>e/ton ile Malezya’da görülmüştür.

**Çizelge 4.24.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 1’in nakliye emisyonları

Ülke	Deniz(km)	Kara(km)	Deniz (TKM)	Kara (TKM)	Emisyon (tCO <sub>2</sub> e/ton)
Malezya	12731	35,1	0,016142	0,10614	0,209229316
İsveç	7087	35,1			0,118123868

Malezya’dan gelen organik asit\_2 maddesi sistemde harcandığı miktar ve Malezya nakliye emisyonu ile çarpılması sonucu 0,227 tCO<sub>2</sub>e/ton değeri ile İsveç’ten gelen ham maddeden daha fazla emisyon salımına neden olmuştur (Çizelge 4.25).

**Çizelge 4.25.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 1'in ham madde miktarları ve nakliye emisyonları

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar(kg)	tCO <sub>2</sub> e
1215	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul_1	Organik asit_2	1086,3	0,22728581
		Kıvamlaştırıcı	198	0,02338853

Yarı mamul\_1 üretilirken ısıtma, karıştırma ve soğutma prosesleri bulunmaktadır. En büyük emisyon payı nakliye aşamasına ait olmuştur (Çizelge 4.26).

**Çizelge 4.26.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 1'in toplam emisyon değerleri

Emisyon Kaynakları	Emisyon değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Elektrik	0,008607402
Doğal gaz	0,0373986
Kaçak	0,014146971
Nakliye	0,250674332
Toplam	0,310827304
Birim ürün başına (tCO <sub>2</sub> e/t)	<b>0,255824942</b>

Birim ürün başına hesaplanan 0,256 tCO<sub>2</sub>e/t değeri 1,215 ton ile çarpıldığında 0,310 tCO<sub>2</sub>e değeri elde edilmiş ve yarı mamulün ana ürüne etkisi bulunmuştur (Çizelge 4.27).

**Çizelge 4.27.** Yarı mamul 1'in ana ürün üzerindeki etkisi

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar(kg)	tCO <sub>2</sub> e
18017	Katyonik yumuşatıcı B	Yüzey aktif madde 2	126	0,012975817
		Organik asit_1	251,1	0,003597987
		Yüzey aktif madde 4	18	0,00389555
		İnorganik tuz karışımı	9	0,000135647
		<b>Yarı mamul_1</b>	<b>1215</b>	<b>0,310827305</b>



Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul\_2’de nakliye emisyonları Çizelge 4.28’deki gibidir. En yüksek nakliye emisyonu değeri 0,216 tCO<sub>2</sub>e/ton ile Almanya’da görülmüştür. Bulunan emisyon değerleri proseste kullanılan miktarlar ile çarpılmıştır.

**Çizelge 4.28.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 2’nin nakliye emisyonları

Ülke	Deniz(km)	Kara(km)	Deniz (TKM)	Kara (TKM)	Emisyon (tCO <sub>2</sub> e/ton)
Türkiye (İzmir)	x	295	0,016142	0,10614	0,0313113
Belçika	6320	60			0,108407068
Türkiye (Kocaeli)	x	97,7			0,010369878
Türkiye (Kocaeli.2)	x	135			0,0143289
Türkiye (Bursa)	x	34			0,00360876
Almanya	x	2039			0,21641946
Türkiye (İstanbul)	x	213			0,02260782

En yüksek nakliye kaynaklı emisyon değeri kullanım miktarına bağlı olarak İzmir’den gelen, 0,169 tCO<sub>2</sub>e değerine sahip alkan koruyucu maddede görülmüştür (Çizelge 2.29).

Nakliye emisyonu en yüksek olan Almanya, ilgili olduğu yüzey aktif madde\_3 ham maddesinin proses içinde az kullanılmasından dolayı nakliye kaynaklı emisyonda etkili olmamıştır.

**Çizelge 4.29.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 2’nin ham madde miktarları ve nakliye emisyonları

Toplam Üretim (Kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar (kg)	tCO <sub>2</sub> e
14197,1	Katyonik Yumuşatıcı B yarı mamul_2	Alkan, koruyucu madde	5395,83	0,168950452
		Yüzey aktif madde_2	221,61	0,02402409
		Alifatik alkol, absorban	437,5	0,004536822
		Organik asit_1	480,39	0,00688346
		İnorganik tuz	14,58	5,26157E-05

	Yüzey aktif madde_3	71,49	0,015471827
	Trihidroksi alkol,donma önleyici	657,68	0,014868711

Yarı mamul\_2 üretiminde karıştırma, ısıtma, soğutma ve homojenizatör prosesleri mevcuttur. Elektrik tüketiminin ve emisyon değerinin en fazla olduğu adımın homojenizatör kullanımı sonucu oluştuğu sonucuna varılmıştır(Çizelge 4.30).

**Çizelge 4.30.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 2 enerji tüketimi kaynaklı emisyon

Adım	Emisyon değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Karıştırma	0,02373052
Isıtma	0,241911
Soğutma	0,092941362
Homojenizatör	0,24046138

**Çizelge 4.31.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 2 toplam emisyon değerleri

Emisyon Kaynakları	Emisyon değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Elektrik	0,357133263
Doğal gaz	0,241911
Kaçak gaz	0,165305316
Nakliye	0,234787978
Katyonik yumuşatıcı A	0,207843613
Demineralize su	0,014457638
Toplam	1,221438808
Birim Ürün Başına(tCO <sub>2</sub> e/t)	0,086034388

Nakliye, yarı mamul, enerji tüketimi, su, kaçak emisyon değerleri toplandığında 1,221 tCO<sub>2</sub>e değerine ulaşılmış olup üretim miktarına bölüldüğünde birim ürün başına 0,086 tCO<sub>2</sub>e/t değerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.31). Bütün değerler arasında 0,357 tCO<sub>2</sub>e/t emisyon değeri ile elektrik tüketimi, en büyük paya sahip olmuştur. Ana ürün içinde 0,224 tCO<sub>2</sub>e/t yüke neden olmuştur (Çizelge 4.32).

**Çizelge 4.32.** Yarı mamul 2'nin ana ürün üzerindeki etkisi

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar(kg)	tCO <sub>2</sub> e
18017	Katyonik yumuşatıcı B	Yüzey aktif madde 2	126	0,012975817
		Organik asit_1	251,1	0,003597987

	Yüzey aktif madde_4	18	0,00389555
	İnorganik tuz karışımı	9	0,000135647
	Yarı mamul_1	1215	0,310827305
	Yarı mamul_2	2610	0,224549752

Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul\_3 nakliye emisyonları Çizelge 4.33'deki gibidir. En yüksek nakliye emisyonu değeri 0,264 tCO<sub>2e</sub>/ton ile Çin'de görülmüştür. Bulunan emisyon değerleri proste kullanılan miktarlar ile çarpılmıştır.

**Çizelge 4.33.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 3'ün nakliye emisyonları

Ülke	Deniz(km)	Kara(km)	Deniz (TKM)	Kara (TKM)	Emisyon (tCO <sub>2e</sub> /ton)
Türkiye	x	142	0,016142	0,10614	0,01507188
Türkiye	x	96,6			0,102982672
Çin	16110	35,1			0,263773134

En yüksek nakliye kaynaklı emisyon değeri kullanım miktarına bağlı olarak Çin'den gelen, 0,008 tCO<sub>2e</sub> değerine sahip enzimde görülmüştür (Çizelge 4.34).

**Çizelge 4.34.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 3'ün ham madde miktarı ve nakliye emisyonları

Toplam Üretim (kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar (kg)	tCO <sub>2e</sub>
2400	Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul_3	Alkol karışımı	4,80	7,23E-05
		Organik asit_1	0,72	7,41E-05
		Enzim	32,40	0,008546

Yarı mamul\_3 üretilirken karıştırma prosesi bulunmaktadır. En büyük emisyon payı nakliye aşamasına ait olmuştur.

Nakliye, enerji tüketimi, su değerleri toplandığında 0,015 tCO<sub>2e</sub> değerine ulaşılmış olup üretim miktarına bölüldüğünde birim ürün başına 0,0064 tCO<sub>2e</sub>/t değerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.35).

**Çizelge 4.35.** Katyonik yumuşatıcı B yarı mamul 3'ün toplam emisyon değerleri

Emisyon Kaynakları	Emisyon değeri(tCO <sub>2e</sub> /t)
--------------------	--------------------------------------

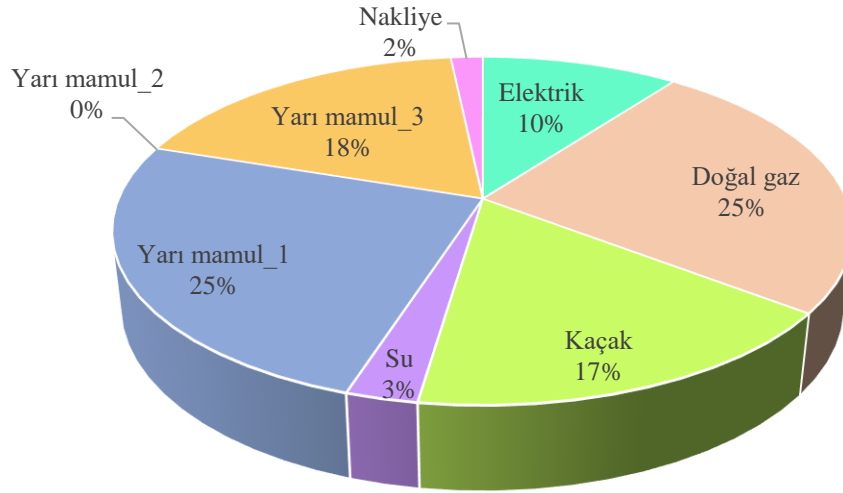
Elektrik	0,001089
Nakliye	0,008692742
Su	0,005650902
Toplam	0,015432644
Birim Ürün Başına(tCO <sub>2</sub> e/t)	0,006430269

Ana ürün içinde 8,68086E-05 tCO<sub>2</sub>e/t yüke neden olmuştur (Çizelge 4.36).

**Çizelge 4.36.** Yarı mamul 3'ün ana ürün üzerindeki etkisi

Emisyon Kaynakları	Emisyon değeri(tCO <sub>2</sub> e/t)
Elektrik	0,127052391
Doğalgaz	0,310716
Kaçak	0,209782693
Su	0,032912401
Yarı mamul_1	0,310827304
Yarı mamul_2	0,224549752
Yarı mamul_3	8,68086E-05
Nakliye	0,020605001
Toplam	1,23653235
Birim ürün başına (tCO <sub>2</sub> e/t)	0,068631423

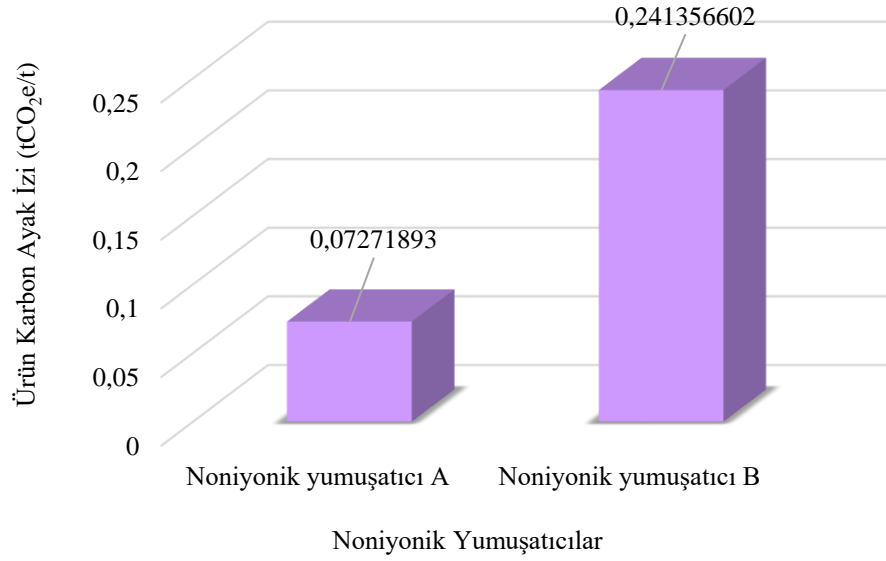
Bütün değerler toplandığında ve üretim miktarına bölüldüğünde birim ürün başına 0,068 tCO<sub>2</sub>e/t değerine ulaşılmış olup en büyük katkıyı yarı mamul\_1 vermiştir. Doğal gaz tüketimi, yarı mamul\_1 ile yaklaşık aynı katkıyı sağlamıştır.



**Şekil 4.4.** Katyonik yumuşatıcı B'nin emisyon değerini oluşturan girdiler

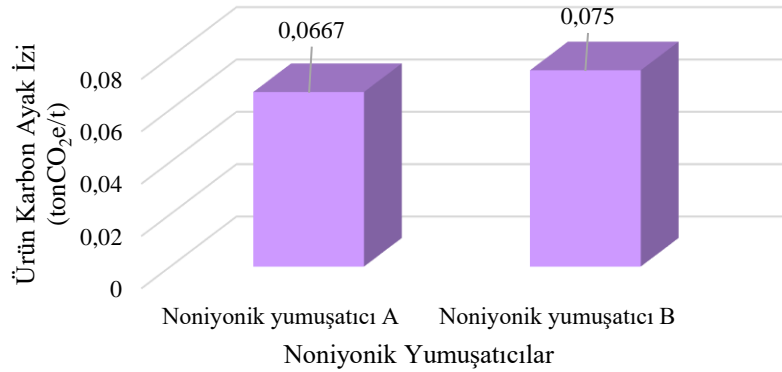
#### 4.1.5. Tüm Yumuşatıcıların Karşılaştırılması

Birim ürün başına yapılan hesaplamada noniyonik B yumuşatıcısının noniyonik A yumuşatıcısından daha fazla emisyon salımına neden olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4.5). Noniyonik yumuşatıcı A ve noniyonik yumuşatıcı B kıyaslandığında noniyonik yumuşatıcı B'nin, noniyonik yumuşatıcı A'dan çok daha az miktarda üretime sahip olmasına rağmen kilogram başına harcanan enerjide noniyonik yumuşatıcı B öne geçmektedir. Aynı üretim süreçlerine sahip olmalarına ek olarak noniyonik yumuşatıcı B'nin payetleme süreci elektrik tüketimine katkı sağlamıştır.



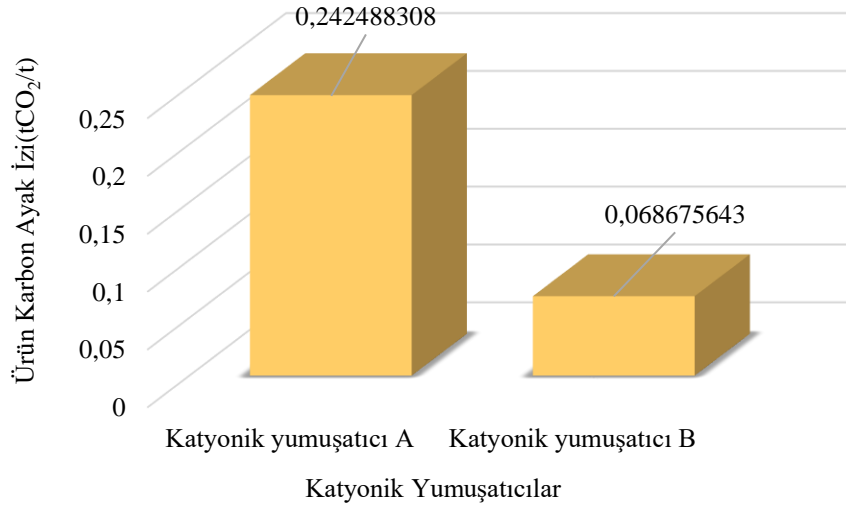
**Şekil 4.5.** Noniyonik yumuşatıcı A ve noniyonik yumuşatıcı B'nin karşılaştırılması

Noniyonik yumuşatıcı B'nin nakliye süreçlerinde salınan emisyon miktarı noniyonik yumuşatıcı A'ya göre yaklaşık 6 kat fazladır. Nakliye süreçlerinin toplam emisyonu etkisini belirlemek için nakliye süreci emisyonları kapsam dışı olarak değerlendirildiğinde noniyonik yumuşatıcı A 0,0667 tCO<sub>2</sub>e/t değeri ile az oranda değişirken; noniyonik yumuşatıcı B 0,075 tCO<sub>2</sub>e/t değeri ile büyük oranda azalmış ve diğer yumuşatıcı ile olan farkını nakliye süreçleri dahil haline göre 3,5 kattan 0,0083 sayı farkına düşürmüştür(Şekil 4.6).



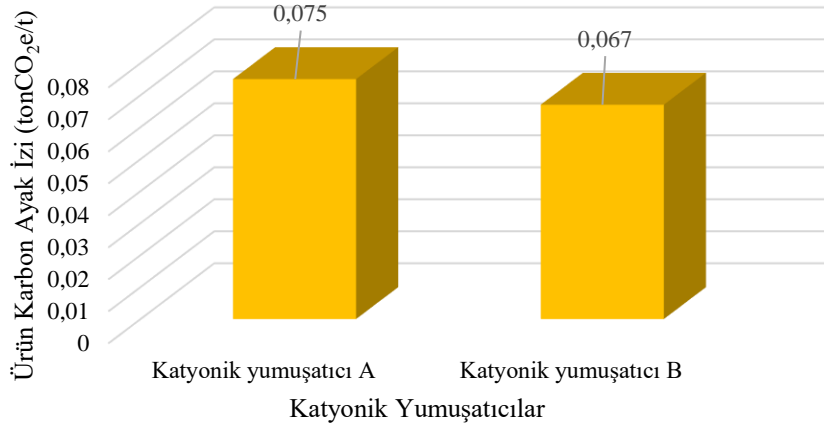
**Şekil 4.6.** Noniyonik yumuşatıcıların nakliye olmadan karşılaştırılması

Birim ürün başına yapılan hesaplamada katyonik A yumuşatıcısının katyonik B yumuşatıcısından daha fazla emisyon salımına neden olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4.7). Katyonik yumuşatıcı A ve katyonik yumuşatıcı B kıyaslandığında katyonik yumuşatıcı A'nın, noniyonik yumuşatıcı B'ye göre çok daha az miktarda üretime sahip olmasına rağmen neredeyse aynı elektrik tüketimine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı üretim süreçlerine sahip olmalarına ek olarak katyonik yumuşatıcı A'nın payetleme süreci elektrik tüketimine katkı sağlamıştır.



**Şekil 4.7.** Katyonik yumuşatıcı A ve katyonik yumuşatıcı B'nin karşılaştırılması

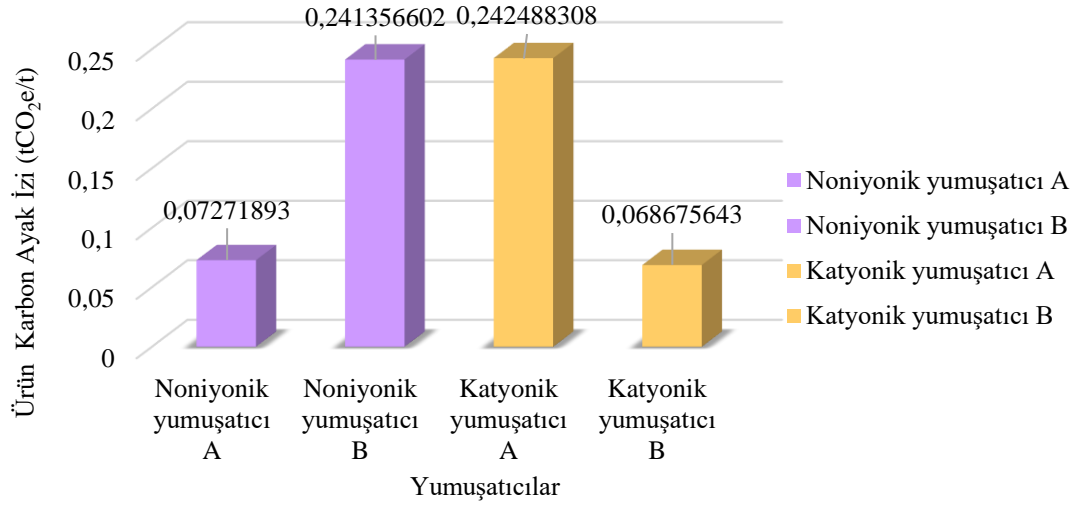
Katyonik yumuşatıcı A'nının nakliye süreçlerinde salınan emisyon miktarı noniyonik yumuşatıcı B'ye göre yaklaşık 6 kat fazladır. Nakliye süreçlerinin toplam emisyona etkisini belirlemek için nakliye süreci emisyonları kapsam dışı olarak değerlendirildiğinde katyonik yumuşatıcı A 0,075 tCO<sub>2</sub>e/t değeri ile büyük oranda azalırken katyonik yumuşatıcı B 0,067 tCO<sub>2</sub>e/t değeri ile çok az bir değişime sahip olmuştur. Katyonik yumuşatıcı A, diğer katyonik yumuşatıcı ile olan farkını nakliye süreçleri dahil haline göre 3,5 kattan 0,174 sayı farkına düşürmüştür(Şekil 4.8) .



**Şekil 4.8.** Kationik yumuşatıcıların nakliye olmadan karşılaştırılması

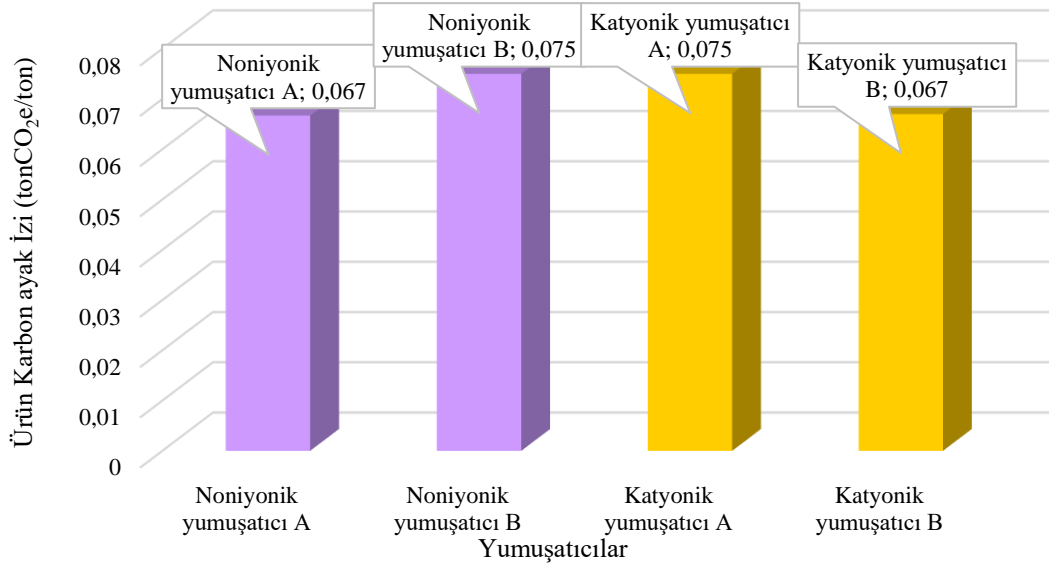
Bütün yumuşatıcılar kıyaslandığında ise ton başına hesaplanan ürün karbon ayak izi değeri en fazla kationik yumuşatıcı A ürününde açığa çıkmıştır. Yumuşatıcıların emisyon değerlerine az miktarda üretimler için tüketilen elektrik enerjisi, payetleme gibi ekstra elektrik tüketim süreçleri ve nakliye süreçleri etki etmektedir. Yumuşatıcının türünden çok üretimde tercih edilen prosesler, sonucu etkilemektedir. Üretimler benzer prosesler ile yapıldığı için yumuşatıcının iyonik türü ile karbon ayak izi arasında net bir korelasyon bulunmamaktadır. Sıvı formda olan yumuşatıcılar daha az karbon salımına sebep olmuştur. Payetleme prosesi olan noniyonik yumuşatıcı B ve kationik yumuşatıcı A değerlendirildiğinde kationik yumuşatıcı A; noniyonik yumuşatıcı A ve kationik yumuşatıcı B değerlendirildiğinde noniyonik yumuşatıcı A daha fazla emisyon üretimine sebep olmuştur(Şekil 4.9).





**Şekil 4.9.** Tüm yumuşatıcıların karbon ayak izi değerinin karşılaştırılması

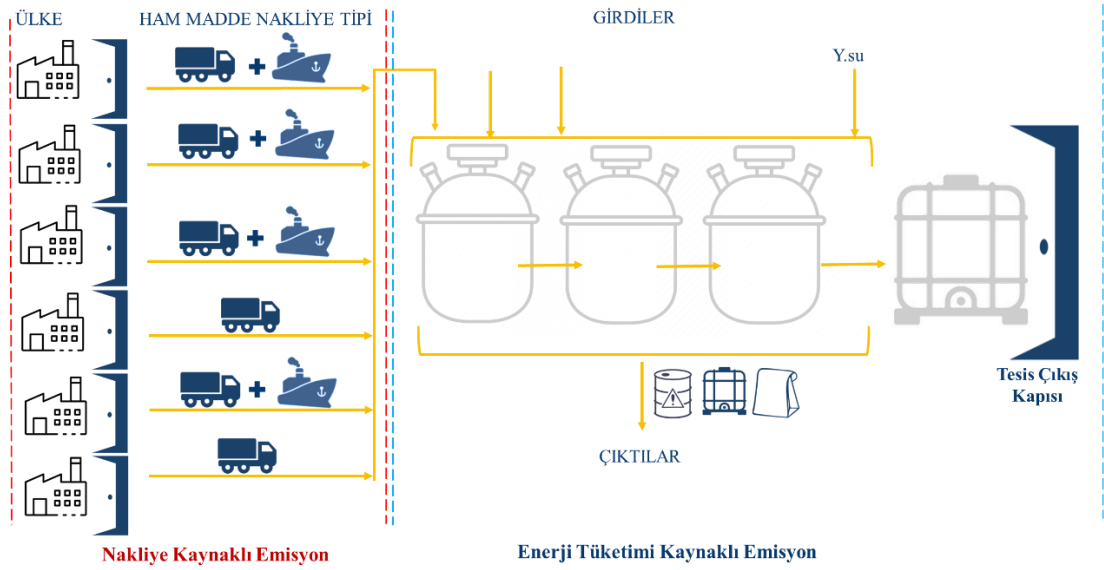
Nakliye emisyonları tüm yumuşatıcılarda kapsama alınmadığında noniyonik yumuşatıcı B ve katyonik yumuşatıcı A'nın emiyon değerlerinin eş değer olduğu; noniyonik yumuşatıcı A ve katyonik yumuşatıcı B'nin de çok yakın değerlere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Nakliye emisyonlarının olmadığı senaryoda tüm yumuşatıcıların değerleri birbirine oldukça yakındır ancak sıvı formda olmayan yumuşatıcılar yine sıvı olanlara göre fazladır(Şekil 4.10).



**Şekil 4.10.** Tüm yumuşatıcıların nakliye emisyonları olmadan karşılaştırılması

## 4.2. Yumuşatıcıların Yaşam Döngüsü Analizi ile Değerlendirmesi

Bu çalışmada yumuşatıcıların çevresel etkilerinin belirlenerek, etkili olduğu alanlarda yol gösterici adımlar atılmasını sağlamak hedeflenmiştir. Fonksiyonel birim olarak seçilen 1 kg yumuşatıcı, 62,5 kg kumaş yumuşatılabilmektedir. Sistem sınırları kapıdan kapıya olarak belirlenmiştir. Sistem sınırları, kırmızı ve mavi kesikli çizgiler olarak Şekil 4.11’de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Sistem sınırlarının gösterimi

Manuel olarak hesaplanan ürün karbon ayak izinin daha kapsamlı altyapıları olan SimaPro çıktıları ile kıyaslanması amaçlanmıştır. Kütüphane olarak Agrifootprint, Ecoinvent3, ELCD, EU&DK Input Output Database, Industry Data 2.0., Methods, Swiss Input Output Database, USLCI kullanılmıştır.

Ham maddeler dışarıdan tedarik edildiği için market bölümünden yapılırken veri tabanına zarar vermemesi adına seçilen ham madde kopyalanarak üzerine işlem yapılmıştır. Bazı karışımlar sistemde tanımlanamadığından karışımın yüzdeliklerinde baskın olan madde baz alınmıştır.

1 kg üretim sonucu üretim sonucu açığa çıkan atıklar output bölümüne girilmiştir.

Karayolu taşımaları için Euro 0-1-2-3-4 mix,40 t total ağırlık, 27 ton taşıma yükü kapasiteli tır modeli baz alınmıştır. Ham madde geliş yolları deniz, karayolu veya birlikte olarak belirlenmiş ve ton.km (TKM) cinsinden veri girişi yapılmıştır. Gemi taşımacılığında ise transport, freight, sea, transoceanic ship (GLO) seçilmiştir.

Proses oluşturulup adlandırıldıktan sonra elde edilen ham madde değeri ürün içinde kullanılan miktarı kadar eklenerek sisteme dahil edilmiştir. Tüm veriler 1 kg üretim için gerekli olan cinsle çevrilerek sisteme girilmiştir (Çizelge 4.37).

**Çizelge 4.37.**Noniyonik yumuşatıcı A'nın 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları

Toplam Üretim (kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar (kg)
1	Noniyonik yumuşatıcı A	Yarı mamul 1	0,141357
		Organik asit_1	0,011453
		Yüzey aktif madde 1	0,006394
		Yüzey aktif madde 2	0,029873
		Solvent	0,009756
			0,001697
		İnorganik tuz karışımı	0,000954
		Yüzey aktif madde 3	0,004772
		Yarı mamul_2	0,001432
Yumuşak su	0,789141		

**Çizelge 4.38.** Noniyonik yumuşatıcı A'nın 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarları

Adım	1 kg için tüketim miktarı(kWh)
Elektrik tüketimi	0,015367297
Isıtma	0,075206787

Yarı mamuller de sisteme ana ürünler gibi girilmiş ve ana ürün hesabı yapılırken seçilmiştir(Çizelge 4.39).

Enerji girişlerinde doğal gaz için heat, district or industrial, natural gas (GLO) seçilmiş olup, elektrik için ise medium voltage (TR) seçilmiştir. Değerler kWh cinsinden tercih edilmiştir(Çizelge 4.40).

**Çizelge 4.39.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul\_1'in 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar(kg)
1	Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul_1	Amino alkol	0,169467367
		Amin	0,018908477
		Organik asit_2	0,868945986

**Çizelge 4.40.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul\_1'in 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarları

Adım	1 kg için tüketim miktarı(kWh)
Elektrik tüketimi	0,014324831
Isıtma	0,182486872

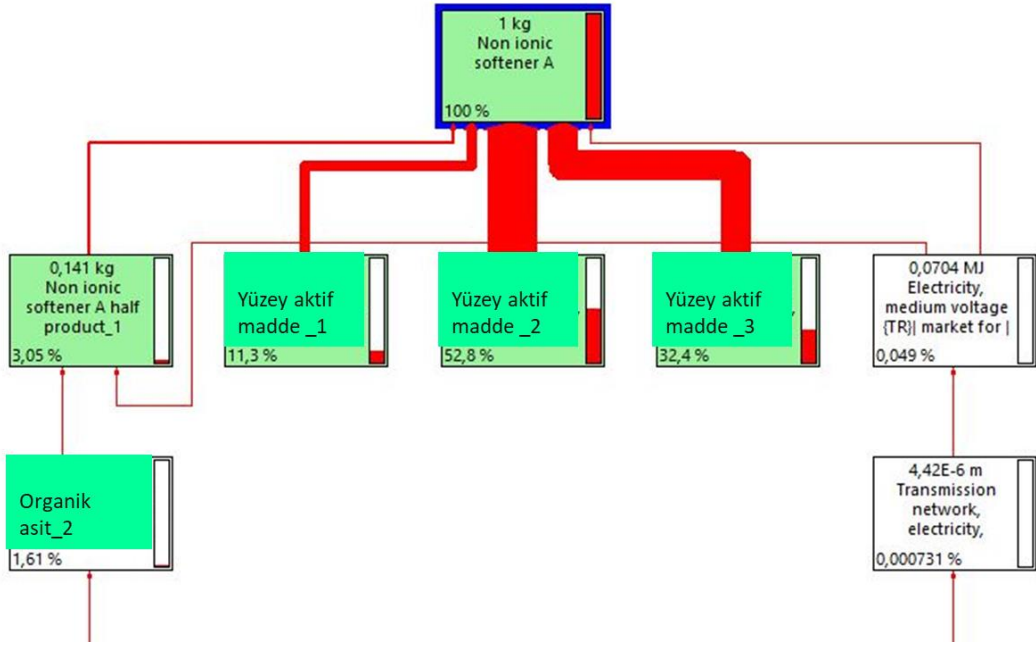
**Çizelge 4.41.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul\_2'in 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar (kg)
1	Noniyonik yumuşatıcı yarı mamul_2	Demineralize Su	0,9842
		Alkol karışımı	0,002
		Organik asit_1	0,0003
		Enzim	0,0135

**Çizelge 4.42.** Noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul\_2'in 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarı

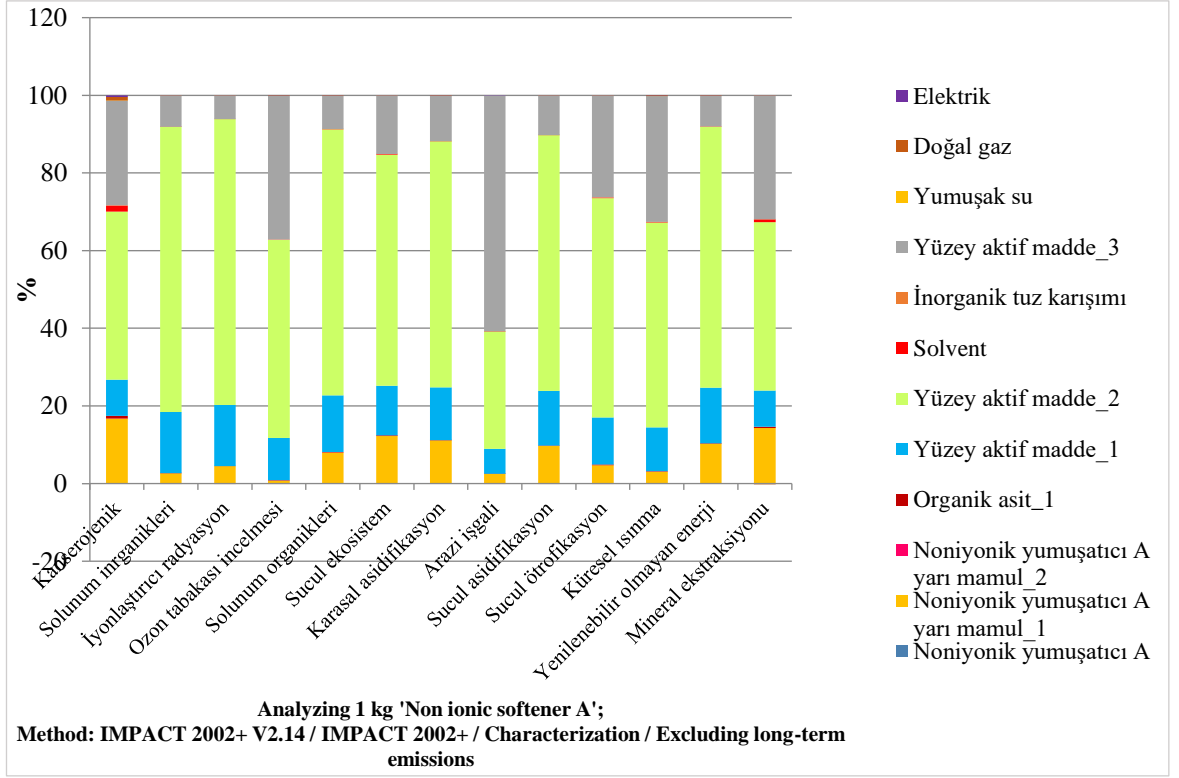
Adım	1 kg için tüketim miktarı(kWh)
Elektrik tüketimi	0,000542

Sistemin bağlantılarını bulmak için network adımı ve etki analizi için IMPACT 2022+ seçilmiştir. Karbon ayak izi 18,9 kgCO<sub>2</sub>e olan noniyonik yumuşatıcı A, emisyon katkısını en çok %52,8 payı ve ile yüzey aktif madde\_2'den almıştır (Şekil 4.12.).

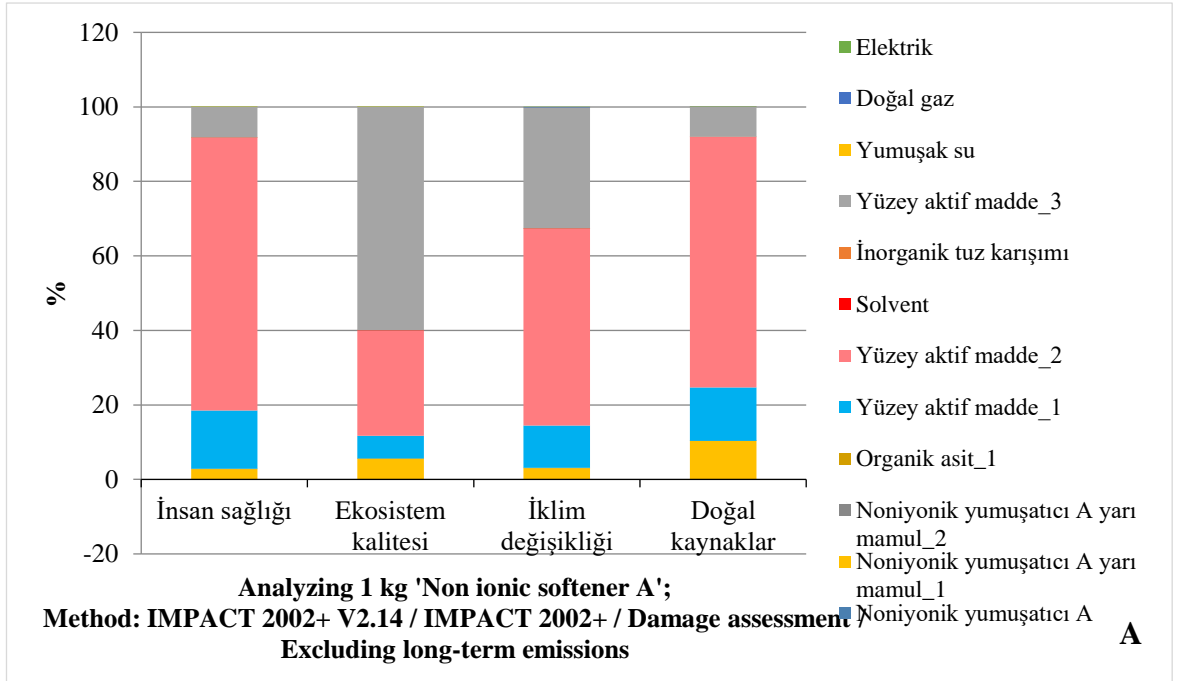


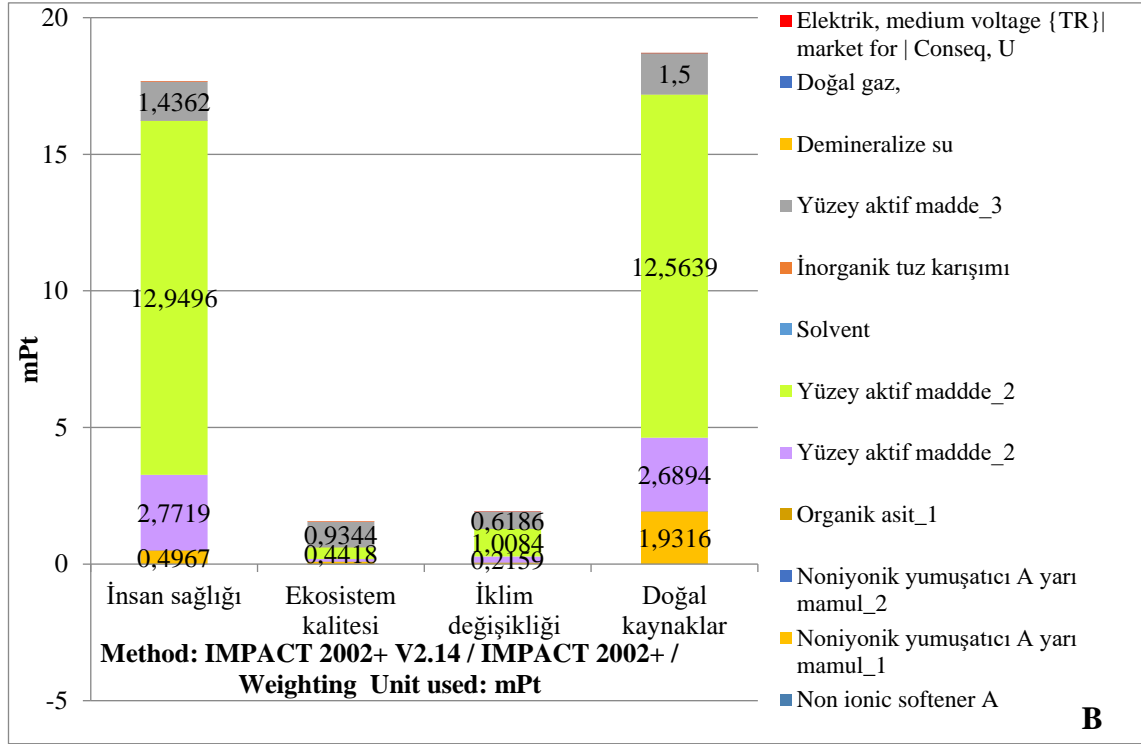
**Şekil 4.12.** Noniyonik yumuşatıcı A akım şeması

Karakterizasyon adımında ise kanserojenik özellik yönünden noniyonik yumuşatıcı A yarı mamul\_1, solunum inorganiklerinde yüzey aktif madde\_2; iyonlaştırıcı radyasyonda, ozon tabakası incelmesinde, solunum organikleri, sucul ekosistemde, karasal asidifikasyonda, sucul asidifikasyonda, sucul ötrofikasyonda, küresel ısınmada, yenilenebilir olmayan enerjide ve mineral ekstraksiyonunda yüzey aktif madde 2; arazi işgalinde ise yüzey aktif madde\_3 en fazla etkiye sahip olmuştur (Şekil 4.13).



**Şekil 4.13.** Noniyonik yumuşatıcı A'nın karakterizasyon şeması



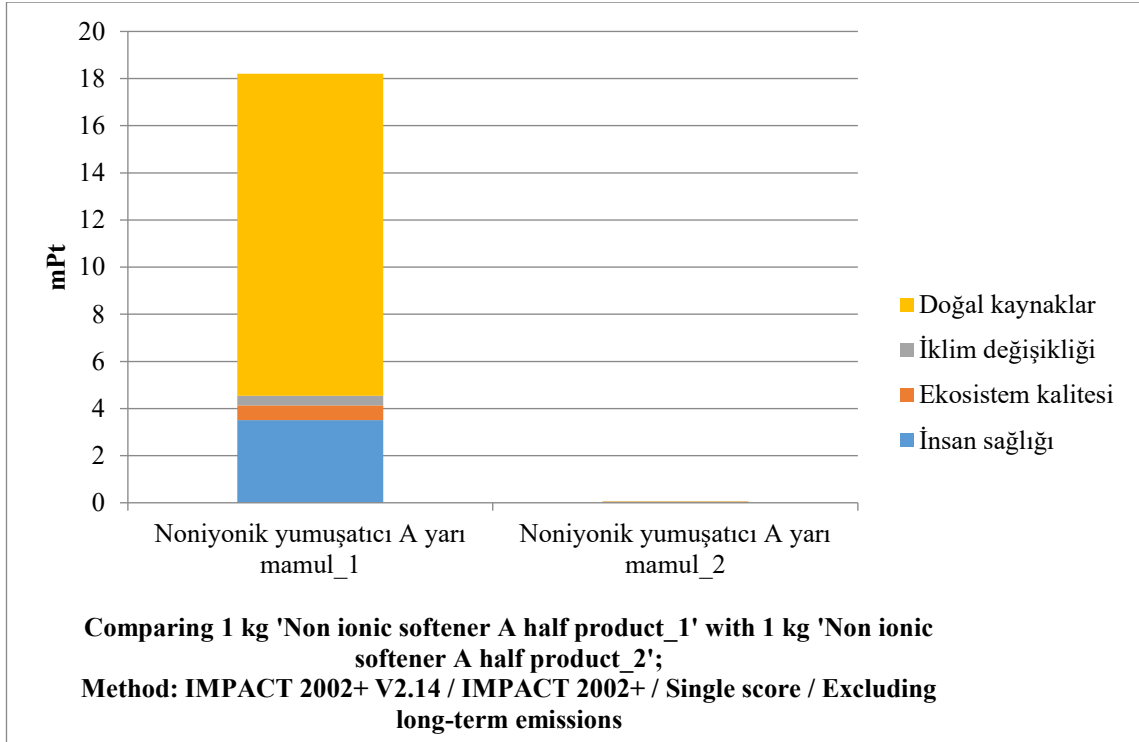


**Şekil 4.14.** Noniyonik yumuşatıcı A'nın etki analizi şeması. A) Etki analizinin yüzdeleri olarak gösterimi B) Etki analizinin mPt olarak gösterimi

**Çizelge 4.43.**Etki analizinde kullanılan birimler

Hasar kategorisi	Birim	Toplam	En fazla etkiye sebep olan
İnsan sağlığı	DALY	0,000125	Yüzey aktif madde_2
Ekosistem kalitesi	PDF*M <sup>2</sup> *yr	21,3	Yüzey aktif madde_3
İklim değişikliği	kgCO <sub>2</sub> eq	18,9	Yüzey aktif madde_2
Doğal kaynaklar	MJ primary	2,84E+3	Yüzey aktif madde_2

Sonuçlar, mPt birimi üzerinden de değerlendirilmiştir. Çevresel yükleri daha kolay anlamak adına eko indikatör birimi olarak gündeme gelmiştir. Bir point (Pt), bir kişinin yıllık çevresel yükü anlamına gelmektedir (kg başına, km başına, m başına vb.) (Li ve ark., 2017). Bir milipoint, bir pointin binde biridir ve bu çalışmada milipoint(mPt) birimi kullanılmıştır. Noniyonik yumuşatıcı A'daki en yüksek etki doğal kaynaklar üzerinde görülüp, doğal kaynakları domine eden girdi, yüzey aktif madde\_2 olmuştur (Şekil, 4.14). Bu sıralamayı sırasıyla takip eden insan sağlığı, iklim değişikliği ve ekosistem sağlığı olmuştur. Ekosistem sağlığı dışında bütün kategorilerde en büyük katkıyı yüzey aktif madde\_2 sağlamıştır.



Şekil 4.15. Noniyonik yumuşatıcı A'nın yarı mamullerinin karşılaştırılması

Noniyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg üretimi için gerekli ham madde ve enerji tüketimleri sisteme girilmiştir (Çizelge 4.44, Çizelge 4.45).

Çizelge 4.44. Noniyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarı

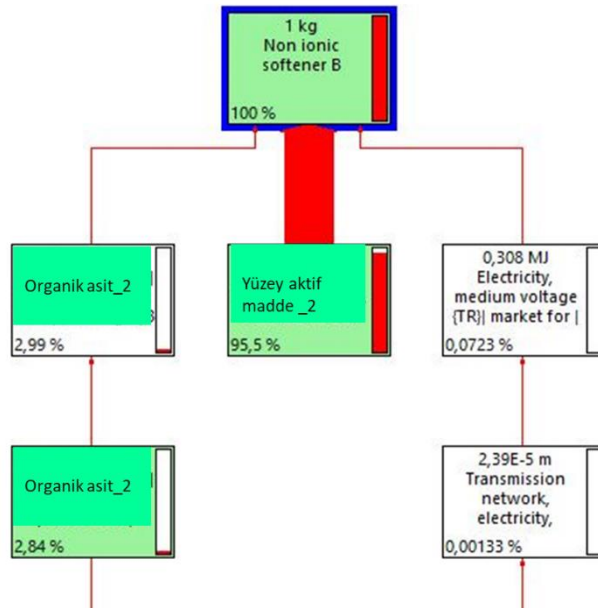
Toplam Üretim (Kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar (kg)
1	Noniyonik yumuşatıcı B	Organik asit_2	0,676530612
		Amino alkol	0,131887755
		Amin	0,014923469
		Noniyonik sürfektan	0,034438776
		Yüzey aktif madde_2	0,160510204
		Organik asit_3	0,047066327



**Çizelge 4.45.** Noniyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarı

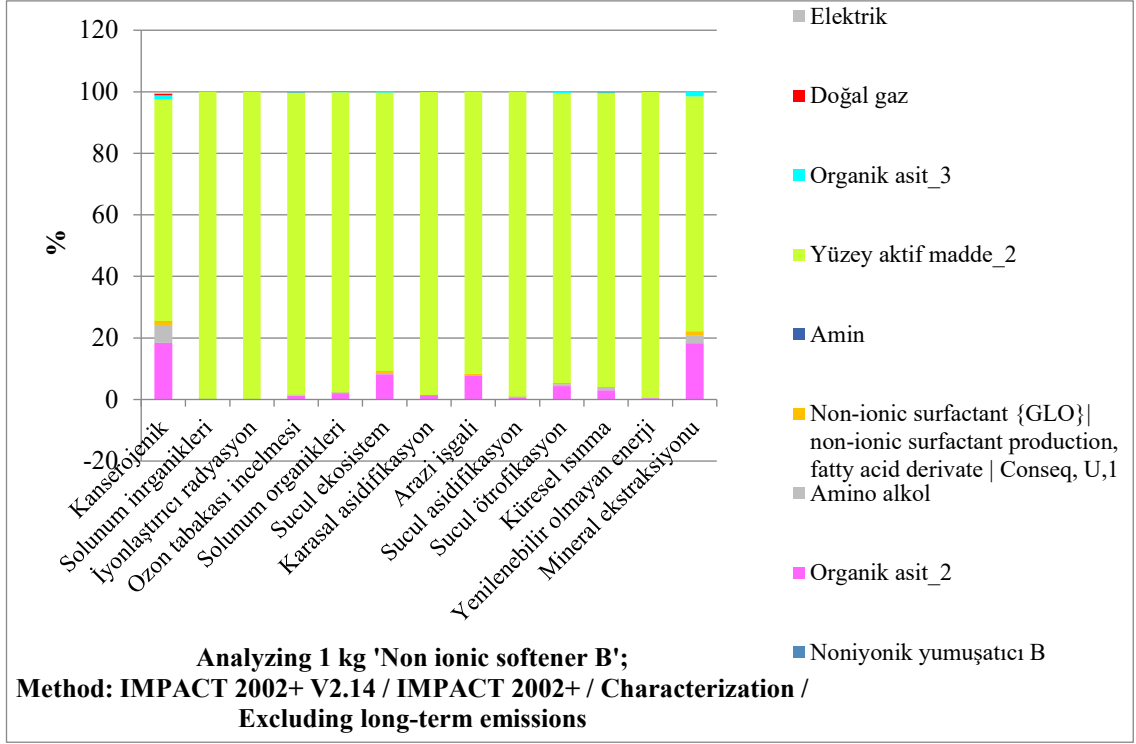
Adım	1 kg için tüketim miktarı(kWh)
Elektrik tüketimi	0,074074
Isıtma	0,155102041

Sistemin bağlantılarını bulmak için network adımı ve etki analizi için IMPACT 2022+ seçilmiştir. Karbon emisyonu olarak değerlendirilen noniyonik yumuşatıcı B, emisyon katkısını en çok %95,5 payı ile yüzey aktif madde\_2'den almıştır (Şekil 4.16).

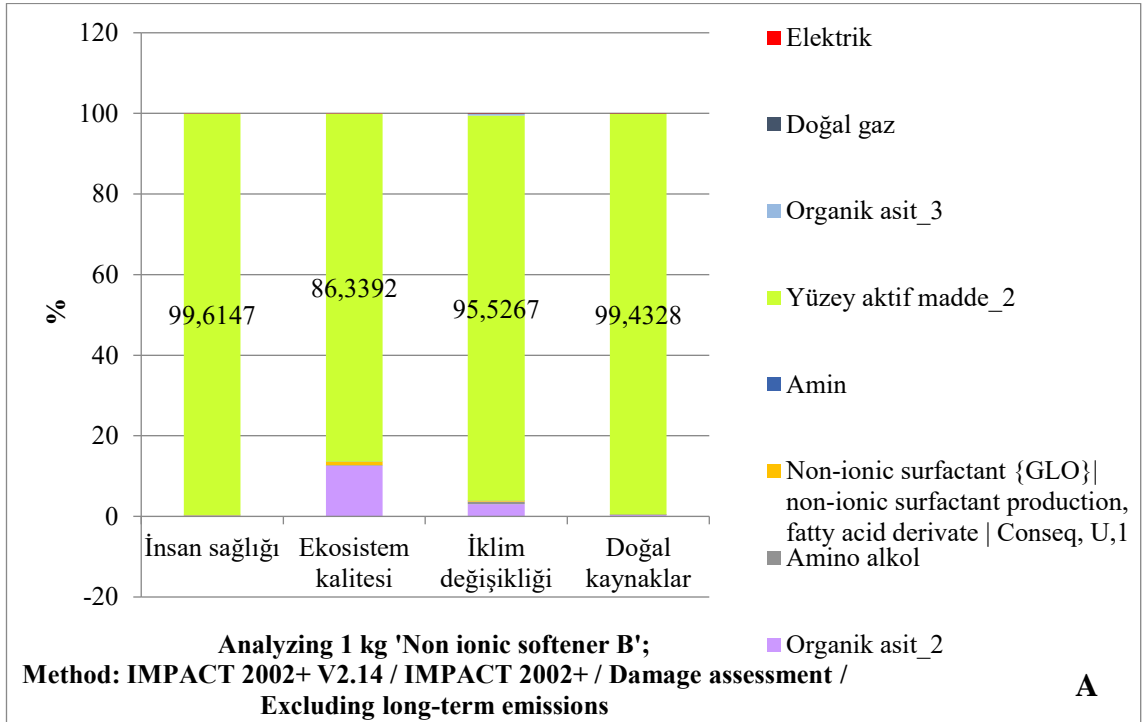


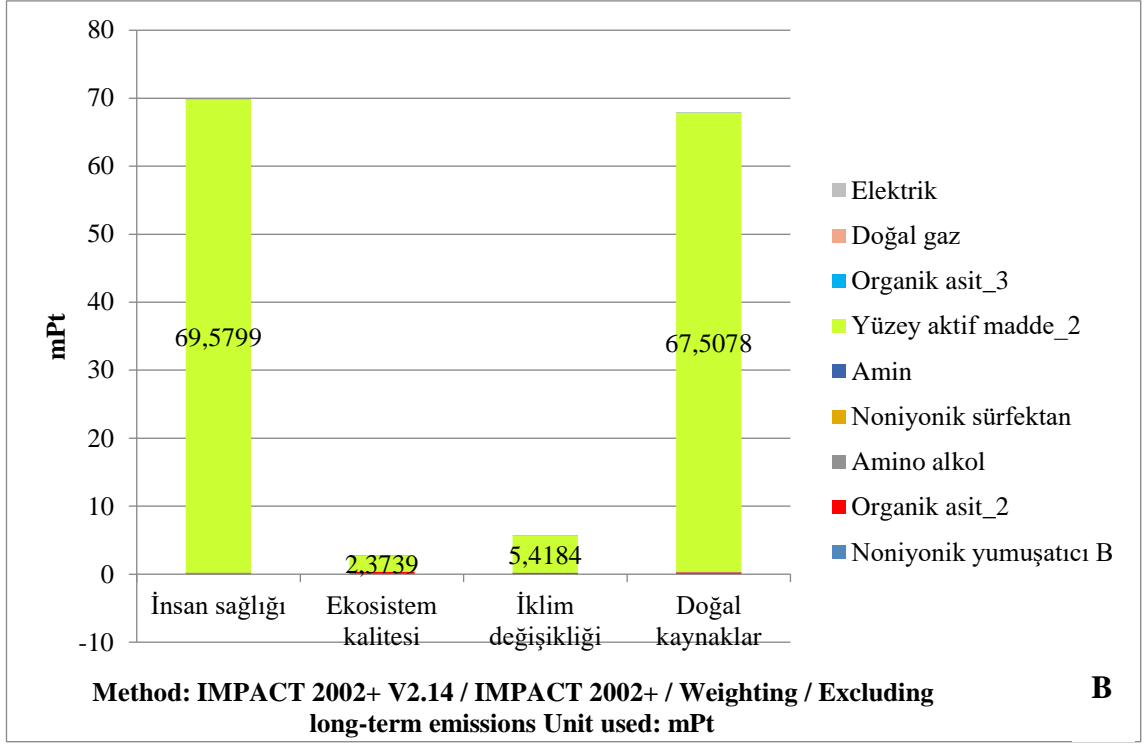
**Şekil 4.16.** Noniyonik yumuşatıcı B akım şeması

Noniyonik yumuşatıcı B karakterize edildiğinde bütün etki kategorilerinde en etkili olan girdi, yüzey aktif madde\_2 olmuştur. İkinci en etkili girdi ise organik asit\_2 olmuştur (Şekil 4.17). Etki analizinde de yüzey aktif madde\_2'nin en büyük etkisi insan sağlığı üzerine olmuştur (Şekil 4.18 a). Yüzdelerle değerlendirme birimleri Çizelge 4.46'daki gibidir.



Şekil 4.17. Noniyonik yumuşatıcı B'nin karakterizasyon analizi





**Şekil 4.18.** Noniyonik yumuşatıcı B'nin etki analizi A) Etki analizinin yüzdelik olarak gösterimi B) Etki analizinin mPt olarak gösterimi

**Çizelge 4.46.** Etki analizinde kullanılan birimler

Etki kategorisi	Birim	Toplam	En fazla etkiye sebep olan
İnsan sağlığı	DALY	0,000495	Yüzey aktif madde_2
Ekosistem kalitesi	PDF*M <sup>2</sup> *yr	37,7	Yüzey aktif madde_2
İklim değişikliği	kgCO <sub>2</sub> eq	56,2	Yüzey aktif madde_2
Doğal kaynaklar	MJ primary	1,03E+04	Yüzey aktif madde_2

Sistem mPt cinsinden değerlendirildiğinde en yüksek etki insan sağlığında gözlemlenmiş olup, bunu domine eden girdi, yüzey aktif madde\_2 olmuştur (Şekil 4.18 b). Bu sıralamayı sırasıyla takip eden doğal kaynaklar, iklim değişikliği ve ekosistem sağlığı olmuştur. Tüm kategorilerde en büyük katkıyı yüzey aktif madde\_2 sağlamıştır.

Katyonik yumuşatıcı A'nın 1 kg için miktarları bulunmuştur ve sisteme diğer ürünlerde olduğu gibi ilgili veriler dahil edilmiştir (Çizelge 4.47). 1kg üretim için gerekli olan enerji verileri Çizelge 4.48'deki gibidir.

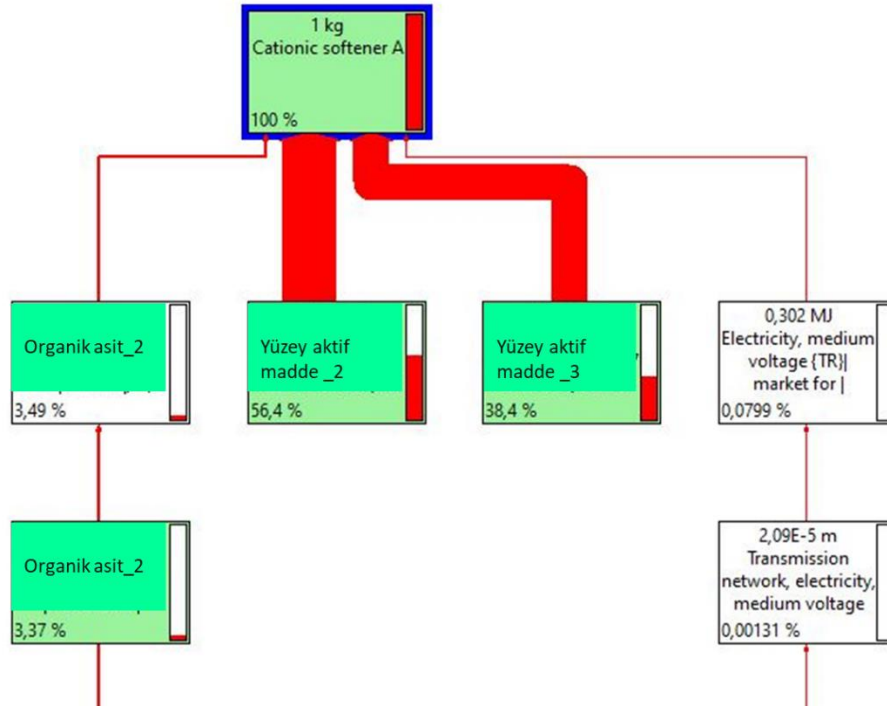
**Çizelge 4.47.**Katyonik yumuşatıcı A'nın 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar(kg)
1	Katyonik yumuşatıcı A	Organik asit_2	0,715628971
		Kıvamlaştırıcı	0,13021601
		Yüzey aktif madde_2	0,084167726
		Organik asit_1	0,118221093
		Yüzey aktif madde_3	0,014942821

**Çizelge 4.48.** Katyonik yumuşatıcı A'nın 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarı

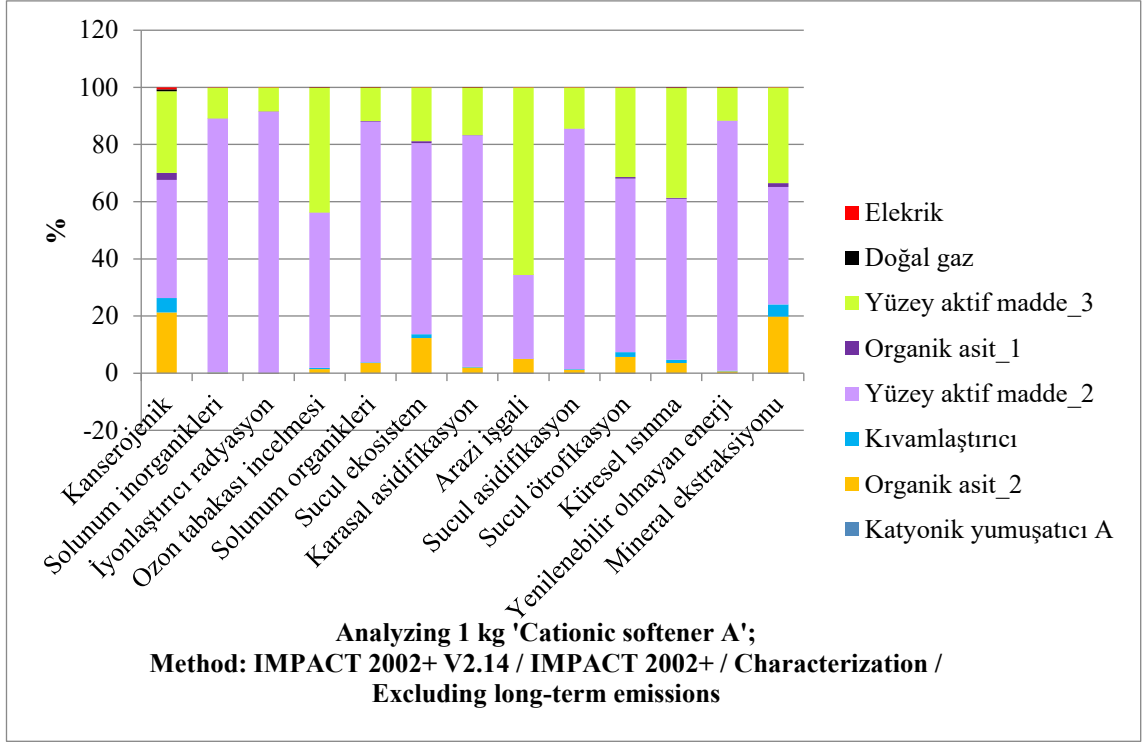
Adım	1 kg için tüketim miktarı(kWh)
Elektrik tüketimi	0,073857091
Isıtma	0,154510801

Sistemin bağlantılarını bulmak için network adımı ve etki analizi için IMPACT 2022+ seçilmiştir. Karbon emisyonu üzerinden değerlendiren katyonik yumuşatıcı A, emisyon katkısını en çok %56,4 payı ile yüzey aktif madde\_2'den almıştır (Şekil 4.19).

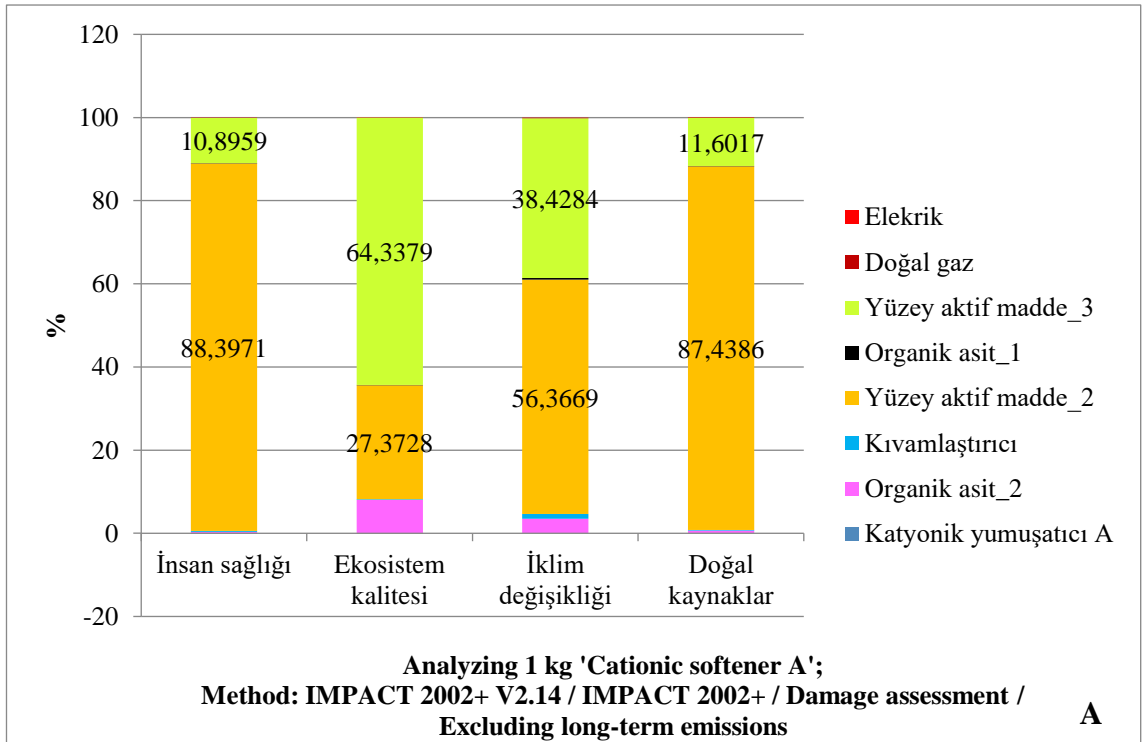


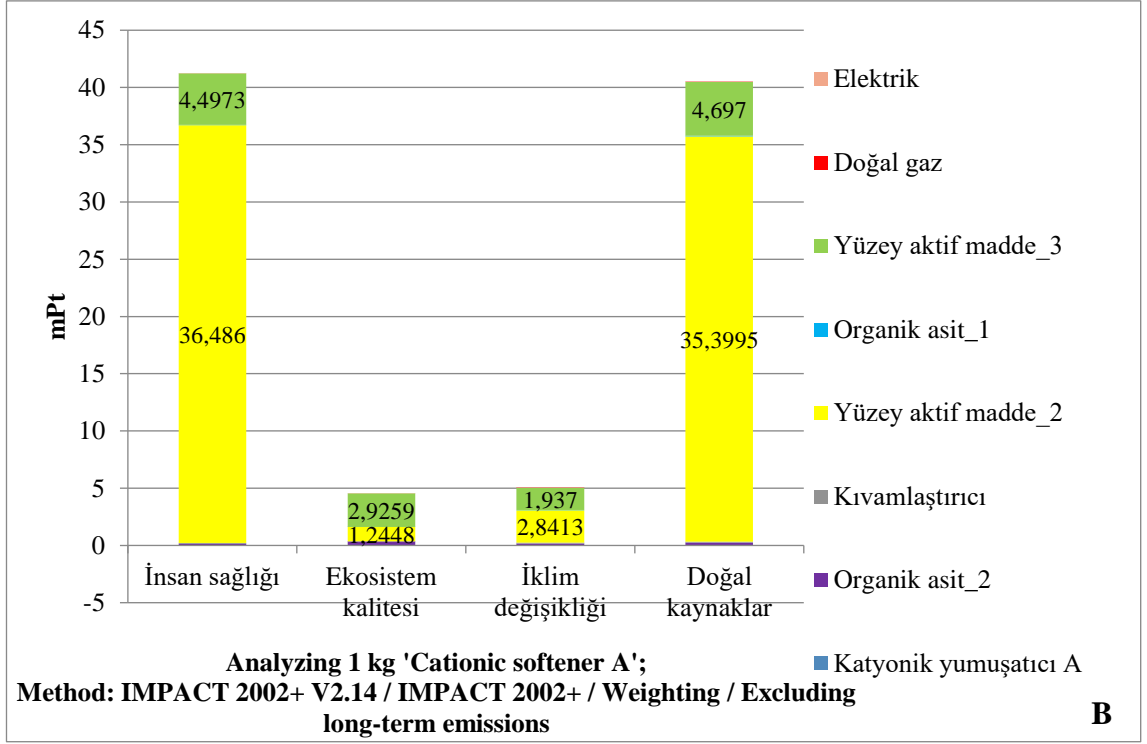
**Şekil 4.19.** Katyonik yumuşatıcı A akım şeması

Katyonik yumuşatıcı A karakterize edildiğinde arazi işgali dışında bütün etki kategorilerinde en etkili olan girdi, yüzey aktif madde\_2 olmuştur. İkinci en etkili girdi ise organik asit\_2 olmuştur (Şekil 4.16). Etki analizinde ise yüzey aktif madde\_2'nin en büyük etkisi %88,4 oranı ile insan sağlığı üzerine olmuştur. Ekosistem kalitesinde ise % 64,338 oranı ile yüzey aktif madde\_3 büyük rol oynamıştır. Doğal kaynaklar üzerinde en çok etkisi olan girdi, %87,438 oranı ile yüzey aktif madde\_2 olmuştur (Şekil 4.21 a). Yüzdelerik etki değerlendirme birimleri Çizelge 4.49'daki gibidir.



**Şekil 4.20.** Katyonik yumuşatıcı A'nın karakterizasyon analizi





**Şekil 4.21.** Katyonik yumuşatıcı A'nın etki analizi analizi A) Etki analizinin yüzdeler olarak gösterimi B) Etki analizinin mPt olarak gösterimi

**Çizelge 4.49.** Etki analizinde kullanılan birimler

Etki kategorisi	Birim	Toplam	En fazla etkiye sebep olan
İnsan sağlığı	DALY	0,000293	Yüzey aktif madde_2
Ekosistem kalitesi	PDF*M <sup>2</sup> *yr	37,7	Yüzey aktif madde_3
İklim değişikliği	kgCO <sub>2</sub> eq	49,9	Yüzey aktif madde_2
Doğal kaynaklar	MJ primary	6,15E+03	Yüzey aktif madde_2

Etki değerleri mPt birimi ile değerlendirildiğinde en büyük etkinin insan sağlığı üzerinde olduğu ve etkisi en yüksek olan girdinin yüzey aktif madde\_2 olduğu sonucuna varılmıştır. Bütün kategorilerdeki büyüklüğü değerlendirildiğinde insan sağlığını sırasıyla, doğal kaynaklar iklim değişikliği ve ekosistem kalitesi takip etmektedir (Şekil 4.21 b).

Katyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg için gerekli olan ham madde ve enerji tüketim miktarları bulunmuştur ve sisteme diğer ürünlerde olduğu gibi ilgili veriler girilmiştir (Çizelge 4.50, 4.51).

**Çizelge 4.50.**Katyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg üretimi için gerekli ham madde miktarları

Toplam Üretim(kg)	Ürün	Ham Maddeler	Miktar(kg)
1	Katyonik yumuşatıcı B	Demineralize su	0,763578842
		Yüzey aktif madde 2	0,006993395
		Organik asit_1	0,013936837
		Yüzey aktif madde 4	0,000999056
		İnorganik tuz karışımı	0,000499528
		Yarı mamul_1	0,06743631
		Yarı mamul 2	0,144863185
		Yarı mamul 3	0,000749292

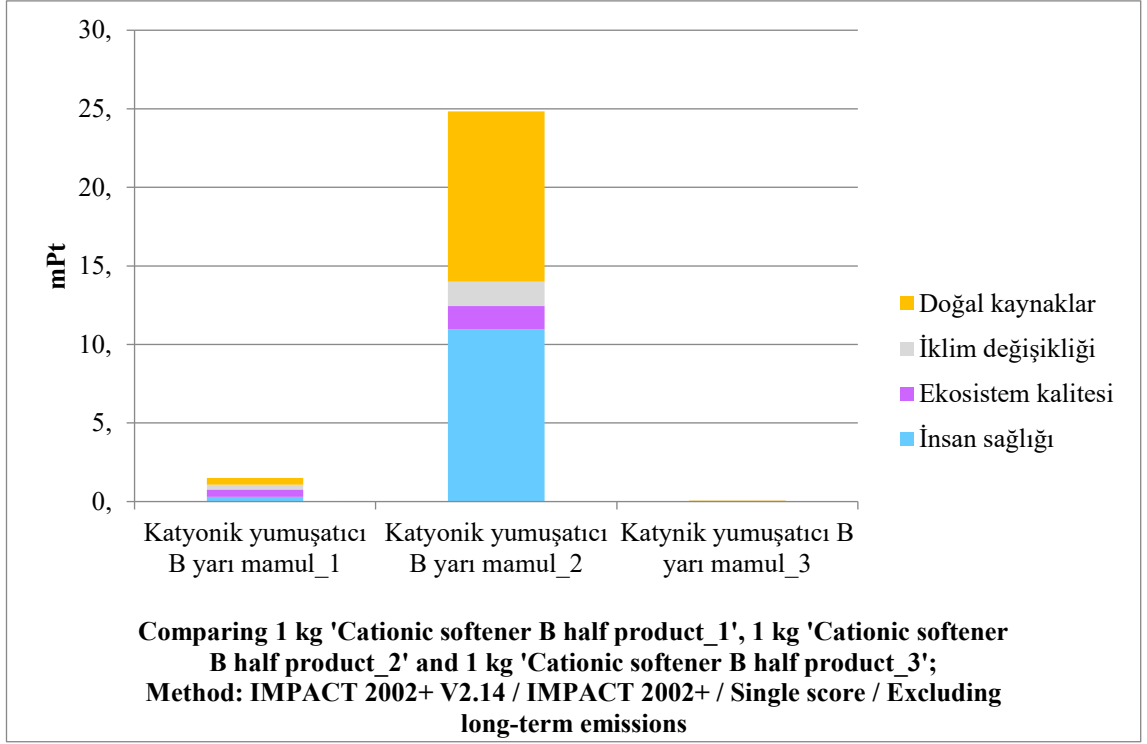
**Çizelge 4.51.**Katyonik yumuşatıcı B'nin 1 kg üretimi için gerekli enerji miktarı

Adım	1 kg için tüketim miktarı(kWh)
Elektrik tüketimi	0,014569847
Isıtma	0,095809513

Yarı mamuller de sisteme ana ürünler gibi girilmiş ve ana ürün hesabı yapılırken seçilmiştir.

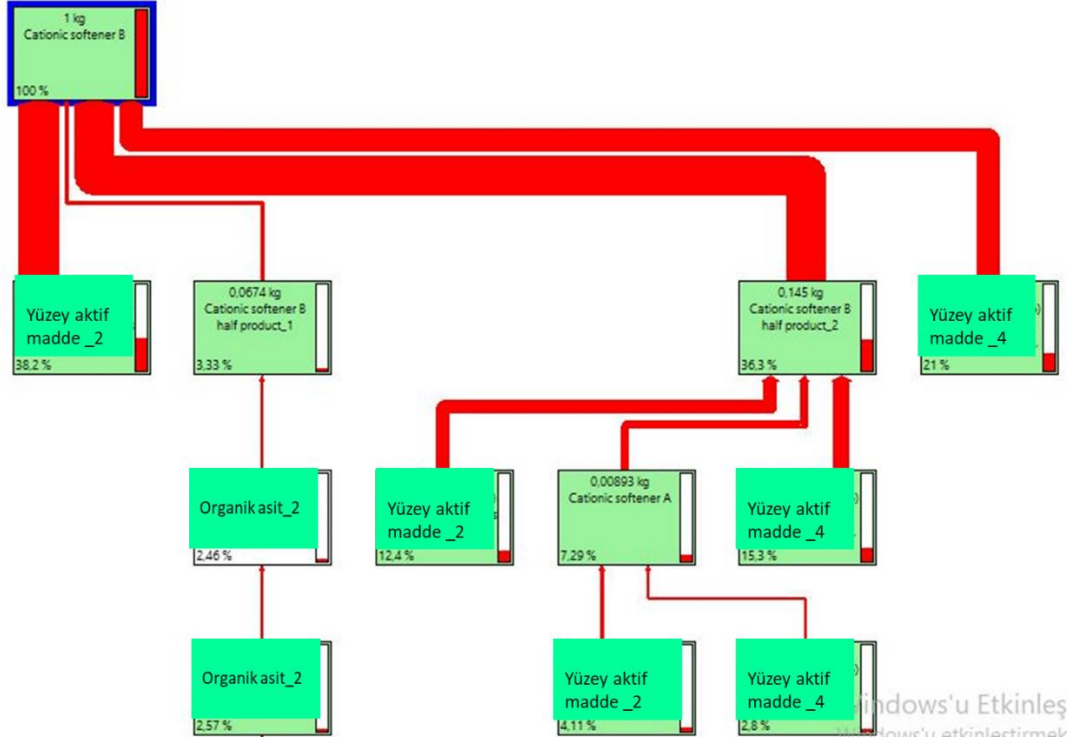
Enerji girişlerinde doğal gaz için heat, district or industrial, natural gas (GLO) seçilmiş olup, elektrik için ise medium voltage (TR) seçilmiştir. Değerler kWh cinsinden tercih edilmiştir. Yarı mamuller mPt cinsinden karşılaştırılmıştır. Katyonik yumuşatıcı yarı mamul\_2 insan sağlığı ve doğal kaynaklar üzerine baskısı olurken; yarı mamul\_1 ve yarı mamul\_3'te ekosistem kalitesi üzerine baskı gözlemlenmiştir (Şekil 4.22).





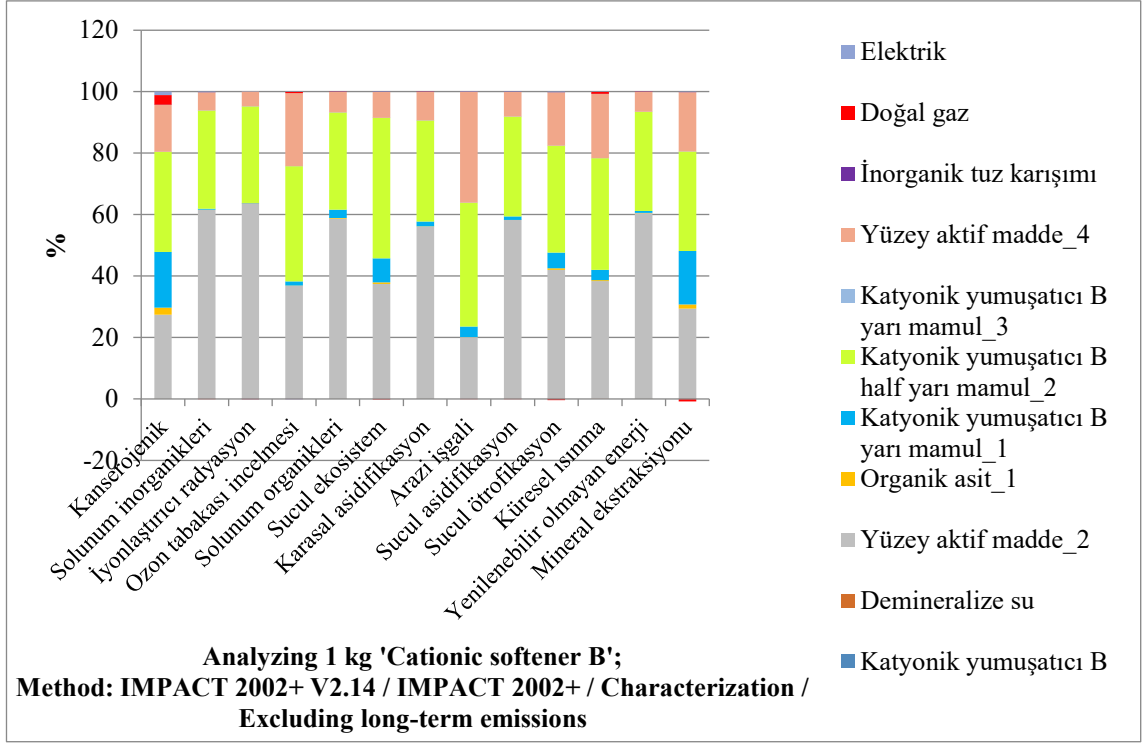
**Şekil 4.22.** Katyonik yumuşatıcı B'nin yarı mamullerinin karşılaştırılması

Sistemin bağlantılarını bulmak için network adımı ve etki analizi için IMPACT 2022+ seçilmiştir. Karbon emisyonu üzerinden değerlendiren katyonik yumuşatıcı B, emisyon katkısını en çok %38,2 payı ile yüzey aktif madde\_2 ve %36,8 payı ile katyonik yumuşatıcı yarı mamul\_2'den almıştır (Şekil 4.23). Katyonik yumuşatıcı yarı mamul\_2'nin üretim süreci ve ana ürünün içerisinde demineralize sudan sonra en fazla kullanılan madde olması sonucu etkilemiştir.

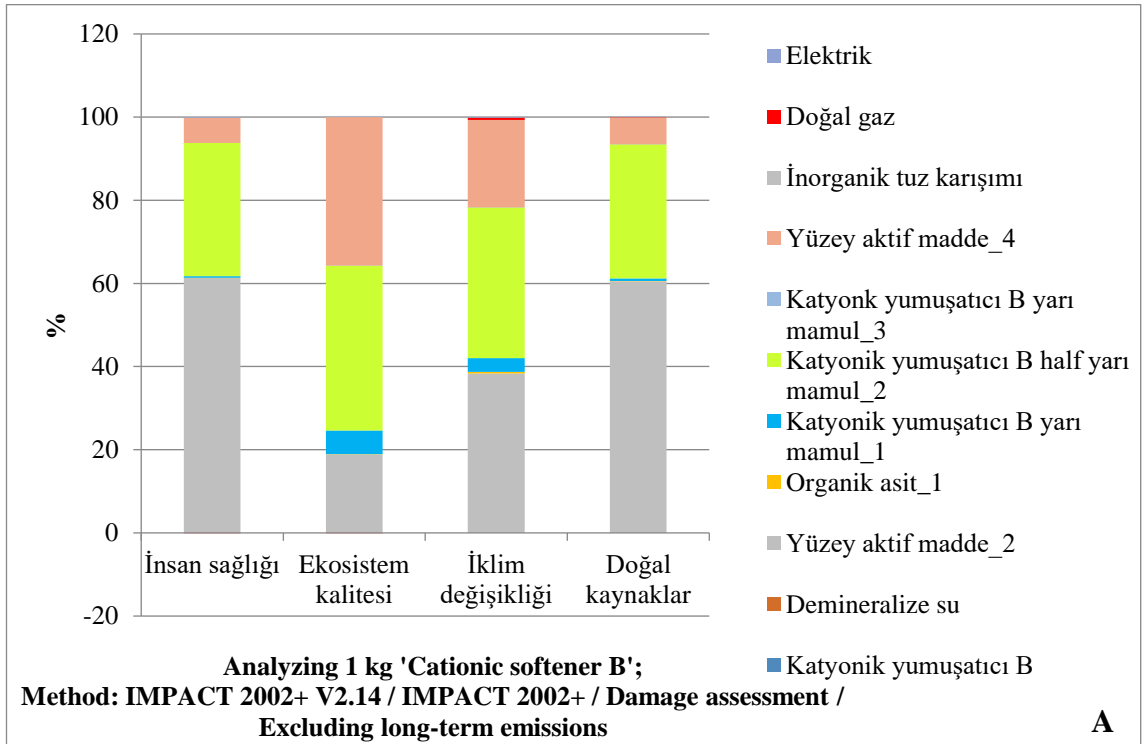


Şekil 4.23. Katyonik yumuşatıcı B'nin akım şeması

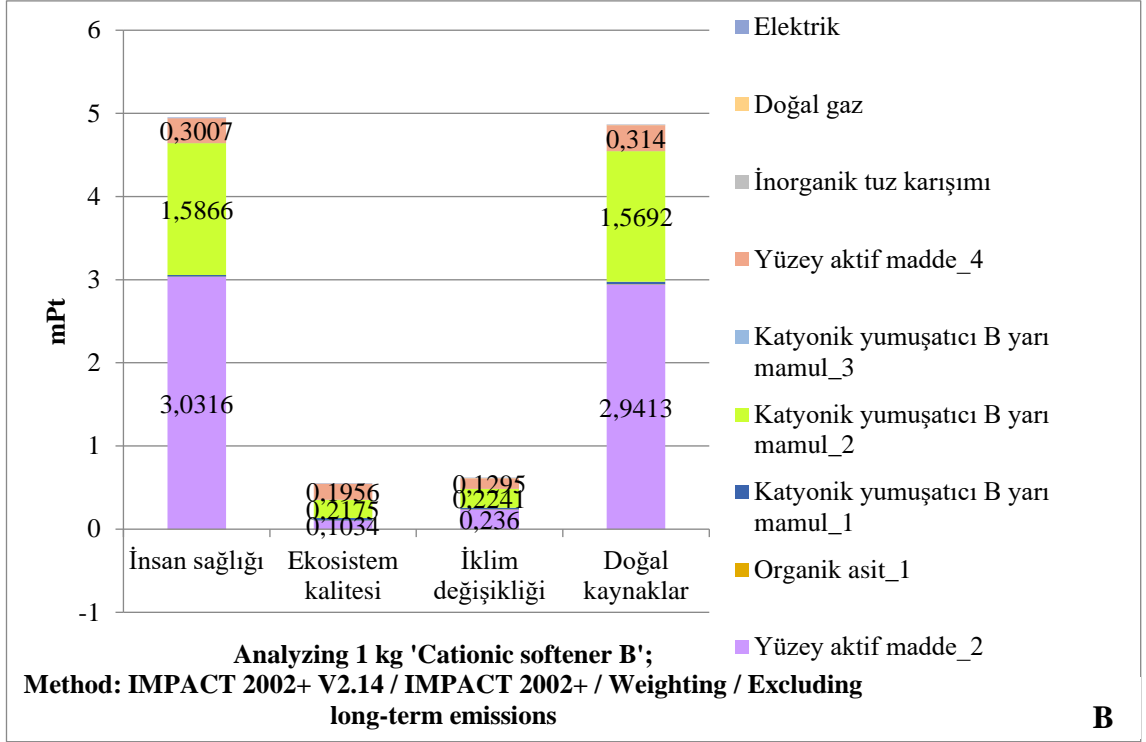
Katyonik yumuşatıcı B karakterize edildiğinde kanserojen etki, sucul ekosistem, arazi işgali ve mineral ekstraksiyonunda katyonik yumuşatıcı yarı mamul\_2; diğer kategorilerde de yüzey aktif madde\_2 büyük payı oluşturmuştur (Şekil 4.24). Etki analizinde ise yüzey aktif madde\_2'nin en büyük etkisi %61,242 oranı ile insan sağlığı üzerine olmuştur. Ekosistem kalitesinde ise % 39,65 oranı ile katyonik yumuşatıcı yarı mamul\_2 büyük rol oynamıştır. İklim değişikliğinde %38,234; doğal kaynaklarda %60,472 oranı ile yüzey aktif madde\_2 olmuştur (Şekil 4.25 a).



**Şekil 4.24.** Katyonik yumuşatıcı B'nin karakterizasyon analizi



**A**



**Şekil 4.25.** Katyonik yumuşatıcı B'nin etki analizi A) Etki analizinin yüzdelik olarak gösterimi B) Etki analizinin mPt olarak gösterimi

**Çizelge 4.52.** Etki analizinde kullanılan birimler

Etki kategorisi	Birim	Toplam	En fazla etkiye sebep olan
İnsan sağlığı	DALY	3,51E-05	Yüzey aktif madde_2
Ekosistem kalitesi	PDF*M <sup>2</sup> *yr	7,51	Katyonik yumuşatıcı yarı mamul_2
İklim değişikliği	kgCO <sub>2</sub> eq	6,11	Yüzey aktif madde_2
Doğal kaynaklar	MJ primary	739	Yüzey aktif madde_2

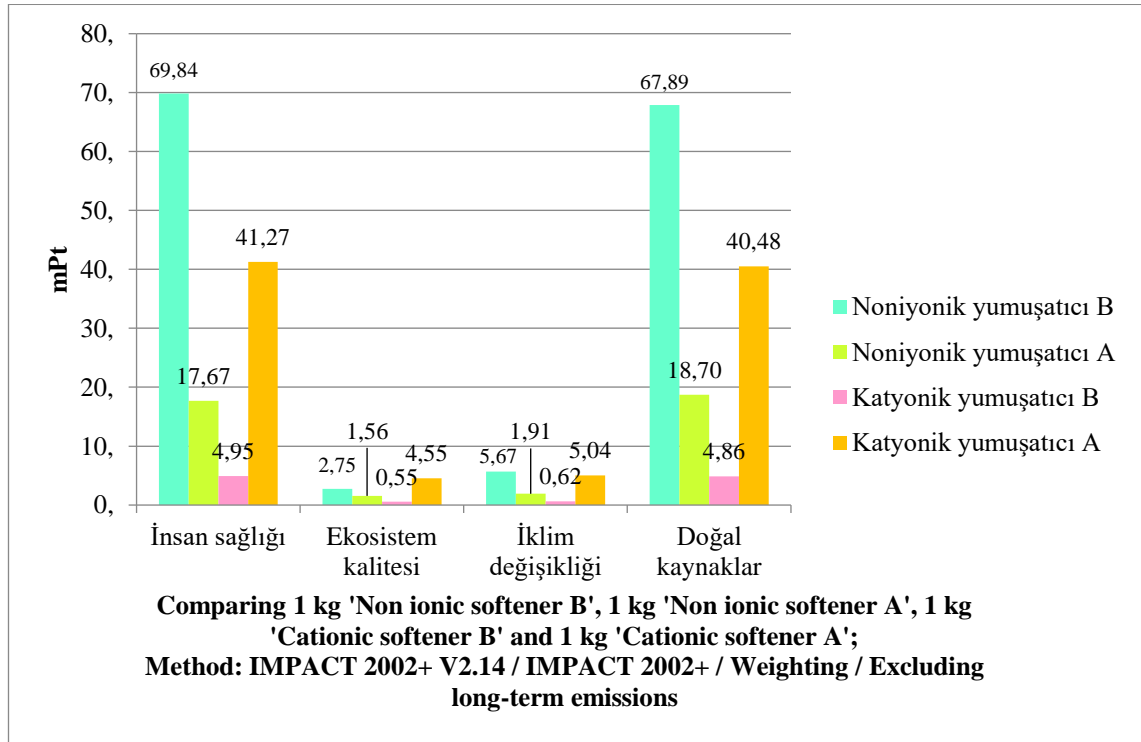
Etki değerleri mPt cinsinden değerlendirildiğinde en yüksek baskının etki insan sağlığı üzerinde olduğu görülmüştür. Bu sırayı doğal kaynaklar, iklim değişikliği ve ekosistem kalitesi takip etmektedir. Ekosistem kalitesi dışındaki tüm kategorilerde yüzey aktif madde\_2 domine edici olmuştur (Şekil 4.25 b).

### 4.3. Tüm Yumuşatıcıların Yaşam Döngüsü Analizi ile Karşılaştırılması

Noniyonik yumuşatıcı A, noniyonik yumuşatıcı B, katyonik yumuşatıcı A ve katyonik yumuşatıcı B mPt birimi cinsinden karşılaştırıldığında çevre üzerinde en büyük etkiyi noniyonik yumuşatıcı B'nin oluşturduğu ve insan sağlığı üzerinde baskı oluşturduğu; noniyonik yumuşatıcı A'nın en çok etkiyi doğal kaynaklar üzerinde oluşturduğu; katyonik yumuşatıcı A ve B'nin en çok insan sağlığı üzerinde etki oluşturduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4.26).

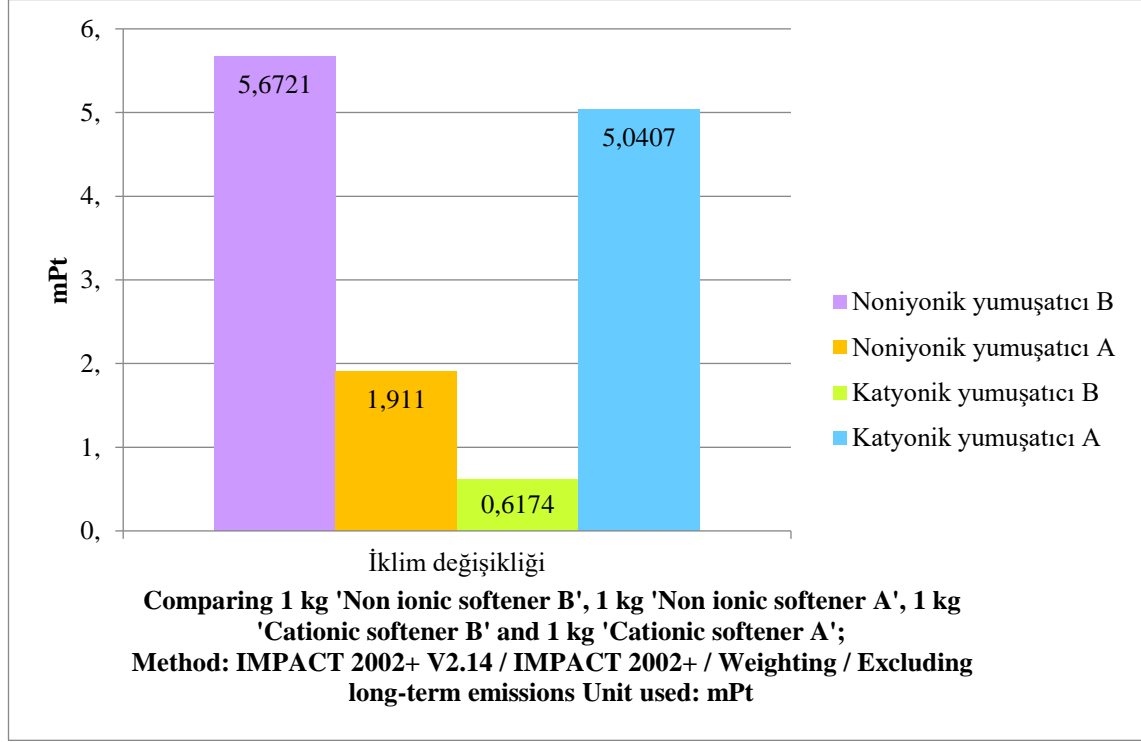
Proses bakımından benzeyen katyonik yumuşatıcı A ve noniyonik yumuşatıcı B karşılaştırıldığında, noniyonik yumuşatıcı B'nin çevresel etkisinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Noniyonik ve katyonik yumuşatıcılar kendi grupları içinde kıyaslandığında sıvı formda olan noniyonik yumuşatıcı A ve katyonik yumuşatıcı B'nin payet formunda olan diğer yumuşatıcılara göre daha az çevresel etkisi olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.26. Tüm yumuşatıcıların karşılaştırılması

Tüm yumuşatıcıların etkisi toplandığında en yüksek etki kategorisi insan sağlığı olmuştur ve bunu doğal kaynaklar, iklim değişikliği ve insan sağlığı takip etmiştir.



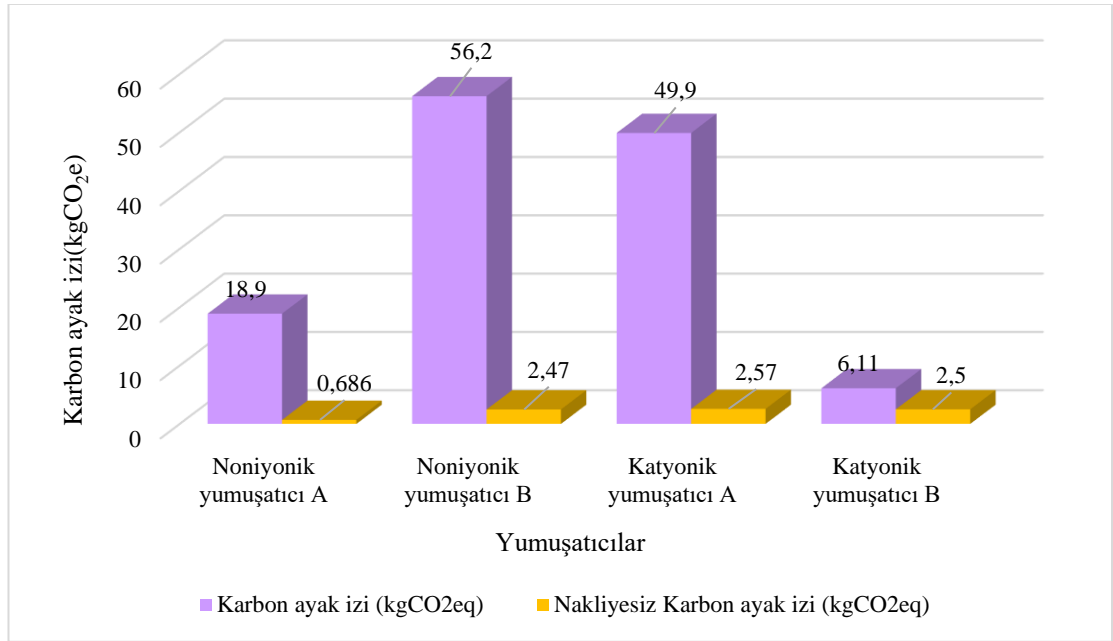
Şekil 4.27. Tüm yumuşatıcıların iklim değişikliği etkisinin mPt birimi ile karşılaştırılması

Ürün karbon ayak izi hesabında 0,001 fark ile en çok emisyon salımına neden olan katyonik yumuşatıcı A, yaşam döngüsü değerlendirmesi sonucu belirlenmiş en çok emisyon salımına neden olan noniyonik yumuşatıcı B ile oluşturduğu farklılık dışında diğer yumuşatıcıların etki sonuçları ile eğilim yönünden örtüşmüştür (Şekil 4.27).

### 4.3. Nakliye Süreci Dahil Edilmediğinde Açığa Çıkan Emisyon Değerleri

Nakliye süreçlerinin ürün karbon ayak izi hesaplamasında sonuca oldukça etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu süreçlerin yaşam döngüsü analizinde de kapsam dışı bırakılması durumu ile nakliye dahil durumları değerlendirilmiştir.

SimaPro yazılımında hesaplanan ürün karbon ayak izinden nakliye süreci çıkarıldığında ise sonucu en fazla değişen yumuşatıcı noniyonik yumuşatıcı B olmuştur. Bu sonuç, noniyonik yumuşatıcı B'nin karbon ayak izini en çok etkileyen sürecin nakliye aşaması olduğu anlaşılmaktadır. En düşük fark katyonik yumuşatıcı B'de gözlemlenmiştir. Bu sonuç, nakliye sürecinin katyonik yumuşatıcı B karbon ayak izine diğerleri kadar etki etmediğini göstermektedir. Nakliye süreçleri dahil edilmediğinde ürünün formunun belirleyici bir parametre olmadığı görülmektedir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Nakliye sürecinin karbon ayak izine etkisi

## 5. SONUÇ

Tekstil sektörü çevresel izi en yüksek olan sektörlerden biridir. Enerji, doğal kaynak ve kimyasal yoğun olan bu sektör, ham madde eldesinden atık yönetim sürecine kadar olan uzun bir yolculuğa sahiptir. Üretim ve tüketim arttıkça tüketicilerin beklentileri de artmaktadır. Bu doğrultuda, fonksiyonel özellikler kazandırılmış giysiler ön plana çıkmaktadır. Talepler ile birlikte sayıları da artan işlevsel tekstil yardımcı kimyasalları tekstil üretiminin neredeyse her aşamasında yer almaktadır.

Tekstil yardımcı kimyasallarının en çok bitim işlemi sırasında kullanıldığı bilinmekte ve yumuşatıcı grubu da en önemli bitim kimyasallarındandır. Tekstil ürünleri hakkında çevresel değerlendirmeler oldukça yaygındır. Ancak kimyasal girdileri veri eksikliği, bildirmek istememe gibi nedenlerden dolayı genellikle değerlendirmelere alınmamaktadır. Literatürde tekstil yardımcı kimyasalların çevresel etki analizi ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bitim kimyasallarında en çok tercih edilen kimyasallardan olan yumuşatıcılar iyoniklik özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, önemli bir girdiyi oluşturan tekstil yardımcı kimyasalları hakkında birincil veri kaynağı ve tercih sebepleri oluşturmak amaçlanmıştır.

Çalışmada SimaPro 8.5.0 yaşam döngüsü değerlendirmesi yazılımı, IMPACT 2002+ etki metodu ve ISO 14067:2018 Ürün Karbon Ayak İzi ISO Standardı ile 2 adet noniyonik 2 adet katyonik yumuşatıcı değerlendirilmiştir. Standartta ürünlerin kimyasal özelliklerinden kaynaklanan etki belirlenemediğinden, SimaPro 8.5.0 yazılımı ile değerlendirilmek istenmiştir.

Ürün karbon ayak izi hesaplaması sonucu ürün karbon ayak izi değeri en fazla katyonik yumuşatıcı A ürününde açığa çıkmıştır. Salınan emisyon değerlerine az miktarda üretimler için tüketilen elektrik enerjisi, payetleme gibi ek enerji tüketim süreçleri ve tedarik aşamaları etki etmektedir. Yumuşatıcının cinsinden çok proses tercihlerinin emisyon değerini etkilediği belirlenmiştir. Yarı mamul ya da nakliye emisyonu fazla olsa bile ana ürün içerisinde kullanılan miktarın etkili olduğu görülmüştür.



Yaşam döngüsü değerlendirmesi sonucunda, üretim yöntemi bakımından benzer katyonik yumuşatıcı A ve noniyonik yumuşatıcı B karşılaştırıldığında, noniyonik yumuşatıcı B'nin çevresel etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sıvı formda olan noniyonik yumuşatıcı A ve katyonik yumuşatıcı B'nin payet formunda olan diğer yumuşatıcılara göre daha az çevresel etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Bütün ürünlerde ön plana çıkan yüzey aktif maddeler, literatür ile incelendiğinde bozunurluğunun yüksek olduğu, açığa çıkan yan bileşiklerin karasal ekosisteme etkisi olabileceği, birikme eğiliminde olduğu ve canlıların hücre zarı geçirgenliği yapısının bozulmasına neden olduğundan şüphelenilmektedir. Yüzey aktif maddelerin üretim süreçlerinin de çevresel etkisinin yüksek olduğu ve prosesler içinde de bu ürünlerin oldukça fazla oluşu süreçleri domine edici olmasına neden olduğu düşünülmektedir (CEPA,1999).

Ürün karbon ayak izi değerlendirmesinde en fazla emisyon salımına neden olan katyonik yumuşatıcı A'nın, yaşam döngüsü değerlendirmesinde en çok emisyon salımına neden olan noniyonik yumuşatıcı B ile oluşturduğu düşük farklılık seviyesi dışında diğer yumuşatıcıların eğilimleri örtüşmüştür.

Nakliye sürecinin dahil olmadığı durumda ürün manuel karbon ayak izi hesabında sonuçları birbirine yakın hale getirirken sıralamayı değiştirmemiştir. Yazılıma dahil edilmeyen nakliye süreci ciddi oranda azalmalara ve sıralamanın değişmesine neden olmuştur ve fiziksel forma göre ağırlıklandırmanın doğru olmayacağı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Abrahart, E. N. ve Whewell, C. S. (2022). "tekstil". Encyclopedia Britannica. Erişim adresi: <https://www.britannica.com/topic/textile>.
- Act, C. E. P. ve Pentafluoroethane, C. A. S. (1999). Canadian Environmental Protection Act. Erişim adresi: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/c-15.31/FullText.html>
- Ammayappan L., Muthukrishnan G. ve Saravana Prabhakar C. (2003). A single stage preparatory pro-cess for woven cotton fabric and its optimization. *Manmade Text India* 46(1):29-35
- Ammayappan, L., Jose, S. ve Arputha Raj, A. (2016). Sustainable production processes in textile dyeing. *Green Fashion: Volume 1*, 185-216.
- Badoe, W., Samadu, K. ve Frimpong, C. (2015). Exploration of innovative techniques in printed textile design. *International Journal of Innovative Research and Development*, 4(10), 199-211.
- Bahadır, E. B. (2012). Tekstil endüstrisi arıtılmış atıksularında renk ve öncelikli kirleticilerin ozon teknolojileri ile gideriminin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ. Erişim adresi: <https://acikerisim.nku.edu.tr/xmlui/handle/20.500.11776/904>
- Bakanlığı, T. S. V. T. (2021). Tekstil, Hazır Giyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu.
- Battan, B., Dhiman, S. S., Ahlawat, S., Mahajan, R. ve Sharma, J. (2012). Application of thermostable xylanase of *Bacillus pumilus* in textile processing. *Indian journal of microbiology*, 52, 222-229.
- Beasley, J., Georgeson, R., Arditi, S. ve Barczak, P. (2014). Advancing Resource Efficiency in Europe: Indicators and waste policy scenarios to deliver a resource efficient and sustainable Europe. Brussels: European Environmental Bureau (EEB).
- Bernstein, L., Bosch, P., Canziani, O., Chen, Z., Christ, R. ve Riahi, K. (2008). IPCC, 2007: climate change 2007: synthesis report.
- Beton, A., Dias, D., Farrant, L., Gibon, T., Le Guern, Y., Desaxce, M. ve Dodd, N. (2014). Environmental improvement potential of textiles (IMPRO-Textiles). European Commission.
- Bhar, C. (2016). Indian textile industry and its impact on the environment and health: a review. *International Journal of Information Systems in the Service Sector (IJISSS)*, 8(4), 33-46.
- Bilim, S., ve Bakanlığı, S. V. T. (2020). Kimya Sektörü Raporu.

Bluesign. (2011). Environmental Health & Safety (EHS) guidelines for brands and retailers.

Bluesign. (2022). bluesign ® system substances list (BSSL) Consumer safety limits Version. Erişim adresi: [https://www.bluesign.com/downloads/bssl/2022/bssl\\_v13.0.pdf](https://www.bluesign.com/downloads/bssl/2022/bssl_v13.0.pdf)

Boedeker, W., Watts, M., Clausing, P. ve Marquez, E. (2020). The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC public health*, 20(1), 1-19.

Brigden, K., Hetherington, S., Wang, M., Santillo, D., ve Johnston, P. (2014). Hazardous chemicals in branded luxury textile products on sale during 2013. Greenpeace Research Laboratories Technical Report, 1, 2014.

Britannica. (1999). The Editors of Encyclopaedia. "textile". Encyclopedia Britannica Erişim adresi: <https://www.britannica.com/topic/textile/Production-of-yarn>

Britannica. (2008). The Editors of Encyclopaedia. "fibre". Encyclopedia Britannica. Erişim adresi: <https://www.britannica.com/technology/fiber-technology>

Bukhari, M. A., Carrasco-Gallego, R. ve Ponce-Cueto, E. (2018). Developing a national programme for textiles and clothing recovery. *Waste Management & Research*, 36(4), 321-331.

Caulfield, K. (2009). Sources of textile waste in Australia. Retrieved December 2016.

CEFIC. (2023). 2023 Facts And Figures Of The European Chemical Industry. Erişim adresi: <https://cefic.org/a-pillar-of-the-european-economy/facts-and-figures-of-the-european-chemical-industry/>

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H., ve Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological economics*, 60(1), 186-203.

Cindoruk, S. (2023). "Tekstil sektöründe koku emisyonu problemi" Yeşil Çevre. Erişim adresi: <https://www.yesilcevre.com.tr/tekstil-sektorunde--koku-emisyonu-problemi>

Colby, W. E. ve Forbath P. (1978). *Honorable men: My life in the CIA*, Simon & Schuster.

Das, D. (2014). Introduction to composite nonwovens. In *Composite non-woven materials*, Woodhead Publishing, 1-19.

De Falco, F., Gullo, M. P., Gentile, G., Di Pace, E., Cocca, M., Gelabert, L. ve Avella, M. (2018). Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics. *Environmental Pollution*, 236, 916-925.

Decisions, C. (2010). *Carbon Footprinting: An Introduction for Organizations*.

Duran, Z., Genç, M., Doğan, T. ve Erdem, B. (2020). Evaluation of noise emission in a textile plant. *Naturengs*, 1(1), 53-63.

ECHA Programming Document(s). (2021). 2022-2025 Multiannual Work Programme /Strategic Plan Final Work Programme 2022 Draft Programming Document 2023-2025. Erişim adresi: [https://echa.europa.eu/documents/10162/11209549/mb\\_39\\_2021\\_pid\\_f3](https://echa.europa.eu/documents/10162/11209549/mb_39_2021_pid_f3)

Economics, O. (2019). The global chemical industry: Catalyzing growth and addressing our world's sustainability challenges. Report for ICCA.

Eftimova, B., Sholjakova, M., Mirakovski, D. ve Hadzi-Nikolova, M. (2017). Health effects associated with exposure to anesthetic gas nitrous oxide-N<sub>2</sub>O in clinical hospital-Shtip Personel. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 5(6), 800.

Elitaş, A. C., ve Şağban, F. O. T. (2018). Tekstil Ramöz Bacasından Kaynaklanan Kirliliğe Önlem Olarak Oluşturulan Filtrasyon Sisteminin Değerlendirilmesi: Bir Örnek Çalışma.

Ellen MacArthur Foundation. (2017). A new textiles economy: Redesigning fashion's future. Erişim adresi: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>

Environment Agency UK. (2013). Nonylphenol ethoxylates (NPE) in imported textiles, pp.10, 21.

Environmental Justice Foundation. (2017). "The Casualties of Cotton". Erişim adresi: <https://ejfoundation.org/news-media/the-casualties-of-cotton>

EPA, U. (2010). Nonylphenol (NP) and nonylphenol ethoxylates (NPEs) action plan. RIN.

European Environmental Agency. (2021). Plastic in textiles: towards a circular economy for synthetic textiles in Europe.

European Environmental Agency. (2023). Europe's used textiles are an increasing waste and export problem. Erişim adresi: <https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/news/europes-used-textiles-are-an-increasing-waste-and-export-problem>

Eurostat. (2010). Guidance on classification of waste according to EWC-Stat categories Supplement to the Manual for the Implementation of the Regulation (EC) No 2150/2002 on Waste Statistics. Erişim adresi: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351806/Guidance-on-EWCStat-categories-2010.pdf/0e7cd3fc-c05c-47a7-818f-1c2421e55604>

Eurostat. (2022c). Production and consumption of chemicals by hazard class. Environmental Hazards.

Eurostat. (2022d). Production and consumption of chemicals by hazard class. Health Hazards.

- Eurostat, B. (2023a). Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity. Disponible en ligne.
- Eurostat. (2023b). Population on 1 January by age group, sex and citizenship.
- Fashion Fiber. (2021). Sustainability 101: Water Overuse. Erişim adresi: <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/9167/sustainability-101-water-overuse>
- Gardetti, M. Á. ve Muthu, S. S. (2015). Handbook of sustainable luxury textiles and fashion (Vol. 1, pp. 1-211). Singapore: Springer.
- Ghaly, A. E., Ananthashankar, R., Alhattab, M. V. V. R. ve Ramakrishnan, V. V. (2014). Production, characterization and treatment of textile effluents: a critical review. *J Chem Eng Process Technol*, 5(1), 1-19.
- Gozálvez-Zafrilla, J. M., Sanz-Escribano, D., Lora-García, J. ve Hidalgo, M. L. (2008). Nanofiltration of secondary effluent for wastewater reuse in the textile industry. *Desalination*, 222(1-3), 272-279.
- Haque, M. S., Nahar, N. ve Sayem, S. M. (2021). Industrial water management and sustainability: development of SIWP tool for textile industries of Bangladesh. *Water Resources and Industry*, 25, 100145.
- Hawley, J. M. (2009). Understanding and improving textile recycling: a systems perspective. In *Sustainable textiles* (pp. 179-199). Woodhead Publishing.
- Heffer, P. ve Prud'homme, M. (2016). Global nitrogen fertilizer demand and supply: Trend, current level and outlook. In *International Nitrogen Initiative Conference. Melbourne, Australia*.
- Hennes, H. M. ve Mauritz, A. B. (2014) H&M conscious actions: Sustainability report 2013.
- Hossain, L. (2017). Water footprint assessment of RMG sector of Bangladesh.
- Huang, C. ve Schlatzer, R.K. (1985). Water thickening agents consisting of copolymers of crosslinked acrylic acids and esters, Google Patents.
- Humbert, S., Margni, M. ve Jolliet, O. (2012). IMPACT 2002+: user guide. Draft for version Q, 2.
- IEA. (2023). Global CO<sub>2</sub> emissions by sector, 2019-2022, IEA, Paris. Erişim adresi: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-by-sector-2019-2022>, IEA. Licence: CC BY 4.0.
- IEA. (2022). Global CO<sub>2</sub> emissions from transport by sub-sector in the Net Zero Scenario, 2000-2030, IEA, Paris. Erişim adresi: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-from-transport-by-sub-sector-in-the-net-zero-scenario-2000-2030>.

Inaba, A., Chevassus, S., Cumberlege, T., Hong, E., Kataoka, A., Lohsomboon, P. ve Inaba, A. (2016). Carbon footprint of products. In Special types of life cycle assessment (pp. 11-71). Dordrecht: Springer Netherlands.

Industrievereinigung Chemiefaser eV. (2022). Die Chemiefaserindustrie in der Bundesrepublik Deutschland 2021/2022.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (1989). - Summaries & Evaluations, Antimony Trioxide And Antimony Trisulfide, p. 291.

IPPC. (2002). Note, S. G. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Guidance for the Textile Sector.

İnalçık, H. (2008). Türkiye Tekstil Tarihi Üzerine Araştırmalar. Ankara: İş Bankası Kültür Yayınları.

İşmal, Ö. E. (2011). Boyarmadde Endüstrisinin Öncüsü: bir bilim adamı ve entelektüel olarak Sir William Henry Perkin. Yedi, (6), 23-30.

Javadi, M. S., Mokhtari, J., Nouri, M. ve Mazaheri, F. (2013). Novel cationic softener containing MCT reactive dyes for cotton: simultaneous dyeing and functional finishing. Fibers and Polymers, 14, 920-925.

Jekel, M. (1997). Wastewater treatment in the textile industry. Treatment of wastewaters from textile processing, 9.

John, M. J., ve Anandjiwala, R. D. (2009). Surface modification and preparation techniques for textile materials. In Surface modification of textiles (pp. 1-25).

Kalaoğlu, F. ve Paul, R. (2015). Finishing of jeans and quality control. In Denim (pp. 425-459). Woodhead Publishing.

Kapp, K. J. ve Miller, R. Z. (2020). Electric clothes dryers: An underestimated source of microfiber pollution. PLoS One, 15(10), e0239165.

KEMI. (2014). Chemicals in textiles: Risks to human health and the environment p.52

Kiron, I. M. (2021). Scouring Process of Cotton in Textile Industry. Erişim adresi: <https://textilelearner.net/scouring-process-of-cotton-in-textile-industry/>

Kozai, T. ve Niu, G. (2020). Role of the plant factory with artificial lighting (PFAL) in urban areas. In Plant Factory (pp. 7-34). Academic Press.

Köhler, A., Watson, D., Trzepacz, S., Löw, C., Liu, R., Danneck, J. ve Faraca, G. (2021). Circular economy perspectives in the EU textile sector. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

La Rosa, A. D. ve Grammatikos, S. A. (2019). Comparative life cycle assessment of cotton and other natural fibers for textile applications. Fibers, 7(12), 101.

- Lacis, A. A., Schmidt, G. A., Rind, D. ve Ruedy, R. A. (2010). Atmospheric CO<sub>2</sub>: Principal control knob governing Earth's temperature. *Science*, 330(6002), 356-359.
- Laitala, K. (2014). Clothing consumption: An interdisciplinary approach to design for environmental improvement.
- Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. Ve Zommers, Z. (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Summary for Policymakers.
- Li, Y., Linke, B. S., Voet, H., Falk, B., Schmitt, R. ve Lam, M. (2017). Cost, sustainability and surface roughness quality—A comprehensive analysis of products made with personal 3D printers. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 16, 1-11.
- Lieber, C. (2018). Why fashion brands destroy billions' worth of their own merchandise every year. Erişim adresi: [https://www.vox.com/the\\_goods/2018/9/17/17852294/fashion-brands-burning-merchandise-burberry-nike-h-and-m](https://www.vox.com/the_goods/2018/9/17/17852294/fashion-brands-burning-merchandise-burberry-nike-h-and-m)
- Lin, Sheng H. ve Ming L. Chen. (1997). "Purification of textile wastewater effluents by a combined Fenton process and ion exchange." *Desalination* 109.2: 121-130.
- Lindsey, R. (2019). Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. *Climate.gov*, 19.
- Manshoven, S. ve Grossi, F. (2022). Textiles and the Environment The role of design in Europe's circular economy.
- Maslow, A., & Lewis, K. J. (1987). Maslow's hierarchy of needs. *Salenger Incorporated*, 14(17), 987-990.
- McKinnon, A. C. Ve Piecyk, M. (2010). Measuring and managing CO<sub>2</sub> emissions in European chemical transport.
- MEB. (2018). *Tekstil Teknolojisi Temel Bitim İşlemleri (Apre)*. Ankara.
- Meyer, L., Dew, T. ve Jarrell, P. (2022). Cotton and Wool Outlook: September 2022. *Amber Waves: The Economics of Food, Farming, Natural Resources, and Rural America*, 2022(Cotton and Wool Outlook Number (CWS-22i).
- Moazzem, S., Wang, L., Daver, F. ve Crossin, E. (2021). Environmental impact of discarded apparel landfilling and recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 166, 105338.
- Momotaz, F. ve Hasan, R. (2021). A Study on the Effect of Textile Effluents and Best Effective Effluent Treatment Plant in Bangladesh Textile Industry
- Moo-Young, M. (2019). *Comprehensive biotechnology*. Elsevier.
- Mostafa, M. (2015). Waste water treatment in textile Industries-the concept and current removal technologies. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 7(1), 501-525.
- Moustafa, S. (2008). *Process Analysis & Environmental Impacts of Textile Manufacturing. Dyes and Chemicals*.

- Munasinghe, P., Druckman, A. ve Dissanayake, D. G. K. (2021). A systematic review of the life cycle inventory of clothing. *Journal of Cleaner Production*, 320, 128852.
- Muthu, S. S. (2020). *Assessing the environmental impact of textiles and the clothing supply chain*. Woodhead publishing.
- Müezzinoğlu, A. (1998). Air pollutant emission potentials of cotton textile manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 6(3-4), 339-347.
- Nair, G., Jadeja, Y., Donga, M., Vaghasiya, D. ve Vora, V. (2019). Production of ecofriendly fabric softener. *International Journal of Applied Engineering Research*, 14(1), 8-15.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2023). Noise and Occupational Hearing Loss. Erişim adresi: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/default.html>
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T. ve Gwilt, A. (2020). The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 189-200.
- Nikolina, S. (2019). Environmental impact of the textile and clothing industry: What consumers need to know.
- Nimkar, U. (2018). Sustainable chemistry: a solution to the textile industry in a developing world. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 9, 13-17.
- NJH. (2012). Hazardous Substance Fact Sheet: Antimony. Erişim adresi: <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0141.pdf>
- Online Ethymology Dictionary. (2017). Textile (n.). Erişim adresi: <https://www.etymonline.com/word/textile>
- Owen, J. (1989). *Comprehensive polymer science and supplements*.
- Ozturk, H. K. (2005). Energy usage and cost in textile industry: A case study for Turkey. *Energy*, 30(13), 2424-2446.
- Önleme, E. K., ve Projesi, K. E. IPPC. (2012). *Tekstil Sanayi İçin MET Kılavuzu*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Özbel, K. (1945). *El Sanatları III*, s.5-6. CHP Halkevleri Bürosu.
- Özmen, A., Bakanlığı, Ç. V. S. G., & Müdürlüğü. (2014). *İ. Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Hükümlerinin Örneklerle ve Saha Uygulamalarıyla Açıklanması*.
- Özsoy, C. E., & Ahmet, D. (2016). Sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik ayak izi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (619), 35-55.
- Pagga, U. ve Brown, D. (1986). The degradation of dyestuffs: Part II Behaviour of dyestuffs in aerobic biodegradation tests. *Chemosphere*, 15(4), 479-491.



- Panda, S. K. B. C., Sen, K. ve Mukhopadhyay, S. (2021). Sustainable pretreatments in textile wet processing. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129725.
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental monitoring and assessment*, 178, 135-160.
- Paul, R. (2015). Functional finishes for textiles: An overview. *Functional Finishes for Textiles, Improving Comfort, Performance and Protection*, 1-14.
- Philippa, N. (2020). Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain Global Stocktaking. Technical Report. UNEP.
- Ranganathan, K., Jeyapaul, S. ve Sharma, D. C. (2007). Assessment of water pollution in different bleaching based paper manufacturing and textile dyeing industries in India. *Environmental monitoring and assessment*, 134, 363-372.
- Reach. (2006). A New Chemicals Policy for the EU. Belgium: European Commission.
- Regmi, M. B. ve Hanaoka, S. (2010). A Framework to Evaluate Carbon Emissions from Freight Transport and Policies to Reduce CO<sub>2</sub> Emissions through Mode Shift in Asia. In 3rd International Conference on Transportation and Logistics.
- Riaz. (2018). Softeners: Their Application for Leather and Textile Industry. T. Master Of Sciences in Chemistry.
- Ritchie, H., Roser, M. ve Rosado, P. (2020). CO<sub>2</sub> and greenhouse gas emissions.
- Roaf, M. (1996). "Mezopotamya ve Eski Yakınoğu", *Atlaslı Büyük Uygarlıklar Ansiklopedisi*, C.9, İstanbul: İletişim Yayınları, s.8.
- Roos, S. (2015). Towards sustainable use of chemicals in the textile industry: how life cycle assessment can contribute. Chalmers Tekniska Hogskola (Sweden).
- Ross, G. (2019). Australia recycles paper and plastics. So why does clothing end up in landfill. *The Guardian*.
- Sandin, G., Roos, S., Spak, B., Zamani, B. ve Peters, G. (2019). Environmental assessment of Swedish clothing consumption. *Mistra Future Fashion report 2019:05*.
- Schindler, W. D. Ve Hauser, P. J. (2004). *Chemical finishing of textiles*. Elsevier.
- Schönberger, H. ve Schäfer, T. (2003). *Best available techniques in textile industry*. Berlin: Federal Environmental Agency, 47.
- Seçkiner, S.U. ve Kurt, M. (2004). Ofis Güvenliğinin Değerlendirilmesi İçin Geliştirilmiş Ergonomi Teknolojisi: Kairos, Örnek Uygulama. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der*, 19(1), 37-38.
- Sharpe, S., Dominish, E. ve Martinez-Fernandez, M. C. (2022). Taking climate action: Measuring carbon emissions in the garment sector in Asia (No. 53). ILO Working Paper.

Sillanpää, M. ve Ncibi, C. (2019). Döngüsel ekonomi. Lineer Ekonomiden Geçişe İlişkin Vaka Çalışmalarında; Academic Press: Cambridge, MA, ABD).

Sivaramakrishnan, C. N. (2013). The use of surfactants in the finishing of technical textiles. In *Advances in the dyeing and finishing of technical textiles* (pp. 199-235). Woodhead Publishing.

Standard, G. O. T. (2021). Global Organic Textile Standard (GOTS): Version 6.0. Erişim adresi: [https://global-standard.org/images/resource-library/documents/standard-and-manual/gots\\_version\\_6\\_0\\_en1.pdf](https://global-standard.org/images/resource-library/documents/standard-and-manual/gots_version_6_0_en1.pdf)

STATISTA. (2022). Yearly total quantity of landfilled textile waste per person in the European Union (EU) in 2016, by country. Erişim adresi: <https://www.statista.com/statistics/1091462/landfilled-textile-waste-in-the-european-union-per-person/>

STATISTA. (2023). Global Fiber Production Share Type. Erişim adresi: <https://www.statista.com/statistics/1250812/global-fiber-production-sharetype/#:~:text=In%202021%2C%20synthetic%20fibers%20accounted,accounted%20for%20fie%20percent%20each.>

Stone, C., Windsor, F. M., Munday, M. ve Durance, I. (2020). Natural or synthetic—how global trends in textile usage threaten freshwater environments. *Science of the Total Environment*, 718, 134689.

Strategic Approach to International Chemicals Management. (2019). Open-ended Working Group of the International Conference on Chemicals Management Third meeting Montevideo, 2–4 April 2019. 2020 Zero Discharge of Hazardous Chemicals (ZDHC): How collective action is transforming the textile industry in a proactive and systemic way. Erişim adresi: <http://www.saicm.org/Portals/12/Documents/meetings/OEWG3/inf/OEWG3-INF-34-ZDHC-.pdf>

Synthetic Fibers Market. (2023). Synthetic Fiber Market Size, Share & Trends Analysis Report by Type (Polyester, Nylon, Acrylics), by Application (Clothing, Home Furnishing), by Region, and Segment Forecasts, 2022-2030.

Teli, M. D. (2016). Environmental textiles: testing and certification. In *Performance Testing of Textiles* (pp. 177-192). Woodhead Publishing.

The World Counts. (2023). Cotton Production Statistics. Erişim adresi: <https://www.theworldcounts.com/challenges/clothing/world-cotton-production-statistics>

Thistlethwaite, G., Karagianni, E., Collins, A., MacCarthy, J., Thomas, H., Mullen, P., Kelsall, A., Bramwell, R., Wong, J., Quinn, P., Walker, C. (2022). Government Greenhouse Gas Conversion Factors for Company Reporting Methodology Paper for Conversion factors Draft Report. Erişim adresi: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1083857/2022-ghg-cf-methodology-paper.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1083857/2022-ghg-cf-methodology-paper.pdf)

Ticaret Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü. (2022). Tekstil ve Ham maddeleri Sektör Raporu <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Tekstil%20ve%20Hammaddeleri%20Raporu.pdf>

Tortora, P., G. ve Merkel R. S. (1996). Fairchild's Dictionary of Textiles. 7th Edition Fairchild Publications. New York. pp.445, 572.

Townsend, T. (2020). World natural fibre production and employment. In Handbook of natural fibres (pp. 15-36). Woodhead Publishing.

Trade Statistics for International Business Development. (2022). Erişim adresi: Trade Map ITC Ge - neva <https://www.trademap.org/Index.aspx>

TÜİK. (2022). Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2020. National Inventory Report for submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

UNFCCC. (2018). UN Helps Fashion Industry Shift to Low Carbon Erişim adresi: <https://unfccc.int/news/un-helps-fashion-industry-shift-to-low-carbon>

Ungerth, L. ve Carlsson, A. (2011). Vad händer sen med våra kläder. *Stockholm, Konsumentföre.*

van der Velden, N. M., Patel, M. K. ve Vogtländer, J. G. (2014). LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane. The International Journal of Life Cycle Assessment, 19, 331-356.

Verma, A. K., Dash, R. R. ve Bhunia, P. (2012). A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters, Journal of Environmental Management 93; 154-168.

Water Footprint Network. (2017). Viscose Fibres Production, An Assessment of Sustainability Issues. Erişim adresi: [https://waterfootprint.org/resources/Viscose\\_fibres\\_Sustainability.pdf](https://waterfootprint.org/resources/Viscose_fibres_Sustainability.pdf)

WEC, World Energy Council. (2001). A report of the World Energy Council. Pricing energy in developing countries

Willet, J., Wetser, K., Vreeburg, J. ve Rijnaarts, H. H. (2019). Review of methods to assess sustainability of industrial water use. Water Resources and Industry, 21, 100110.

WRAP. (2016). Banbury, Recycling Tracking Survey, Behaviours, attitudes and awareness around recycling, Prepared by WRAP.

Yönetmeliği, S. K. K. (2023). Y. R. G. (12). Mayıs Cuma 2023. Sayı, 32188, 2023.

## **EKLER**

**EK 1** Emisyon Faktörünün Referans Alındığı Yakıt Çizelgesi

## EK 1 Emisyon Faktörünün Referans Alındığı Yakıt Çizelgesi

**Table 12: Fuel types and associated emissions factors used in the determination of FuelMixCO<sub>2</sub>factor**

Fuel	CO <sub>2</sub> Emissions Factor (kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>th</sub> )
Biodiesel, bioethanol etc	-
Biomass (such as woodchips, chicken litter etc)	-
Blast furnace gas	1.00
Butane	0.21
Coal and lignite	0.32
Coke oven gas	0.14
Coke, and semi-coke	0.34
Domestic refuse (raw)	0.16
Ethane	0.18
Fuel oil	0.27
Gas oil	0.25
Hydrogen	-
Landfill gas	-
Methane	0.18
Mixed refinery gases	0.25
Natural gas	0.18
Other	0.18
Other Biogas (e.g. gasified woodchips)	-
Other gaseous waste	0.18
Other liquid waste (non-renewable)	0.20

Fuel	CO <sub>2</sub> Emissions Factor (kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>th</sub> )
Other liquid waste (renewable)	-
Other oils	0.25
Other solid waste	0.26
Petroleum coke	0.34
Petroleum gas	0.21
Propane	0.21
Refuse-derived Fuels (RDF)	0.16
Sewage gas	-
Unknown process gas	0.18
Uranium	-
VOC's	-
Waste exhaust heat from high temperature processes	-
Waste heat from exothermic chemical reactions	-
Other waste heat	-
Wood Fuels (woodchips, logs, wood pellets etc)	-
Fuel cells	0.18
Syngas / Other Biogas (e.g. gasified woodchips)	-
Pentane	-
Other Industrial By-Product gases	0.18
Hospital waste	0.26
Hydrogen (as a by-product)	-
Hydrogen (as a primary fuel)	-
Oil shale	0.27
Bituminous or asphaltic substance	-
Carbon Monoxide	0.18

Sources: GHG Conversion factors for Company Reporting (2021 update) and UK GHGI (Ricardo Energy & Environment, 2022).

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İlayda KIRKAN  
Doğum Yeri ve Tarihi :  
Yabancı Dil : İngilizce, Almanca

### Eğitim Durumu

Lise : Ahmet Vefik Paşa Anadolu Lisesi (2015)  
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği (2020)  
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Teknolojisi Anabilim Dalı (2023)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Rudolf DURANER (2021-Halen)

### İletişim (e-posta)

: . . . . .

Yayımları : Kırkan, İ. ve Salihoğlu, G. (2023). *Mühendislikte Öncü ve Çağdaş Çalışmalar: Tekstil Üretimi ve Tüketicinin Çevresel Etkileri*. Duvar Kitabevi, s. 529-562. Ankara.