

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
ÇEVRE SORUNLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ
Ankara University Center for Environmental Studies

ANKARA ÜNİVERSİTESİ ÇEVREBİLİMLERİ DERGİSİ
Ankara University Journal of Environmental Sciences

Cilt: 8

Volume: 8

Sayı: 1

Number: 1

Yıl: 2021

Year: 2021

Ankara – 2021

Elektronik / Online ISSN: 2146-1562

Tüm Hakları saklıdır. Bu derginin tamamı ya da dergide yer alan bilimsel çalışmaların bir kısmı ya da tamamı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre Ankara Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezinin yazılı izni olmaksızın, elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

All rights are reserved. Published content may not be copied or re-published without the permission of Ankara University Center for Environmental Studies.

Ankara Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi
Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi
Ankara University Journal of Environmental Sciences

Elektronik / Online ISSN: 2146-1562

Cilt/ Volume: 8

Sayı/ Number: 1

Yıl/ Year: 2021

Yayın Sahibinin Adı/ Owner

Ankara Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve
Uygulama Merkezi adına
Mehmet SOMUNCU

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Publisher Manager
Uğur DOĞAN

Yayın İdare Merkezi Adresi/ Correspondence
Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi
Sıhhiye, ANKARA

Yayın İdare Merkezi Telefonu/Phone
+90 312 596 1659

Elektronik Posta Adresi/ Email
csaum@ankara.edu.tr

URL
<http://dergiler.ankara.edu.tr>
<http://csaum.ankara.edu.tr>

Yayının Türü/ Type of Publication
Yaygın süreli yayın/ Widely Distributed Periodical

Editörler Kurulu/ Editorial Board

Mehmet SOMUNCU (**Editör**/ Editor)
Işıl KAYMAZ (**Yardımcı Editör** / Associate Editor)

Editör Danışma Kurulu/Editorial Advisory Board:

Ali İhsan AROL, Ortadoğu Teknik Üniversitesi
Aysel ATIMTAY, Ortadoğu Teknik Üniversitesi
Ayşen ERDİNÇLER, Boğaziçi Üniversitesi
Christina GONNELLI, Università Degli Studi Firenze
Erwin BERGMEIER, University of Göttingen
Fatmagül GEVEN, Ankara Üniversitesi
Federico SELVI, Università Degli Studi Firenze
Gökşen ÇAPAR, Ankara Üniversitesi
Gülen GÜLLÜ, Hacettepe Üniversitesi
Günay KOCASOY, Boğaziçi Üniversitesi
Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU, Ankara Üniversitesi
İhsan ÇİÇEK, Ankara Üniversitesi
Kaoru KASHIMA, Kyushu University
Latif KURT, Ankara Üniversitesi
Neil ROBERTS, Plymouth University
Neriman ŞAHİN GÜÇHAN, Ortadoğu Teknik
Üniversitesi
Nilgül KARADENİZ, Ankara Üniversitesi
Selim L. SANİN, Hacettepe Üniversitesi
Sibel ATASAGUN, Ankara Üniversitesi
Uğur DOĞAN, Ankara Üniversitesi
Warren EASTWOOD, Birmingham University

Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, yılda iki kez yayımlanan hakemli bir dergidir.
Ankara University Journal of Environmental Sciences is a refereed journal, published twice a year.

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
ÇEVRE SORUNLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ
Ankara University Center for Environmental Studies
ANKARA ÜNİVERSİTESİ ÇEVREBİLİMLERİ DERGİSİ
Ankara University Journal of Environmental Sciences
Cilt/ Volume: 8 Sayı/ Number: 1 Yıl/ Year: 2021

İçindekiler/ Contents

The Ichthyofauna of Separate Reservoirs of the Republic of Armenia and the Factors Affecting its Formation <i>Anush S. ARAKELYAN, Samvel K. PIPOYAN</i>	1
Döngüsel Ekonomi: Engeller, Stratejiler ve İş Modelleri <i>The Circular Economy: Barriers, Strategies and Business Models</i> <i>Evren SAPMAZ VERAL</i>	7
Polietilen Plastik Atıkların Kimyasal Bozundurma Metodu (Pirroliz) ile Faydalı Ürünlere Dönüştürülmesi <i>Conversion of Polyethylene Wastes to Useful Products By Chemical Degradation Method (Pyrolysis)</i> <i>Adil KOÇ, Suzan ALAN KORUN</i>	19
Makale Kabul ve Yazım Kuralları	27
Instructions for Authors	29

The Ichthyofauna of Three Reservoirs in Northeastern Armenia and The Factors Affecting its Formation

Anush S. ARAKELYAN¹, Samvel Kh. PIPOYAN²

¹Foundation for Restoration of Sevan trout stocks and Development for Aquaculture

²Armenian State Pedagogical University after Kh.Abovyan

Abstract: 10 fish species belonging to Cypriniformes order have been found in Tavush, Joghaz and Aygedzor reservoirs located in the North of Armenia. The Ichthyofauna of all three reservoirs are quite different (the Jaccard similarity index was from 0.11 to 0.43), which indicates that the fish communities of each of the reservoirs have been formed independently and spatially, depending on the influence of factors such as irregular and uncontrolled acclimatization, disruption of fish migration due to hydraulic structures, drastic changes in a number of hydrogeological indicators in the freshwaters, poaching, etc. As a result, the ichthyofauna of the studied reservoirs has undergone drastic changes and mainly consists of low-cost waste fish.

Keywords: Ichthyofauna, Republic of Armenia, Tavush reservoir, Joghaz reservoir, Aygedzor reservoir.

1. Introduction

About 85 reservoirs have been built in Armenia and are currently in operation, most of which lack reliable scientific descriptions of the species composition and quantitative relationships of individual species. It is known that the dams of most of these reservoirs, being built on the banks of various rivers, lack fish leaders, which has a negative impact on the natural fish communities of these rivers. As a result, within a few years, river-dwelling species disappear from these reservoirs, and in their place appear new species of fish preferring to live in lake conditions. In this regard, so far there has been only some information about some fish species in Armenia: Spandaryan, Angeghakot, Tolors, Shamb, Azat, Akhuryan, Tavush, Aparan reservoirs. In particular, the formerly numerous fish species such as *Barbus cyri* De Filippi, 1865 (Kura barbel), *Salmo caspius* Kessler, 1877 (Caspian trout) have become rare in the Tavush reservoir (Pipoyan, 2012). These studies, which were conducted about 15-20 years ago, do not give a full picture of the current species composition of the reservoir and possible further changes, which makes it relevant to study the Ichthyofauna of reservoirs in Armenia as an object of perspective development of fish farming. The Ichthyofauna of Tavush Reservoir was re-examined in 2017 and was found the following fish species *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Crucian carp), *Alburnoides eichwaldii* (De Filippi, 1863) (Kura chub), *Capoeta capoeta* (Güldenstädt, 1773) (Caucasian scraper), *Barbus cyri*, *Squalius agdamicus* Kamensky, 1901 and *Cyprinus carpio* L., 1758 (Common carp) are identified in Tavush reservoir (Arakelyan et al, 2017).

Tavush, Joghaz and Ayghedzor reservoirs which are located in the north and north-east of Armenia, at state borders with Azerbaijan the Ichthyofauna of Joghaz and Ayghedzor reservoirs has not been studied yet. Water from these reservoirs flows into the territory of the neighboring countries and into the Kura River.

The Ichthyofauna of Three Reservoirs in Northeastern Armenia and The Factors Affecting its Formation

The goal of the current study is to explore the Ichthyofauna composition and the identification of the main factors of its formation.

2. Material and methodology

During our studies over the periods 2015-2019 (n=599), 10 fish species have been revealed, captured from Tavush (n=403) (2017-2019), Joghaz (n=161) (2015-2019) and Aygedzor (n=35) (2017) reservoirs. The fish was caught with a 70 cm diameter fishing net, a 55 cm diameter hand fishing net, fishing hooks, a screen, and a hand fishing hook. The caught fish were kept in a 4% formalin solution and then underwent study. While collecting and processing the material (selection of tools and methods of fishing) the methods of research used in Ichthyology were used (Pravdin, 1966). The species identification of the individuals studied was carried out according to the determinant of the fish of Armenia (Pipoyan, Tigranyan, 2010). The final adjustments of systematics were done according to Kaya et al (2020) and Kuljanishvili *et al.* (2020).

The similarity coefficient of fish communities of different aquifers was calculated according to the Jacquard index (K_j).

$$K_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Where *a* indicates the number of fish species found in one area, *b* is the number of fish species found in another area, and *c* is the number of total fish species found in both areas (Jaccard, 1912).

The terms "numerous", "ordinary", and "rare" were used to describe the frequency of occurrence of certain fish species in a given river or freshwater. Conventionally, "numerous" indicated the fish species, the number of which exceeded 30% in the sample, "ordinary" the number of which did not exceed 30% are "rare" when the number in the sample did not exceed 10% (Pipoyan, 2012).

3. Research Findings

According to the data collected between the periods 2017-2019 not only previously discovered species in Tavush Reservoir -*Carassius gibelio*, *Alburnoides eichwaldii*, *Capoeta capoeta*, *Barbus cyri*, *Squalius agdamicus*, *Cyprinus carpio*- but also a new fish species *Pseudorasbora parva* Temminck & Schlegel 1846 (Topmouth gudgeon) were revealed. (Figure 1). From which *Cyprinus carpio*, *Pseudorasbora parva* and *Carassius gibelio* are exotic fish species (Kaya et al. 2020).

Carassius gibelio is the leading in quantity and forms 48.6% (numerous) of the total fish caught. *Capoeta capoeta* in the second place in quantity (22.6%) (ordinary), *Pseudorasbora parva* in the third place (20.8%) (ordinary), *Squalius agdamicus* forms 6.2% (rare), and *Alburnoides eichwaldii*, *Barbus cyri* and *Cyprinus carpio* are found in unique individuals, and their quantity formed just the 0.3-1.0% (rare) of the total fish caught (Figure 2).

Few fish species are found in Aygedzor reservoir, such as *Alburnoides eichwaldii*, *Capoeta capoeta*, *Barbus cyri*. During the studies conducted in 2017 in Aygedzor reservoir, the dominant fish species was *Capoeta capoeta*, which formed 57.1% (numerous) of the total fish caught. *Alburnoides eichwaldii* was in the second place (37.1%) (numerous), and *Barbus cyri* was in the third place (5.7%) (rare) (Figure 3).

Currently the following fish species are found in Joghaz reservoir: *Capoeta capoeta*, *Carassius gibelio*, *Pseudorasbora parva*, *Alburnus filippii* Kessler, 1877 (Kura bleak) (Figure 4, A), *Cyprinus carpio* (Figure 4, B), *Sabanejewia aurata* (De Filippi, 1863) (Golden spined loach) (Figure 4, C) and *Cobitis derzhavini* (Spined loach) (Figure 4, D). From the above mentioned only the 3 fish species are leading in the reservoir: *Carassius gibelio* 34.8% (numerous), *Pseudorasbora parva* - 23.6% (ordinary) and *Capoeta capoeta* 19.9% (ordinary), *Alburnus filippii* 13.0%, and the rest species 1.2-5.0% (rare) (Figure 5).



Figure 1. Fish species found at Tavush reservoir A) *Carassius gibelio*, B) *Alburnoides eichwaldii*, C) *Capoeta capoeta*, D) *Barbus cyri*, E) *Squalius agdamicus*, F) *Pseudorasbora parva*

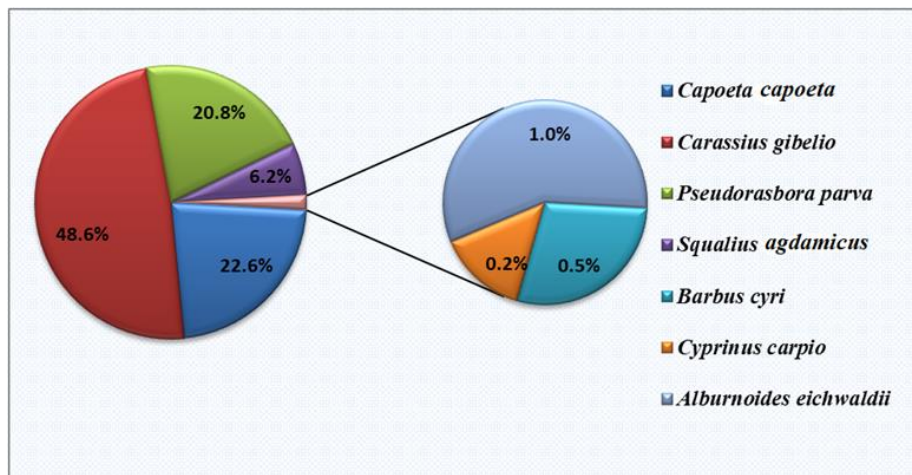


Figure 2. Fish species of Tavush reservoir and frequency

The Ichthyofauna of Three Reservoirs in Northeastern Armenia and The Factors Affecting its Formation

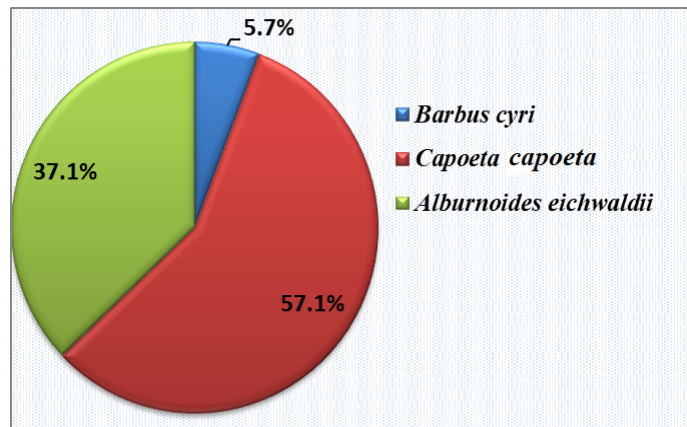


Figure 3. Fish species of Aygedzor Reservoir and frequency

A)



B)



C)



D)



Figure 4) Fish species found at Joghas reservoir A) *Cyprinus carpio*, B) *Alburnus filippii*, C) *Sabanejewia aurata* D) *Cobitis derzhavini*

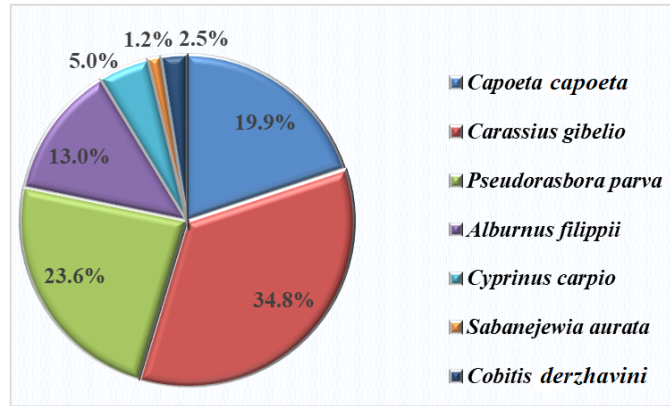


Figure 5 Fish species of Joghaz Reservoir and frequency

4. Discussion

Our studies conducted showed that fish species found in the three reservoirs belong to order Cypriniformes. River trout, *Salmo caspius* belonging to Salmoniformes order isn't found in the reservoirs at present, whereas previously it was found in the rivers, and visit those reservoirs for feeding (Dadikyan, 1986; Pipoyan, 2012). Today it is nearly at risk of extinction because of negative changes of environment, disappearance of migration routes and poaching.

At the same time, in all three reservoirs, the numerous species are species that prefer to inhabit in lake conditions (*Carassius gibelio*), and the ones which feels well both in river and lake conditions (*Capoeta capoeta*, *Pseudorasbora parva*). What the scarcity of preferring to inhabit in lake conditions.

Cyprinus carpio regards, then its quantity is greatly affected by selective fishing and the release of its fingerlings in the given reservoirs, as this species is rarely reproduced here. Other species which are mostly common in river conditions usually are in small quantities, and especially where the river flows into the reservoir and the level of oxygen and other hydrological conditions are better. It is worth mentioning that the two more numerous fish species *Carassius gibelio* and *Pseudorasbora parva* aren't native and have accidently flown into the freshwaters of Armenia in the 60-70s of last century (Pipoyan, 2012). During the following years the two species could expand nearly in the whole territory of the country and are currently considered the most numerous species in Armenia. One of the reasons for such widespread and climatic management is the large-scale reservoir construction, which significantly changes the water and thermal regimes of the rivers, in turn creating unfavorable conditions for aborigine rheophile species, which are now gradually being extinct by giving way to species that are resistant to water temperature changes such as *Carassius gibelio* as well as *Pseudorasbora parva*. The development of such a situation was anticipated, as during the design and subsequent exploitation of the reservoirs in Armenia no possible changes in the coexistence of fish have been taken into consideration and no scientific projections or suggestions and targeted fishery work have been followed before.

Under such formation conditions of ecosystems and because of numerous biotic and abiotic impacts, the Ichthyofauna of many reservoirs in Armenia has undergone radical changes and mainly consists of low-cost waste fish species which is indicated in the three reservoirs studied.

5. Conclusions

In this regard, the comparison of the similarity of fish species composition of the three reservoirs with the help of the Jaccard similarity indexes of utmost importance. As our studies have indicated, the ichthyofauna of all three reservoirs is quite different (the Jaccard similarity index was from 0.11 to 0.43),

The Ichthyofauna of Three Reservoirs in Northeastern Armenia and The Factors Affecting its Formation

which witnesses that the fish communities of each of the reservoirs have been formed independently and spatially, depending on the influence of the above-mentioned factors.

References

- Arakelyan, A.S., Pipoyan, S.Kh., Tumanyan, L.G. 2017. The fish diversity of Tavush Reservoir (Tavush Region, North-Eastern Armenia) *Proceedings of the International Conference "Biological diversity and conservation problems of the fauna-3"*. September 27-29., Yerevan, Armenia.
- Dadikyan, M. G. 1986. *Fishes of Armenia*. Yerevan: Academy of Sciences of the Armenian SSR. 245 p. (In Russ.)
- Dadikyan, M. G. 1986. *Fishes of Armenia*. Yerevan: Academy of Sciences of the Armenian SSR. 245 p. (In Russ.)
- Kaya, C., Bayçelebi, E., Turan, D. 2020. Taxonomic assessment and distribution of fishes in upper Kura and Aras river drainages. *Zoosystematics and Evolution*, 96(2): 325-344. <https://doi.org/10.3897/zse.96.52241>
- Kuljanishvilil, T., Epatashvili, G., Freyhof, J., Japoshvili, B., Kalous, L., Levin, L., Mustafayev, N., Ibrahimov, Sh., Pipoyan, S., Mumladze, L. 2020. Checklist of the freshwater fishes of Armenia, Azerbaijan and Georgia. *J Appl Ichthyol*; 1–14. DOI: 10.1111/jai.14038
- Jaccard, P. 1912. The Distribution of the flora in the alpine zone. *New Phytologist*, 11 (2): 37–50, Doi:10.1111/j.1469-8137.1912.tb05611.x
- Pravdin, I.F. 1966 Guide to the fish study. Pishshevaya, promishlenost. M. 376 p. (In Russ.)
- Pipoyan, S. Kh. 2012. *Ichthyofauna of Armenia: stages of formation and current state*. ISBN 978-3-8473-9977-3. P. 548. (In Russ.)
- Pipoyan, S.Kh, Tigranyan E.A. 2002. Modern Ichthyofauna of Armenia. *Issues of Ichthyology* 5(42): 601-604. (In Russ.)

Döngüsel Ekonomi: Engeller, Stratejiler ve İş Modelleri

The Circular Economy: Barriers, Strategies and Business Models

Evren SAPMAZ VERAL^{1*}

¹Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı,
Ankara

Özet: Tüm dünyayı etkileyen pandemi krizi, iklim değişikliği ve dünya kaynaklarının hızla tükenmesi, gezegenimizin ekolojik sınırları konusunda insanlığı bir yol ayrımına doğru götürmekte olup, mevcut ekonomik sistemin modern toplumun ihtiyaçlarını daha fazla karşılayamayacağı açıktır. Döngüsel ekonomi günümüzde hâkim olan doğrusal ekonomi modeline temel bir alternatifi temsil etmekte, pek çok ülkede yeşil dönüşümün ve döngüsel ekonominin öne çıkmaya başladığı görülmektedir. Döngüsel ekonominin ülkemiz için gündeme gelmesinin en temel sebeplerinden biri, Türkiye'nin en büyük ticaret ortağı olan AB'nin yeni büyüme stratejisi "Avrupa Yeşil Mutabakatı" kapsamında hedeflerinin ülkemiz açısından önemli sonuçlarının olacak olmasıdır. Bu çalışmanın amacı döngüsel ekonominin önündeki engelleri, döngüsel ekonomiye geçiş için stratejileri ve döngüsel iş modellerini incelemek, ülkemizde önümüzdeki süreçte yürütülecek çalışmalara katkı sağlamaktır. Döngüsel ekonomiye geçiş için, bütünsel politika tedbirlerinin ve gerekli yatırımların yanı sıra, ileri bir teknolojinin kullanılmasının ve köklü davranışsal değişikliklerin gerektiği açıktır. Döngüsel ekonomiye geçiş ülkelerin koşullarına göre değişiklik gösterecek olsa da, izlenecek politika ve çalışmaların, uygulamada karşılaşılan sorunların ve edinilen deneyimlerin takip edilmesinin ülkemizde bu alanda yürütülecek çalışmalara katkısı olacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Avrupa Yeşil Mutabakatı, Engeller, Stratejiler, Döngüsel İş Modelleri.

Abstract: The pandemic crisis affecting the whole world, climate change and the rapid depletion of the natural resources are leading humanity towards crossroads regarding the ecological boundaries of our planet, and it is clear that today's economic system cannot meet the needs of modern society any more. The circular economy represents a fundamental alternative to the linear economic model that prevails today, and it is seen that green transition and circular economy have come to the fore in many countries. One of the main reasons for the circular economy to become more critical for Turkey is the "European Green Deal"- the new growth strategy of Turkey's largest trading partner- will have important consequences for Turkey. The aim of this study is to examine the barriers and the strategies for the transition to the circular economy along with the circular business models, and hence to contribute to the studies to be carried out in Turkey in the upcoming period. It is clear that the transition to a circular economy requires the use of advanced technology and fundamental behavioural changes, as well as holistic policy measures and necessary investments. Although this transition will vary according to the conditions of each country, it is considered that the follow-up of the policies, the problems encountered in practice and of the experiences will contribute to the studies that Turkey will undertake in this field.

Keywords: Circular Economy, European Green Deal, Barriers, Strategies, Circular Business Models.

1. Giriş

Doğrusal (lineer) ekonomi ve al-yap-kullan-at modeli sanayi devrimiyle başlamış ve küresel ekonomi bu model etrafında şekillenmiştir. Doğal kaynakların üretim vasıtasıyla atığa dönüştüğü bu tek

Yazar iletişim: esveral@gmail.com

* Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda 2018 yılında Prof. Dr. Hakan Yiğitbaşıoğlu danışmanlığında tamamlanan "Atık Sorunsalı Bağlamında Avrupa Birliği'nin Yeni Ekonomi Modeli Olarak Döngüsel Ekonominin Değerlendirilmesi" konulu doktora tezinden üretilmiştir.

yönlü sistem, doğal kaynakların mevcut, yeterli, kolay erişilebilir ve israf edilmesinin ve atık olarak son bulmasının ucuz ve sorunsuz olduğu varsayımına dayanmış, bu da birçok alanda gezegenin sınırlarının aşılması ile sonuçlanmıştır (Steffen vd., 2015). Artan nüfus, refah, eşitsizlik ve tüketim, demografik değişim ve kaynaklar üzerindeki talep bu modeli daha da sürdürülemez kılmaktadır. Tüm dünyayı etkileyen pandemi krizi, iklim değişikliği ve dünya kaynaklarının hızla tükenmesi, gezegenimizin ekolojik sınırları konusunda insanlığı bir yol ayrımına doğru götürmekte olup, günümüzün hakim ekonomik sisteminin modern toplumun ihtiyaçlarını daha fazla karşılayamayacağı ve bu krizlere yanıt üretmediği açıktır.

Döngüsel ekonomi, günümüzde hakim olan doğrusal ekonomi modeline temel bir alternatifi temsil etmektedir. Döngüsel Ekonomi modeli, bütünsel bir süreci olan, ürün ve hammaddelerin yeniden kullanımını mümkün kılacaktır, atığın geri kazanıldığı, enerji ve tüm kaynakların verimli kullanıldığı, neredeyse hiç atık üretmeyecek şekilde temiz üretimin yapıldığı bir model ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir araç olarak tanımlanmaktadır. Atıksız ve çevreye zarar vermeden işleyen bir endüstri konseptine dayalı “beşikten beşiğe” yaklaşımından, doğal sistemlerin yapısı ve fonksiyonunun endüstriyel süreçlere bilgi sağladığı biyomimetikten ve endüstriyel ekolojiden yola çıkan “Döngüsel Ekonomi”, ekonomik değer zincirinde ürün ve hizmetlerin katma değerini maksimize etmeyi, artık atığı minimize etmeyi ve kaynakların ekonomide daha uzun süre kalmalarını hedeflemektedir (Murray, 2017: 373).

Döngüsel ekonomiyi destekleyen mevcut argümanlar, insanlık için sürdürülebilir olmayan çevresel ayak izine yol açan nüfusta devam eden büyümeye ve kişi başı tüketime, bu doğrultuda hem yenilenebilir hem de yenilenebilir olmayan kaynaklara yönelik artan talebe işaret etmektedir (Hoeksta ve Wiedmann, 2014). Uluslararası Kaynak Paneli (IRC), kaynak verimli bir kalkınma trajeksiyonuyla ekonomik kalkınma desteklenirken doğal kaynak kullanımının (su hariç) %28 oranında azaltılabileceğini, aynı zamanda Paris Anlaşmasında hedeflenen seviyelerin de ötesinde sera gazı emisyonlarında da %72’lik gibi büyük bir azaltımı başarabileceğini öngörmektedir (Anonim, 2020a). Bu da döngüsellik stratejilerini ön plana çıkarmak için iyi bir sebeptir. Bu kapsamda başta AB ülkeleri olmak üzere Çin, ABD, İngiltere gibi pek çok ülkede yeşil dönüşümün ve döngüsel ekonominin giderek önem kazandığı görülmektedir. Döngüsel ekonominin ülkemiz için yakın zamanda önemli bir konu haline gelmesinin temel sebeplerinden biri ise Türkiye’nin en büyük ticaret ortağı olan AB’de yaşanan gelişmelerin ve hedeflediği köklü değişikliklerin ülkemiz açısından önemli sonuçları olacak olmasıdır.

AB’nin kaynak-verimli, yeşil ve rekabetçi düşük-karbon ekonomisine geçiş hedefi doğrultusunda, “Döngüsel Ekonomi Paketi”, 2 Aralık 2015 tarihinde Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilmiştir (Sapmaz Veral ve Yiğitbaşıoğlu, 2018). Temiz ve döngüsel bir ekonomiye geçiş, aynı zamanda 11 Aralık 2019 tarihinde kabul edilen “Avrupa Yeşil Mutabakatı” ile benimsenen yeni büyüme stratejisinde yer alan öncelikli politika alanlarından biridir. Söz konusu belge kapsamında AB’nin 2050 yılına kadar iklim nötr hale getirilmesi, büyümenin artırılması, yeni ve daha iyi işlerin sunulması ve halkın refahının iyileştirilmesi hedeflenmekte; temiz, döngüsel ekonomiye geçişle kaynakların daha verimli kullanımının artırılması, iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik kaybının durdurulması ve kirliliğin azaltılması için bir yol haritası sunulmaktadır (Anonim, 2020b).

2020 Mart ayında açıklanan “Sanayi Stratejisi”nde dijital ve yeşil dönüşüme odaklanılırken, altında yer alan “Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı” ile tüm sektörlerde döngüsel ekonomiye geçiş desteklenmektedir. Avrupa Komisyonu tarafından 11 Mart 2020 tarihinde kabul edilen yeni döngüsel ekonomi eylem planı ürünlerin tüm yaşam döngüsünde döngüsel ekonomi süreçlerini teşvik edecek eylemlerin yanı sıra sürdürülebilir tüketimi desteklemekte ve kaynakların AB ekonomisinde mümkün olan en uzun süre boyunca kalmasını hedeflemektedir. Söz konusu eylem planı ile kaynak-yoğun sektörlerde odaklanılmakta, “sürdürülebilir ürün politikası” ile ortak metodoloji ve prensiplere dayalı olarak tüm ürünlerde döngüsel tasarım ve yeni iş modelleri desteklenmekte olup, getirilecek minimum standartları sağlayamayan çevreye zararlı ürünler piyasaya sunulamayacaktır (Anonim, 2020c). Bu kapsamda getirilen tedbirler aşağıdaki başlıklardadır:

- AB’de sürdürülebilir ürünlerin norm haline getirilmesi,

- Tüketicinin ve kamu alıcılarının güçlendirilmesi,
- Elektronik, bilgi ve iletişim teknolojisi, pil ve araçlar, ambalaj, plastikler, tekstil, inşaat ve binalar, gıda, su ve besin gibi kaynak kullanımının ve döngüsellik potansiyelinin yüksek olduğu sektörlerle odaklanması,
- Daha az atık oluşumu,
- İnsanlar, bölgeler ve şehirler için döngüsellik için işler hale getirilmesi,
- Döngüsel ekonomi konusunda küresel çabalara öncülük edilmesi (Anonim, 2020c)

AB'nin karbon nötr hedefi ve sanayisinin dönüşümü için hayata geçirilecek düzenlemelerin sadece AB ülkelerinde değil, aynı zamanda AB'ye ihracat gerçekleştiren ülkeler ve işletmeler üzerinde önemli etkilerinin olması, Türkiye'de de pek çok sektörün bu durumdan etkilenmesi beklenmektedir. Bu çalışmanın amacı döngüsel ekonominin önündeki engelleri, döngüsel ekonomiye geçiş için stratejileri ve iş modellerini incelemek ve bu kapsamda ülkemizde önümüzdeki döneme hazırlık için yürütülecek çalışmalara katkı sağlamaktır. Literatür taramasından elde edilen veriler ışığında sırasıyla döngüsel ekonominin önündeki engeller incelenmiş, döngüsel ekonomiye geçiş için stratejiler ele alınmış, döngüsel iş modelleri incelenerek farklı uygulama örneklerine yer verilmiştir. Son bölümde ise konuya ilişkin öneri ve değerlendirmelerde bulunulmuştur. AB üye ülkelerinin döngüsel ekonomiye geçiş için hazırlanmış olduğu ülke stratejileri diğer bir çalışmada ele alınmış olup (Sapmaz Veral, 2018), çalışmada ülke stratejilerine ve sektör odaklı analizlere yer verilmemiştir.

2. Döngüsel Ekonominin Önündeki Engeller

Döngüsel ekonomiye geçiş uygulamalarda çok büyük bir değişiklik gerektirmekte, ancak hem makro hem de mikro ölçekte önünde önemli engeller bulunmaktadır. Döngüsel ekonominin yaygın olarak uygulanması üretim süreçlerinde ve tüketim kalıplarında köklü değişiklikler gerektirmektedir. Diğer taraftan, döngüsel ekonominin ilerletilmesi için doğrusal ekonominin niçin baskın olmaya devam ettiğinin anlaşılması da önemli bir husustur. Avrupa Komisyonu tarafından yaptırılan bir çalışmada, ekonomilerde neden doğrusal ekonomi modelinin baskın olduğuna ve devam ettiğine ilişkin bazı sebeplere dikkat çekilmektedir:

- İşletme seviyesinde, işletme faaliyetlerinin çevresel ve sosyal etkilerini içeren gerçek maliyetleri şeffaf değildir.
- Üretim ve tüketime kaynak tüketimi, kirlilik ve iklim değişikliği gibi kümülatif etkilerinin işletmeler üzerindeki nihai etkisi göz ardı edilmektedir.
- Kısa dönemli karlar, hissedarlar için paylar ve pazar öncelikleri, kaynak verimliliği ve döngüsel diğer özellikler için yatırıma ilişkin uzun dönem bakış açısının oluşturulmasını zorlaştırmaktadır (Anonim, 2020d).

Bu sebeplerden dolayı, topluma toplam etkileri negatif olsa da doğrusal ekonomi modelini devam ettirmek işletmeler için daha karlı olmaktadır. Esposito (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, Caterpillar, Philips ve Rolls Royce gibi bazı büyük şirketlerde yeni iş uygulamaları geliştirilse de çoğu işletmenin konu hakkında bilgi sahibi olmadıkları ve kavramı anlamamaları nedeniyle de bir adım atmadıklarını belirtmektedir.

Preston (2012: 14), döngüsel ekonominin önündeki engeller olarak yedi sorun saptamıştır: Kaynak-yoğun altyapı ve kalkınma modellerinde kilitli kalmak, kaynak kullanımına uygun fiyat koymaya politik engeller, yüksek ilk giriş maliyetleri, karmaşık uluslararası tedarik zinciri, tüketici hevesinin eksikliği, işletmeler arası işbirliği önündeki zorluklar ve son olarak inovasyon zorluğu. Buruzs ve Torma (2016) ise, döngüsel ekonomiye geçişin finans, yetenekler, tüketici davranışları ve iş modelleri gibi farklı seviyeli yönetim zorluklarıyla karşılaşacağını belirtmektedir.

Benzer şekilde, mevcut altyapı, iş modelleri ve teknolojisi, kirlenen öder prensibini yansıtmayan pazar fiyatlarında döngüsel ekonomiye geçiş için yetersiz teşviklerin ve de süregelen alışkanlıkların, ekonomileri doğrusal modelde tutacağı belirtilmektedir (Anonim, 2020d). İşletmelerin döngüsel ekonomi çözümlerine yönelmek için bilgi, güven ve kapasite eksikliği olabileceğini, finansal sistemin

de, bunları riskli ve karmaşık görerek verimlilik iyileştirmelerine veya yaratıcı iş modellerine yatırım yapmada isteksiz durabileceğine dikkat çekilmektedir. Alışlagelmiş tüketici alışkanlıklarının da yeni ürünlerin ve hizmetlerin gelişimini olumsuz etkileyebileceği, bu engellerin, kaynak kullanımının gerçek maliyetlerini topluma yansıtmadığı ve döngüsel ekonomiye geçiş için politikaların güçlü ve tutarlı mesajlar vermediği sürece devam etme eğiliminde olacağı vurgulanmaktadır. Ayrıca işgücüne ilişkin olarak da tüm eğitim seviyelerinde yetenek boşluklarının mevcudiyeti ve döngüsel ekonomi programının bulunmaması da önemli bir engel olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2020d).

Fiyatlar, doğrusal ekonomide kalmada temel bir faktördür. Tüm maliyetlerin dahil edilmemesi çok düşük fiyatlara sebep olmakta ve de fiyatlar ekolojik gerçekliği yansıtmamaktadır. Döngüsel ekonomi modelini fiyat politikalarıyla kurmak için vergi ve teşvikler gibi araçlara ihtiyaç duyulmaktadır; fiyatların ekolojik etkileri de yansıtacak olması ise sürdürülebilir olmayan bir ekonomiye yapılacak gerekli bir müdahale olarak değil, aksine topluma bir yük olarak görülmektedir (Anonim, 2020d). Devletin dışsallıkların içerilmesi için piyasaya ettiği müdahaleler kapsamında yürürlüğe koyduğu türlü düzenlemeler, dışsallık oluşturanları, yarattıkları toplumsal ve çevresel maliyetin bir bölümünü üstlenmeye zorlamakta, ancak değerlendirme yöntemleri, çevrede oluşturulan zararın ekolojik ve toplumsal maliyetlerini hiçbir zaman tam olarak yansıtmadıkları gibi, devlet düzenlemelerine uygun görülen karşılıklar da o yöntemlerde bulunan bedelle örtüşmemektedir (Çoban, 2020: 170). Ayrıca, çevre politikalarındaki benzer tecrübelerden, derin sistematik etkileri olacak yasal düzenlemelerin bazı özel-çıkar grupları tarafından zayıflatabileceğinin muhtemel olduğu belirtilmektedir (Preston, 2012). Diğer taraftan, kaynak kullanımına uygun fiyatlandırma yapılması ve pazarın etkili bir karşılık vermesi için, aşırı kaynak kullanımını destekleyen teşviklerin de kaldırılması gerekmektedir (Hawken vd.'den aktaran Preston, 2012: 14).

Günümüzde birçok materyalin geri dönüşümü, bakır hammaddeden üretim ile karşılaştırıldığında ekonomik olmamasından dolayı yapılmamaktadır. Örneğin, altın madeninden bir tonluk cevherden ortalama olarak beş gram altın üretilirken; bir ton atık telefondan ise yüz elli gr altın elde edilebildiği belirtilmekte, ancak ekonomik olmaması sebebiyle halen madencilikğin daha yaygın olduğu bilinmektedir (Yoshikiva'dan aktaran Preston, 2012: 19). Diğer taraftan, materyallerin geri dönüştürülmesiyle çıkan potansiyel değer de çok düşük olabilmektedir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) verilerine göre, yenisı 1100 Avroya satılan bir bilgisayarın değeri, kullanılmış ikinci bir bilgisayar haline geldiğinde 8.60 Avroya kadar düşmektedir. Bu düşük değer aynı zamanda toplama ve işleme ek maliyetlerinin de baskısı altındadır. Ancak geri kazanım süreçleri daha iyi ürün tasarımıyla basitleştirilirse, yüksek değerli materyaller geri kazanılabilir hale gelecek ve de önemli bir ekonomik katkısı olacaktır (Anonim, 2020d).

Döngüsel ekonomide kullanım sonrası atıp yeni bir modelle değiştirmek yerine, ürünlerin ömrü, tamir veya iyileştirmelerle uzatılacaktır. Ancak, döngüselliğin önündeki önemli engellerden biri, piyasada dolaşımda olan ürünlerin çoğunun sökülme veya geri dönüştürülme için tasarlanmamış olmaması, ayrıca ürün geri alım şemaları ve ürünleri yeniden kullanmak için endüstriyel altyapının yetersizliğidir. Sökümün çok zorlayıcı olması ve bunun parçalara zarar verme riski de bulunması da önemli bir husustur. Mevcut lineer ekonomide, bir ürünü yenileştirmek ya da onarmak yeni bir ürün çoğunlukla yenisini almaktan daha pahalıdır (Anonim, 2020d). Sökülmüş ürünler, parçalar ve geri dönüştürülmüş materyaller için tedarik zinciri ve ağ henüz kurulmamıştır; bazı engellerin ise hammadde yerine kullanılacak yeniden üretilmiş ve geri dönüştürülmüş materyallerin daha kalitesiz olması düşüncesi örneğinde olduğu gibi daha ziyade algısal olduğuna dikkat çekilmektedir. Andrews (2015), hammadde olarak geri dönüştürülmüş materyal kullanımının önündeki engelleri kaldırmanın da önemli bir dönüm noktası olacağını vurgulamaktadır.

Döngüsel ekonomiye geçişte, işletmeler açısından önemli zorluklar bulunmaktadır. Malzeme döngülerinin kapatılması, mevcut iş modellerinin tüm yönlerini olmasa da çoğu kez birden çok işletme fonksiyonunun işleyişini etkilemektedir. Bu değişiklikleri yönetmek, işletmelerin iş modellerini revize etmelerini veya tümünden yenilerini gerektirmektedir (Açıklan 2020: 253-254). Kısa vadede, makine takımlarının yenilenmesi, fabrikaların yeniden yerleştirilmesi, yeni dağıtım ve lojistik düzenlemeleri

kurulması, çalışanların yeniden eğitilmesi gibi işletmeler için ciddi ön yatırım maliyetleri ve riskler olacaktır. İşletmenin ana iş modelinin dönüştürülmeye teşebbüs edilmesi zaten risklidir, bu yüzden açık, güçlü ve öngörülebilir politika çerçevelerinin yatırımlar ve teşebbüsleri teşvik etmek için gerekli olduğu vurgulanmaktadır. İşletmeler açısından karmaşık uluslararası tedarik zinciri de önemli bir engeldir, pek çok işletmenin girdileriyle üretim ve tüketim süreçleri genellikle farklı ülkelerde gerçekleşmektedir. Döngüsel ekonomide, yeniden kullanım ve yeniden imalatı kolaylaştıracak şekilde tedarik zincirlerinin yeniden yapılandırılmasının gerektiğine dikkat çekilmektedir (Preston, 2012: 14). Çoğu tedarik zinciri uluslararası ölçekte entegre olduğundan, büyük işletmeler için ülkeler arasında tutarlı politikalar da önemlidir, politikalarda homojenliğin olmaması büyük bir engeldir (Grafström ve Aasma, 2020). Küçük ve orta ölçekli işletmelerde döngüsel ve yeşil uygulamaların önündeki engellerin kültür ve politikaların yapısı gibi kolaylaştırıcı ortamdaki, KOBİ'nin iş yaptığı pazar zincirinden, tedarikçi yaklaşımlarından, teknik kabiliyet ve finansman yoksunluğundan kaynaklandığına dair değerlendirmeler de mevcuttur (Rizos vd., 2015).

Ritzen ve Sandsröm (2017), döngüsel ekonominin yıkıcı (disruptive) değişimleri ve sanayideki radikal inovasyonları yönetme becerisi gerektirdiğini, döngüsel ekonomiyle ilgili engellerin sürdürülebilirlik konularının entegrasyon zorluklarıyla benzerlik gösterdiğini belirtmektedir. Bu kapsamda engelleri finansal, yasal, operasyonel, tutumsal ve teknolojik başlıklarında sınıflandırmışlardır. İşletmeler için engelleri yumuşak (soft) engeller başlığında kurumsal ve sosyal; zor (hard) engeller başlığında teknik ve ekonomik kategorilere ayıranlar olduğu gibi (Jesus ve Mendonça, 2018); engelleri kültürel, yasal, pazar ve teknolojik başlıklarında sınıflandırılanlar da bulunmaktadır (Kirchherr vd., 2018). Hart vd. (2019) tarafından engeller kültürel, yasal, finansal ve sektörel olarak sınıflandırılmış, işletmelerin daha döngüsel bir yapıya geçişinde kültürel ve finansal konuların, teknik ve yasal engellerden daha baskın olduğu belirtilmiştir.

Grafström ve Aasma (2020) tarafından yapılan sınıflandırmada, teknolojik engeller başlığı altında ürün-tasarımı, geri dönüştürülmüş ürünlerin kalitesi, teknik çözümlerin bilgisi, ilerlemenin izlenmesi için bilişim sistemleri; piyasa kaynaklı ve ekonomik engeller olarak iyi işlemeyen piyasalar, döngüsel iş modellerinin finansmanı, yüksek ilk yatırım maliyetleri, düşük hammadde fiyatları; kurumsal ve yasal engeller olarak tutarsız ve politik mesajlar, zayıf kurumsal altyapılar; sosyal ve kültürel engeller olarak döngüsel ekonominin kabulüne direnen kurumsal kültür, tüketici bilincinin eksikliği ve tedarik zincirinde zayıf işbirliği öne çıkmaktadır.

Döngüsel ekonomi için önemli bir engel tüketici hevesinin eksikliğidir. Kitlesele pazarlara ulaşmak için, enerji ve karbonda olduğu gibi ürün sertifikasyonu veya etiketleme sistemi gerekebilecek olup, bu konuda değişik ülkelerde farklı metodolojilere ilişkin standardizasyon bulunmuyor olması ve kaynak verimliliği ile döngüsel ekonomi konusunda sertifikasyon yapacak yaygın bir şekilde tanınan bağımsız bir organizasyonunun mevcut olmaması da önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir (Preston, 2012: 14). Tüketici tutumları ve davranışlarıyla ilgili diğer bazı engeller aşağıda verilmektedir.

- Tipik örnekleri hızlı moda kıyafetler ve elektronik aletlerde görüldüğü gibi, çoğu endüstri modanın güdümündeki hızlı bir tüketim üzerine kuruludur. Daha döngüsel yapıdaki eğilimler ise kalıcılığa dayalı olacaktır- bu da sadece bu hızlı değişime alışık tüketiciler tarafından değil aynı zamanda üretim, ticaret, medya ve reklamcılıkla uğraşan güçlü küresel paydaşlar tarafından da dirençle karşılaşacaktır.
- Tüketicilerin davranış değiştirmeleri için yeterli teşvikler sağlanmamaktadır.

Bütün bunların dışında, Haas vd. (2015), küresel ölçekte döngüselliğin geri dönüşümle iyileştirilmesinin önündeki engellerden biri olarak enerji üretimi için kullanılan yüksek miktarda materyalleri göstermektedir. Bu materyaller için döngüyü kapatmak mümkün değildir, bu materyallerin yüksek bir oranı küresel ölçekte döngüsellik derecesini düşük tutmaktadır. Fosil yakıtların tüketiminin azaltılması, dolayısıyla fosil yakıttan yenilenebilir enerjiye geçiş, döngüsellik için önemli bir ön şarttır. Ancak temel olarak, döngüsel ekonomiye geçişte en büyük zorluk, Haas ve arkadaşlarının (2015: 774) da belirttiği üzere, kaynak tüketimindeki küresel büyüme trendini tam tersine çevirerek azaltım

dinamiğine çevirmek veya en azından sabit akışlı fiziksel ekonomi kurmaktır. Mevcut üretim ve tüketim kalıpları değişmeden bunun gerçekleşmesi mümkün olamayacaktır.

3. Döngüsel Ekonomiye Geçiş İçin Stratejiler

Döngüsel ekonomiye geçiş için, bütünsel politika tedbirlerinin ve gerekli yatırımların yanı sıra, ileri bir teknolojinin kullanılması ve köklü davranışsal değişiklikler gerekmektedir. Wijkman ve Skånberg (2015), bu geçiş için tüm sürecin kapsayıcı olması ve politika reformlarında çok köklü değişiklikler gerektiğinin altını çizmektedir. AB için yenilenebilir enerji ve emisyon ticareti, eko-tasarım direktifi, enerji verimliliği standartları, geri dönüşüm hedefleri için destek sistemlerinin güçlendirilmesi; kamu satın alımlarının daha etkin kullanımı, yatırımların kaynak verimliliği lehine yönlendirilmesi, kıtlık sorunu yaşayan materyaller için kaynak verimliliği hedeflerinin kabul edilmesi, fonksiyonelliği satan iş modellerinin teşvik edilmesi gibi önemli bir takım politika tedbirlerinin da hayata geçirilmesi gerektiğini vurgulanmaktadır (Sapmaz Veral, 2018: 478-479).

Preston (2012), bu süreçte, hükümetler ve işletmeler tarafından uygulanabilecek en iyi uygulamaların ve bilginin paylaşılması gerektiğini vurgulayarak, akıllı düzenlemeler ve standardizasyona gidilmesi, özellikle genç neslin eğitilmesi, kamu bilincinin artırılması, güvenilir ölçütler (benchmark) belirlenmesi ve gelişen ülkeler için destek olunması yönünde birtakım öneriler getirmiştir.

Döngüsellik Boşluk Analizi Raporunda (Anonim, 2020a), sivil toplum kuruluşları, hükümet organları, akademi ve danışmanlık şirketlerinin çalışmalarından yola çıkılarak, döngüsel ekonominin geliştirilmesine yönelik yedi temel öge saptanmıştır:

- Rejeneratif kaynakların önceliklendirilmesi: Yenilenebilir, yeniden kullanılabilir, toksik olmayan kaynakların verimli bir şekilde materyal ve enerji olarak kullanılmasının sağlanması.
- Hâlihazırda yapılmış olanın korunması ve genişletilmesi: Kullanım ömürlerini maksimize etmek için hali hazırda kullanımda olan kaynakların tutulması, onarımı ve yükseltilmesi (upgrade) ve uygulanabilir olması halinde geri alım stratejileri ile ikinci bir kullanım ömrü verilmesi.
- Atığın kaynak olarak kullanılması: Atık akışlarının ikincil kaynaklar olarak kullanılması ve yeniden kullanım ve geri dönüşüm için atıkların geri kazanılması.
- İş modellerinin yeniden değerlendirilmesi: Daha büyük değer yaratmak için fırsatların değerlendirilmesi ve ürün hizmet etkileşimi üzerine kurulu iş modelleriyle teşviklerin düzenlenmesi
- Gelecek için tasarım: Uygun bir kullanım ömrü ve genişletilmiş ileri kullanım için uygun materyallerin kullanılması ve tasarım sürecinde sistematik bir perspektifin uygulanması.
- Dijital teknolojinin kapsamı: Kaynak kullanımının izlenmesi ve optimize edilmesi, dijital, çevrimiçi platform ve teknolojiler ile tedarik zinciri aktörleri arasında bağın güçlendirilmesi.
- Ortak değer yaratmak için işbirliği: Şeffaflığı artırmak ve ortak değer yaratmak için tedarik zinciri boyunca, organizasyonun içinde ve de kamu sektörüyle birlikte çalışılması.

Bu kapsamda, raporda eylem için bir koalisyon oluşturulması, küresel bir hedef ve eylem gündeminin oluşturulması, küresel hedeflerin yerel yol haritalarına çevrilmesi ve tüm bu anlayışın geliştirilmesi önerilmektedir (akt. Sapmaz Veral, 2018: 478-479).

Döngüsel ekonomiye geçiş kapsamında yeni düzenleyici çerçevelere ihtiyaç bulunduğu açıktır. Bir ekonomi modelinden diğerine küresel geçiş başta mikro düzeydeki tüm işletmeleri doğal olarak ilgilendirmektedir. Döngüsel Ekonomiye geçişte ürünün tasarımından tüketiciye ulaşmasına kadar tüm aşamalarının dikkatli bir şekilde planlanması ve bu süreci destekleyen teşviklerin artırılması araştırmacılar tarafından önemle vurgulanmaktadır (Açıkalın, 2020: 253-254). Döngüsel ekonomide yatırımın, inovasyonun ve uygulamaların çoğu özel sektör tarafından yürütülecekse de, hükümetlerin de

inovasyon desteği, yatırım için koşulların belirlenmesi, işletmeler arası ve işletme-üniversite bağıni desteklemekte önemli rol oynamaktadır. Politikaların doğru içeriği ülkeye ve özellikle de serbest piyasa yapısı olmak üzere ekonomik koşullara göre değişiklik gösterecektir (Preston, 2012: 13). Bu doğrultuda, geleneksel doğrusal ekonomi işlerini destekleyen düzenlemeler ve döngüsel ekonomiye engel teşkil eden düzenlemeler yeniden gözden geçirilmelidir. Yasa yapıcıların, düzenleme endişelerini ve ekonomiyi geliştirmenin önünü açmak için bir denge bulmalarının gerektiği belirtilmektedir. Bu konuda hükümetler tarafından alınacak mali tedbirler konusunda, kaynaklarla ilgili dışsallıkların fiyatlandırılması ve en az kaynak kullanımı, atık ve kirliliğin desteklenmesi, ayrıca materyallerin döngüye geri konulması için teşvikler getirilmesi; geri kazanım ödülleri getirilmesi, kaynak, enerji ve arazi bozucu teşviklerin ise kaldırılması faydalı olacaktır. Ürün tasarım aşamasından tüketiciye kadar tüm aşamaların dikkatli bir şekilde planlanmasını destekleyen teşvikler gerekmektedir (Esposito, 2017).

Diğer taraftan, vergilerin çalışanlar yerine doğal kaynak kullanımı ve istenmeyen atık ve emisyonlar için getirilmesi gerektiği, toplumu hem sosyal hem ekolojik açıdan sürdürülebilir kılabilmek için vergilerde de değişikliklerin şart olduğu, iş ve istihdam üzerindeki verginin düşürülerek fosil yakıt ve yenilenebilir olmayan materyallerin tüketimine de vergiler getirilmesi gerektiği önemli bir husustur (Wijkman ve Skånberg, 2015). Esposito (2017), çalışani vergilendirmek yerine işletmeleri ve işleri, özellikle de daha fazla kaynak tüketen işleri vergilendirmenin, hem işletmeleri tüketimi azaltmak için motive edeceğini, hem de işçi üzerine daha fazla değer yaratıp yeni iş yaratmaya fırsat oluşturacağını belirtmektedir. Vergi reformunun yanı sıra, Wijkman ve Skånberg (2015) tarafından KDV sisteminin de dikkatli bir şekilde ele alınması gerektiği, özellikle ikincil materyallerden üretilen malların, zaten KDV'leri ödenmiş olduğu için KDV'den muaf olmaları gerektiği ve de geri dönüştürülmüş madde kullanımının bakir hammadde kullanımına göre daha ucuzlatılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Stahel (1998), döngülere dayalı ekonomik faaliyetler için, pazardaki varlıklara daha yakın olmak için imalat ve yeniden imalat faaliyetlerinin endüstriyel yapısının bölgeselleşmesinin gerektiğini, bunun da daha küçük üretim hacmi ve daha uygun metotlarla daha fazla daha teknik bilgili işçi kullanılmasıyla mümkün olacağını, bunların maliyetinin ise materyal alım maliyetlerinin azalmasından ve elimine edilen bertaraf maliyetlerinden karşılanabileceğini belirtmektedir. Ağır sanayi için çözümün bir parçası olarak "atık besine eşittir" prensibiyle, çoklu kapalı döngülere dayalı yerel bir sistemde, bir fabrikanın atık akışının diğer bir fabrikada ya da tüketiciler için kaynak olarak kullanılması önerilmektedir. Diğer taraftan Preston (2012: 4) tarafından, şimdiye kadar eko-endüstriyel parkların çoğunun enerji ve kaynak verimliliğinde önemli tasarruflar kaydettiği, ancak üretim ve tüketimin temel kalıplarını zorlamadığı eleştirisi getirilmekte, eko-endüstriyel parkların gelecek jenerasyonunun, küresel tedarik zincirlerini ve endüstriyel sahaları ağıni kapsayarak endüstriyel simbiyozun ötesine geçerek daha yeşil bir endüstrileşmeye yönelebileceği belirtilmektedir. Ayrıca bu durumun Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 gibi sanayi ortamında "dijitalleşme" yaklaşımı açısından da önemli olduğu vurgulanan bir husustur (TCKB'dan aktaran Demircioğlu ve Ever, 2020:470).

Getirilen bir öneri de geri dönüştürülmüş malzemenin tedariğinin artırılmasıdır; böylelikle tedariğın güvenilirliğinin artması, satın alımın kolaylaşması, talebin artması ve arzu edilen döngünün teşvik edilmesi sağlanacaktır; bunun yeni iş fırsatları ve girişimciler için inovasyon olanakları yaratması beklenmektedir (Grafström ve Aasma, 2020).

Kamu bilincinin artırılmasında, döngüsel ekonomi ürünleri için sertifikasyon veya etiketlemenin önemine değinilmekte, ancak ülkeler arasında tutarlı ve benzer metodolojinin kabul edilmesinin de zorluğuna dikkat çekilmektedir (Preston, 2012: 13).

Gelişmekte olan ülkeler için destek konusunda, ise mevcut çevresel ve düşük karbonlu fon kolaylıklarının döngüsel ekonomiye dönüşüm sürecini destekleyebileceği, ayrıca ortak işbirliklerinin yanında temel üretim merkezlerinde döngüsel ekonomiye yönelik uygulama projeleri gerçekleştirilebileceği de Preston'un önerileri arasındadır (Preston, 2012: 18).

4. Döngüsel İş Modelleri

Döngüsel Ekonomi: Engeller, Stratejiler ve İş Modelleri

Döngüsel ekonomi modeline geçiş, teknik veya ürün tasarımının daha radikal olmasını, geleneksel iş modellerinde büyük değişiklikler yapılmasını gerektirmektedir. Döngüsel Ekonomi konsepti için ana zorluklardan bir diğeri de onu destekleyen yeni iş modellerinin denenmesi, uygulanması ve yaygınlaştırılmasıdır (Açıkalın, 2020: 253-254). Bocken vd. (2016), döngüsel ekonomiyi geliştirmek için ürün tasarımı ve iş modeli stratejilerinde, tasarım ve iş modeli stratejilerinin birlikte uygulanması gerektiğini, işletmelerin döngüsellik vizyonu veya hedefinin olmasının inovasyonu ve tasarımı da güçlendireceğini belirtmektedir.

Bocken vd. (2016) tarafından kaynak döngülerini yavaşlatma ve kapatma yaklaşımlarına uyan temel iş modeli stratejileri Çizelge 1’de verilmektedir. Kaynak döngüsünü yavaşlatmada ürünlerin kullanım ömrü uzatımı hedeflenirken, döngüyü kapatmanın amacı ise geri dönüşümde olduğu gibi kullanım sonrası ve üretim arasındaki döngüyü kapatmaktır (akt. Sapmaz Veral, 2019).

Çizelge 1. Kaynak Döngülerini Yavaşlatmak ve Kapatmak için İş Modelleri (Kaynak: Bocken vd., 2016: 312)

Döngüleri Yavaşlatmak için İş Modeli Stratejileri		
	Tanım	Örnek
Erişim ve performans modeli	Herhangi bir fiziksel ürün sahibi olmaya gerek olmadan kullanım ihtiyaçlarını karşılamak	Paylaşım Modelleri Araba paylaşımı Çamaşırhaneler Doküman yönetim sistemleri Telefon kiralamak
Ürün değerinin uzatımı	Ürünlerin artıksal değerini ortaya çıkarmak, üretimden tüketicilere ve sonrasında üretime geri dönmesi	Otomotiv endüstrisi- yeniden üretilen parçalar Kıyafet geri alım uygulamaları (H&M gibi)
Klasik uzun-ömür modeli	Dayanıklılık ve onarım için tasarım desteğiyle uzun ürün ömrü veren iş modelleri	Beyaz eşya (Miele’nin 20 yıllık ömürlü beyaz eşyaları) Rolex ve Patek Philippe gibi ömür boyu garanti veren lüks tüketim ürünleri
Yeterliliği desteklemek	Son kullanıcının tüketimini azaltmaya çalışan çözümler; dayanıklılık, yükseltilebilir olma, hizmet, garanti ve onarım	Patagonya ve Vitsoe gibi yüksek hizmet ve kalite markaları
Döngüleri Kapatmak için İş Modeli Stratejileri		
Kaynak değerini büyütme	Ürünlerin artık değerinden faydalanmak: toplamak, diğer taraftan çöpe gidecek materyal ve kaynakları yeni bir değer formuna çevirmek	Balıkçı ağlarını toplayıp halılar için hammadde olarak kaynağa çevirmek Geri dönüşüm bankası: geri dönüşüm ve çevresel açıdan değerli faaliyetler için müşterilere ödül puanlar vermek
Endüstriyel simbiyoz	İşlerin coğrafi yakınlığından faydalanarak bir prosesin artık çıktılarından diğer bir proses için besin olarak girmesi	Kalundborg Eko-endüstriyel parkı AB şeker rafinerilerinde “iç atık= değer” uygulamaları

Esposito (2017), herhangi bir işletme için ürün tasarımında ve iş modellerinde radikal bir değişim yapmanın çok büyük bir adım olduğunu ve ticari başarı sonucuna götürürse benzerlerinin çoğalacağına dikkat çekmektedir. Buna örnek olarak, doldurulabilir toner kartuşlarında öncü işletmelerden olan Japon elektronik firması Kyocera’dır. Konvansiyonel kartuşlar altmıştan fazla parça ve çok fazla materyalden oluşup ürün ömürleri sonunda atılmaktayken, kolayca dolabilen basit kartuşlar üretmiş, böylece materyal maliyeti %50 oranında azalırken, atıkları %90 oranında azalmıştır. Ancak son 20 yıldır mücadele etmesine rağmen, konvansiyonel kartuşların yerini almak için çok uğraşmıştır. Bunun sebebinin ise satın alma kararlarının, toner ve bakım maliyetini kapsayan ürün ömründeki maliyete göre değil de yazıcının fiyatına göre belirlenmesi olduğunu altı çizilmektedir

(Preston, 2012: 8). Ancak ticari başarıyı yakalaması sonrasında doldurabilir tonerlerin oldukça yaygınlaştığı göze çarpmaktadır.

McKinsey danışmanlık şirketi, en karlı fırsatların, tek kullanımdan daha uzun ama yeniden kullanım ve yeniden imalatın cazip olması için yeteri kadar kısa ömre sahip orta ömürlü ürünlerde olduğunu belirtmektedir (akt. Preston, 2012: 8).

Preston (2012), işletmelerin döngüsel ekonomiyi karlı ve uygulanabilir iş modellerine dönüştürmek için temel alanlarda büyük bölümünün uygulamada desteğe ihtiyacı olacağını vurgulamaktadır. Küçük işletmelerin ürünlerin ve materyallerin geri kazanım, yeniden kullanım ve yeniden imalatı konusunda rehberlere de ihtiyaç duyacağı, döngüsel ekonomiye geçişin etkilerine ilişkin daha fazla veri ve analize ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Bunun yanı sıra, işletmelerin başarı faktörlerinin belirlenmesi için başarılarının kadar başarısızlıkların da belgelenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Sanayi seviyesinde teknolojik standartlarla ilgili bir yapının kurulmasının da, üye işletmeler açısından önemli faydaları olacağı, yeni üyelerin, ortak bir pazara telif hakkı ödemesi yaparak ortak kullanım için fikri mülkiyeti kullanabileceği belirtilmektedir (Preston, 2012: 11).

Esposito (2017), Boston ve Washington'da uygulanan bisiklet paylaşım uygulamalarını örnek vererek, internet ve yazılım teknolojisinin, yüksek maliyetleri ve mantıksal engelleri kaldırarak kaynakları paylaşma ve kiralamanın önünü açtığını, ortaklaşa kullanım ve paylaşım ekonomisiyle ilgili iş modellerinin döngüsel ekonomide potansiyeline dikkat çekmektedir. Kullanım kalıplarında değişiklik getiren, ortaklaşa kullanım ya da paylaşım ekonomisi, konvansiyonel sahipliğin ekonominin bir bölümünde "paylaşma, takas, ödünç verme, ticaret, kiralama ve hediye ederek" yerinin almasına dayanmaktadır. Ebay, Craigslist ve Freecycle gibi işletmeler bu süreçlerin ilk uygulayıcılarından olmuştur, günümüzde ise binlerce organizasyon ve işletme vardır.

Kiralama ve gittikçe öde kontratları günümüzde yaygın kullanılmaya başlamıştır. Bu yaklaşımların ilerletilmesi internet sayesinde kolaylaşmış, aynı zamanda ekonomik olması, rahatlığı, çevresel ve sosyal farkındalık yönüyle de ilerlemiştir. Preston araba paylaşımı örneğini vererek, Kuzey Amerika'da günümüzde araba paylaşım uygulamalarının yarım milyon üyesi olduğunu, Zipcar gibi bu alana yönelik araba paylaşım şirketleri olduğu gibi, BMW, Volkswagen ve Peugeot'nun da tüketicilerle pilot düzenlemeler uyguladığını belirtmektedir (Preston, 2012: 11). Esposito (2017), kısa süreli ev paylaşma ve ortak kullanımı da talebi karşılayacak ve daha fazla otel yapımını engelleyeceğini, 2008'de kurulan Airbnb'nin, 34.000 şehirde ve 137 ülkede faaliyette olduğunu, Airbnb ve 52 ülkede aktif olan Uber gibi şirketlerin paylaşım ekonomisinde başarılarının, ölçek ekonomisini ürün ve hizmetlere erişimi paylaşmanın mümkün olabilirliliğini gösterdiğini vurgulamaktadır.

5. Sonuç ve Değerlendirmeler

Döngüsel ekonomiye geçişi destekleyici politikaların yapısı ülke ve koşullarına göre değişiklik gösterecek olsa da, farklı ülkelerde ve farklı sektörlerde döngüsel ekonomiyi hayata geçirmek için izlenecek politika ve çalışmaların, uygulamada karşılaşılan sorunların ve edinilen deneyimlerin takip edilmesinin ülkemizin bu alanda yürüteceği çalışmalara katkısı olacağı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, bu çalışmada döngüsel ekonominin önündeki engeller ve döngüsel ekonomiye geçiş için uygulanabilecek stratejiler incelenmiş, bazı uygulama örnekleri paylaşarak kaynak döngülerini yavaşlatma ve kapatma yaklaşımlarına uyan döngüsel iş modelleri ele alınmıştır. İşletmeler için aşılması gereken zorlukların yanı sıra kavramsal dönüşümün sebep olacağı sosyolojik ve ekonomik bariyerlere vurgu yapılmıştır. 2018 yılı içerisindeki döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma ile ilgili yayınların incelendiği bir araştırmada, İsveç, Çin, İtalya ve İngiltere gibi ülkelerde sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi konularında diğer dünya ülkelerine göre daha fazla yayın ve yazar bulunmasının, ülkelerinde bu konular ile ilgili karar vericilere hem fikir vermekte ve baskı yaratmakta olduğu, hem de karar alma süreçlerinde yardımcı olduğu belirtilmektedir (Yılmaz, 2019). Çalışmanın, bu yönüyle de sürece katkı vermesi hedeflenmiştir.

Döngüsel ekonomi günümüzde bütün iktisadi etkinlikleri kuşatan, sürdürülebilirlik anlayışıyla doğrudan etkileşim içinde olan bir yaklaşımdır (Çoban, 2020: 192). Avrupa Birliği'nin (AB) kaynak-

verimli, yeşil ve rekabetçi düşük-karbon ekonomisine geçiş hedefi doğrultusunda, “Döngüsel Ekonomi Paketi”, 2 Aralık 2015 tarihinde Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilmiş, 19 Aralık 2019 tarihinde kabul edilen AB'nin yeni büyüme stratejisi “Avrupa Yeşil Mutabakatı”nın ise öncelikli politika alanlarından biri olmuştur. Söz konusu belge kapsamında AB'nin 2050 yılına kadar iklim nötr hale getirilmesi, büyümenin artırılması, yeni ve daha iyi işlerin sunulması ve halkın refahının iyileştirilmesi hedeflenmekte; temiz, döngüsel ekonomiye geçişle kaynakların daha verimli kullanımının artırılması, iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik kaybının durdurulması ve kirliliğin azaltılması için bir yol haritası sunulmaktadır (Anonim, 2020b). Diğer taraftan, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın salt bir “çevre” stratejisi olmakla kalmayıp, ülkemizi de yakından ilgilendiren yeni bir uluslararası ticaret sisteminin ve iş bölümünün kurgulanmakta olduğu dikkat çekilen bir husustur (TÜSİAD, 2020).

AB'de 2020 Mart ayında açıklanan “Sanayi Stratejisi”nde dijital ve yeşil dönüşüme odaklanılırken, altında yer alan “Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı” ile başta kaynak yoğun sektörler olmak üzere tüm sektörlerde döngüsel ekonomiye geçiş desteklenmektedir. Avrupa Komisyonu tarafından 11 Mart 2020 tarihinde kabul edilen yeni döngüsel ekonomi eylem planı, sürdürülebilir ürün politikası ile ürünlerin tüm yaşam döngüsü boyunca döngüsel ekonomi süreçlerini teşvik edecek eylemlerin yanı sıra sürdürülebilir tüketimi desteklemekte ve kaynakların AB ekonomisinde mümkün olan en uzun süre boyunca kalmasını hedeflemektedir. Tüm bu hedeflerin sadece AB'de değil, aynı zamanda AB'ye ihracat gerçekleştirilen ülkeler ve işletmeler üzerinde de önemli etkileri olacaktır. İhracatının büyük bölümünü AB'ye gerçekleştirmekte olan ülkemizde pek çok sektörün de bu yeni düzenlemelerden etkilenacağı açıktır. Döngüsel ekonominin sadece kurumsal sürdürülebilirlik raporlarında geçen bir strateji olmakla kalmayıp aynı zamanda tedarikten üretime, lojistikten satışa kadar farklı aşamalarda tüm süreçleri ve iş yapma biçimlerini değiştirmesi öngörülmektedir.

Döngüsel ekonomiye geçiş uygulamalarda çok büyük bir değişiklik gerektirmekte, hem makro hem de mikro ölçekte önünde önemli engeller bulunmaktadır. Döngüsel ekonominin yaygın olarak uygulanması üretim süreçlerinde ve tüketim kalıplarında köklü değişiklikler gerektirmektedir. Literatürde bu engellere ilişkin farklı sınıflandırmalar yapılsa da, aslında tüm bu engellerin birbiriyle bağlantılı olduğu, herhangi bir başlıktaki engelleri kaldırmanın diğer başlıklardaki engellerin önünü açmada bir katalizör görevi üstleneceği değerlendirmeleri de mevcuttur (Grafström ve Aasma, 2020). Ancak temel olarak, döngüsel ekonomiye geçişte en büyük zorluk, Haas ve arkadaşlarının (2015: 774) da belirttiği üzere, kaynak tüketimindeki küresel büyüme trendini tam tersine çevirerek azaltım dinamiğine çevirmek veya en azından sabit akışlı fiziksel ekonomi kurmaktır. Mevcut üretim ve tüketim kalıpları değişmeden bunun gerçekleşmesi mümkün olamayacaktır.

Döngüsel ekonomiyi geliştirmek için ürün tasarımı ve iş modeli stratejileri değerlendirildiğinde ise, tasarım ve iş modeli stratejilerinin birlikte uygulanmasının, ayrıca işletmelerin döngüsellik vizyonu veya hedefinin olmasının inovasyonu ve tasarımı güçlendireceği altı çizilen bir husustur (Bocken vd., 2016). İşletmelerin döngüsel ekonomiyi karlı ve uygulanabilir iş modellerine dönüştürmesi için büyük bölümünün uygulamada desteğe ihtiyacı olacaktır.

Döngüsel ekonomiye geçiş için, bütünsel politika tedbirlerinin ve gerekli yatırımların yanı sıra, ileri bir teknolojinin kullanılmasının ve köklü davranışsal değişikliklerin gerektiği açıktır. Bu kapsamda kamu politikaları, işletme yatırımları veya tüketici tercihleri tek başına yeterli olmayacaktır, tüm paydaşlara önemli sorumluluklar düşmektedir. Yatırımın, inovasyonun ve uygulamaların çoğu özel sektör tarafından gerçekleştirilecektir, hükümetlerin de yeni düzenleyici çerçeveleri oluşturarak süreci desteklemede ve bu dönüşümü sağlamada önemli bir rolü bulunmaktadır (Sapmaz Veral, 2018). Hükümetlerin döngüsel ekonomiyi geliştirmek üzere teknik ve iktisadi bilgi ve becerilerin yaygınlaşmasını sağlaması, anılan yöntemlerin işletmeler tarafından uygulanmaya konması için destekleyici programlar oluşturması istenmektedir (Çoban, 2020: 197). AB üyesi ülkelerin bu konuda çalışmalarına bakıldığında, bazı ülkelerin çok uzun zamandır böyle bir geçiş için zemin hazırlamakta olduğu, detaylı analizler gerçekleştirilerek öncelikli sektörlerini belirlediği, hatta Hollanda gibi bazı ülkelerin ekonomilerini yüzde yüz döngüsel ekonomiye dönüştürme gibi oldukça iddialı hedefler kabul ettiği görülmekle birlikte, somut hedefler koymadan genel bir çerçeve çizen stratejilerin de varlığı göze

çarpmaktadır (Sapmaz Veral, 2018). “Avrupa Yeşil Mutabakatı” ve “Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı” kapsamında kabul edilen daha iddialı hedefler doğrultusunda önümüzdeki süreçte bu stratejilerin revize edilerek daha güçlü hedeflere ve eylemlere odaklanılacağı değerlendirilmektedir. AB’de bu dönüşüm için ciddi bir finansman desteği mevcuttur (Anonim, 2020b). Hem toplum hem de işletmeler açısından önemli bir fırsat olduğu değerlendirilen döngüsel ekonomiye geçiş için ülkemizde temel alanların ve öncelikli sektörlerin belirlenerek bir yol haritasının hazırlanması, en büyük ihracat ortağımız olan AB’deki Avrupa Yeşil Mutabakatı sonrasındaki gelişmelerin ulusal düzeyde ve sektör bazında olası etkilerinin ve döngüsel ekonomiye kademeli geçişe dair farklı senaryoların çalışılması, bunların yanında tüm toplum kesimlerinin farkındalığının artırılması önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Açıklan, N. 2020. Sürdürülebilir Pazarlama Bakış Açısı İle Döngüsel Ekonomi İncelemesi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 9 (3) , 238-257.
- Andrews, D. 2015. The Circular Economy, Design Thinking and Education For Sustainability. *Local Economy*, 30 (3):305-315.
- Anonymous 2020a. *The Circularity Gap Report*. <https://www.circle-economy.com/the-circularity-gap-report-our-world-is-only-9-circular>, Erişim Tarihi: 20.06.2020.
- Anonymous 2020b. *Communication From The Commission To The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions The European Green Deal COM/2019/640 final*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:52019DC0640>, Erişim Tarihi: 10.11.2020.
- Anonymous 2020c. *Communication From The Commission To The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>, Erişim Tarihi: 08.11.2020.
- Anonymous 2020d. *Circular Economy: A Commentary from the Perspectives of the Natural and Social Sciences*. EASAC European Academies Science Advisory Council (EASAC) (2015). http://www.easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/EASAC_Circular_Economy_.Web.pdf, Erişim Tarihi:04.02.2020.
- Bocken, N. M., de Pauw, I., Bakker, C. V.& Van der Grinten, B. 2016. Product Design and Business Model Strategies for a Circular Economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33 (5): 308-320.
- Buruzs, A. ve Torma, A. 2016. *A Review on the Outlook of the Circular Economy in the Automotive Industry*. [https://www.waset.org/downloads/15/papers/17ae060075\[6\].pdf](https://www.waset.org/downloads/15/papers/17ae060075[6].pdf), Erişim Tarihi: 10.07.2020.
- Çoban, A. 2020. *Çevre Politikası Ekolojik Sorunlar ve Kuram*. İmge Kitabevi, Ankara.
- Demircioğlu, E ve Ever, D. 2020. Döngüsel Ekonomiye Geçişte Endüstriyel Simbiyozun Maliyetler Üzerine Etkisi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 29 (3) , 461-473. DOI: 10.35379/cusosbil.778908
- Esposito, M., Tse, T. & Soufani, K. 2017. Is the Circular Economy a New Fast Expanding Market?. *Thunderbird International Business Review*, 59 (1), 9-14.
- Grafström, J., & Aasma, S. 2020. *Breaking Circular Economy Barriers* (No. 338). The Ratio Institute.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D.& Heinz, M. 2015. How circular is the global economy?: An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, 19 (5), 765-777.
- Hart, J., Adams, K., Giesekam, J., Tingley, D. D., & Pomponi, F. 2019. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia Cirp*, 80, 619-624.
- Hoekstra A. and Wiedmann T. 2014. Humanity’s unsustainable environmental footprint. *Science*, 344 (6188), 1114–1117.
- Jesus, A., & Mendonça, S. 2018. Lost in transition? Drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy. *Ecological economics*, 145, 75-89.
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M. 2018. Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150, 264-272.
- Murray, A., Skene K. and Haynes. K. 2017. The Circular Economy: An interdisciplinary exploration of the concept and its application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140 (3), 369-380.
- Preston, F. 2012. *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy Briefing Paper*. Chatham House, London.
- Ritzén, S., & Sandström, G. Ö. 2017. Barriers to the Circular Economy–Integration of perspectives and domains. *Procedia Cirp*, 64, 7-12.
- Rizos, V., Behrens, A., Kafyeke, T., Hirschnitz-Garbers, M., & Ioannou, A. 2015. *The Circular Economy: Barriers and opportunities for SMEs*. CEPS Working Documents.
- Sapmaz Veral, E., & Yiğitbaşıoğlu, H. 2018. Avrupa Birliği Atık Politikasında Atık Yönetiminden Kaynak Yönetimi Yaklaşımına Geçiş Yönelimleri ve Döngüsel Ekonomi Modeli. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-19.

Döngüsel Ekonomi: Engeller, Stratejiler ve İş Modelleri

- Sapmaz Veral, E. 2018. Döngüsel Ekonomiye Geçiş Doğrultusunda Yeni Tedbirler ve AB Üye Ülkelerinin Stratejileri. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 463-488.
- Sapmaz Veral, E. 2019. An Evaluation on the Circular Economy Model and the Loops Design in the Context of Waste Management. *European Journal of Science and Technology*, 15, 18-27.
- Stahel, W. R. 1998. From Products to Services: Selling performance instead of goods, IPTS Report, 27. <http://www.jrc.es/iptsreport/vol27/english/STA1E276.htm> . Erişim tarihi: 05.03.2020.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Folke, C. 2015. Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855UN.
- TÜSİAD, 2020. *Ekonomik Göstergeler Merceğinden Yeni İklim Rejimi*.
- Wijkman, A. & Skånberg, K. 2015. *The Circular Economy and Benefits for Society Swedish Case Study. An interim report by the Club of Rome with support from the MAVA Foundation and the Swedish Association of Recycling Industries.* Club of Rome.
- Yılmaz, V. 2019. Sürdürülebilir Kalkınma ve Döngüsel Ekonominin Bibliyometriği. *Enderun*, 3 (2), 60-72.

Polietilen Plastik Atıkların Kimyasal Bozundurma Metodu (Pirroliz) ile Faydalı Ürünlere Dönüştürülmesi

Conversion of Polyethylene Wastes to Useful Products By Chemical Degradation Method (Pyrolysis)

Adil KOÇ^{1*}, Suzan ALAN KORUN²

¹İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Malatya.

²Çalık Denim, AR-GE Mühendisi, Malatya.

Özet: Günümüzde plastik malzemelerin kullanımı hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Bu durum, petrole dayalı üretim olan bu malzemelerin atık oluşturmalarını ve ekonomik olarak büyük kayıpların olduğu anlamına gelir. Kimyasal geri dönüşüm metodu (pirroliz) ile ekonomik değeri büyük olan bu plastik malzemelerden elde edilen ürünler yakıt benzeri özellikler taşımakla birlikte çözücü olarak ta kullanılabilirler. Bu çalışmada, polietilen plastik atıkların katalitik ve katalitik olmayan koşullarda kimyasal bozundurulması çalışılmış ve elde edilen ürünler kaynama sıcaklıklarına göre fraksiyonlandırılmış ve atmosferik destilasyon işlemlerinde elde edilen sıvı ürünlerin kaynama sıcaklıkları 68-352 °C aralığında belirlenmiştir. Elde edilen sıvı ürünlerin İyot Sayıları (IS) çalışılmak suretiyle olefinik yapıları belirlenmeye çalışılmış ve Mo katalizörü varlığın IS değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Plastik Atık, Pirroliz, Geri Dönüşüm.

Abstract: Today using of plastic materials are increased dramatically. This is charged the waste plastic problems and because of plastics produced from petroleum, the waste plastics could lose economically. The chemical degradation of plastic waste is a famous method for chemical compounds production like petrochemical feedstock. These compounds are used in some valuable such as solvent production, methanol production and other commonly chemicals. In this study we have investigated the thermal degradation of polyethylene wastes with or without catalyst and the products boiling point area and found that the boiling points of liquid distillation fractions are about 68 to 352 °C. Unsaturation of degradation products has determined by Iodine Value/Number (IV). The liquids of non-catalytic degradation have low IV then catalytic ones and in the Mo catalyst conditions the liquid IV is high than other catalysts.

Keywords: Waste Plastic, Pyrolysis, Recycling.

1. Giriş

Günümüzde hızlı sanayileşme ve nüfus artışı, dönüşümsüz bazı çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların önemli bir kısmı, kentsel katı atıklar (KKA) içinde kayda değer bir oran teşkil eden plastik atıklardan kaynaklanmaktadır. Plastik malzemeler sosyal hayatın vaz geçilmez bir parçası haline gelmiş ve oldukça fazla miktarda kullanılmaktadır. Petrol kaynaklı ürünler olmaları ve bu yoğun kullanımın sonucu olarak fazla atık oluşturmaları ekonomik olarak büyük kayıplara neden olmaktadır. Plastiklerden elde edilen malzemeler, günlük kullanım sonrası (mutfak gereçleri, yiyecek saklama kapları, vs.) ve sanayinin değişik alanlarında (gıda sanayiinde ambalaj malzemeleri olarak, zirai faaliyetlerde muhafaza amaçlı taşımada koruyucu ambalaj olarak, su tahliye hatları, vs.) kullanım sonrası önemli miktarda atık oluşturmaktadırlar (Bekele vd., 2020). Bu malzemeler, doğada yüzyıllarla

* Yazar iletişim:adil.koc@inonu.edu.tr

ifade edilebilecek uzun bir zaman periyodunda yapılarını muhafaza edebilmekte, kararlı yapılarını korumakta ve beraberinde önemli çevre sorunlarını getirmektedir (Sembiring vd., 2018). Bu çevre sorunlarının başında, özellikle ulaşımın sağlandığı ana yollara yakın bölgelerde depolanmış alanlarda, piknik ve dinlenme alanlarında, “görsel kirlilik”, daha uzun vadede ise bu malzemelerin hafif olmalarından dolayı rüzgârlarla savrulmuş olmaları ve akarsu, göl, nehir, deniz gibi alıcı ortamlarda birikmeleri, bu ortamlarda yaşayan canlı türler için zamanla “geri dönüşümsüz” olumsuz etkiler yapabilmektedir. Plastikler, ısıl davranışlarına göre, kendi içinde iki temel gruba ayrılır; termoplastikler ve termosetting plastikler. Termoplastikler (polietilen tereftalat, polietilen, polipropilen, polistiren, polivinil klorür, vs.) adından da anlaşılacağı gibi “ısıl işlemlerle” yeniden şekillendirilebilen ve kimyasal olarak parçalanabilen plastikler oldukları halde, termosetting plastikler (üre formaldehit reçineler, poliüretanlar, vs.) ise ısıl davranış göstermeyen ve kimyasal bağ yapıları gereği ısıtıldıklarında “karbonize” olan plastiklerdir. Polietilenlerin (HDPE, LDPE, LLDPE) kendine özgü yapısı ve özellikleri (ucuz, kimyasallara ve darbelere dayanımının yüksek olması, kolay işlenebilir olması, vs.), polipropilen (PP), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PET) ve polivinil klorür (PVC) gibi diğer plastiklere göre daha yaygın kullanılmasını sağlamaktadır (Koç vd., 2007).

Diğer gruptaki malzemeler (cam, metaller, kâğıt, vs.) için olduğu gibi, plastikler için de “geri kazanım” oldukça önemli bir uygulamadır. Geri dönüşüm prosesleri uygulanarak, atık halde olan bu maddeler ekonomiye kazandırılmakta ve kayda değer istihdam olanakları sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu maddeler “çoğunlukla” doğal kaynaklardan elde edildiğinden doğal kaynakların daha verimli kullanılması ve enerji tasarrufu söz konusu olmaktadır.

Plastik atıkların kimyasal hammaddelere dönüştürülmesi amacıyla çoğunlukla piroliz metotları (ısıl, katalitik, inert ortam, oksijenli ortam, yüksek basınç, vs.) uygulanmaktadır. *Piroliz*, plastik atıkların genellikle oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıklarda (400-800 °C) moleküllerin ısıl olarak parçalanıp katı, sıvı ve gaz gibi ürünlere dönüştürülmesi şeklinde tanımlanır. Pirolitik yöntemlerle (piroliz, kriting) plastik atıkların kimyasal hammaddelere dönüştürülmesi (özellikle kendi monomeri ve doymamış özellikte hidrokarbonlar elde edilmesi), diğer geri kazanım yöntemlerine göre çevresel etki açısından daha avantajlı olarak değerlendirilmektedir (Atacan, 2014). Pirolitik proseslerin bu avantajlı uygulamalarından dolayı ve bu proseslerle petrokimya endüstrisi benzeri ürünler (çözücüler, vakslar, dizel benzeri yakıt ürünleri, vs.) elde edilebildiğinden özellikle doksanlı yıllardan sonra bu proseslerle çalışmalara yoğunlaşıldığı görülmektedir. Bilimsel araştırma amaçlı çok yoğun çalışmalar yanında ve özellikle son yıllarda “sanayi boyutlu” reaktörlerin kurulduğu tesislerde “kimyasal geri kazanım metodu” ile plastiklerin yeni kimyasal maddelere, dizel özelliğinde C sayısı dağılımı ve yakıt değeri yüksek sıvı ürünlere dönüştürülmesi çalışmaları oldukça fazladır.

Uzun yıllardan beri plastikler birçok sektörde çok yoğun olarak kullanılması sonrasında, atık olarak toprağa gömülmek suretiyle bertaraf edilmektedir. Bunun yanında, ısıl değeri yüksek olan bu plastik atıkların “enerji üretimi” amacıyla kullanımı dikkate değer bir uygulama olmaktadır. Plastiklerin petrol kaynaklı ürünler olmasından dolayı, piroliz tekniği uygulayarak bu atıkların kalori/yakıt değeri yüksek olan sıvı ürünlere dönüştürülmesi çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Pirolitik uygulamalarla yakıt değeri yüksek olan sıvı ürünlerin elde edilmesinde, reaksiyon koşulları (sıcaklık, kalma süresi, katalizör, basınç, taşıyıcı gaz, vs), reaktör tipleri (kesikli, yarı-kesikli, sürekli, vs) önemli rol oynamaktadır (Sharuddin vd., 2016). Düşük sıcaklıkta, değişik boyutlarda zeolit kullanılarak, atık alçak yoğunluklu polietilenin (LDPE) katalitik pirolizi çalışmasında, düşük partiküllü zeolit katalizörlerin kullanılmasının, proseste ısı transferi, piroliz sıcaklığı, reaksiyon hızı ve ürün verimi gibi birçok parametrede artış etkisi gösterdiği bildirilmiştir (Susastriawan vd., 2020). Termogravimetrik metot ve ısıl bozundurma tekniği uygulanarak oksijenli ve oksijen içermeyen polimerler farklı bölmelerden oluşan bir reaktör içinde bozundurulmuştur. Bu çalışmalarda, bazı kinetik parametreler belirlenmiş ve özellikle oksijenli polimerlerin bozundurulması ile elde edilen sıvı ürünlerin alkol, alken, alkan, halkalı olmayan eterler (etoksümetane, etoksi etan, metoksümetan gibi), aldehitler, CO ve CO₂ oluştuğu ileri sürülmüştür (Masuda, 2001). Karışık plastiklerin sıvı katalitik kriting (FCC) sisteminde gerçekleştirilen piroliz çalışmasında, katalizör, sıcaklık, plastik besleme oranları gibi değişik parametrelerin dönüşüm

üzerine olan etkileri incelenmiş ve FCC katalizör için toplam dönüşüm ağırlıkça yaklaşık % 82.7, ZSM-5 zeolit kullanılması durumunda ise % 87 olduğu belirtilmiştir (Kangalli, 2007). Atık HDPE'nin ısı ve $BaCO_3$ katalizörlüğünde pirolizi çalışmasında, 1/10 katalizör/plastik oranında ve 450 °C sıcaklıkta elde edilen sıvı ürün analizinde, gazolin, kerosene ve fuel oil benzeri özelliklerde olan ürün karışımının olduğu bildirilmiştir (Lin ve Yang, 2007). Alçak yoğunluk polietilenin (LDPE) ısı pirolizi ile elde edilen sıvı ürün içerisindeki doymamış bileşenlerin, bir Friedel-Crafts katalizörü olan susuz $AlCl_3$ ile polimerizasyon şartları araştırılmış ve optimum şartların; 5 saat süre, -10 °C sıcaklık, % 7 katalizör oranı ve piroliz sıvısı/çözücü oranı hacimce 1/3 (piroliz sıvısı/toluen) olarak belirlenmiştir. Bu çalışma şartlarında polimerizasyon verimi % 87 ve sayıca ortalama mol kütlesi 2700 olan oligomerler üretildiği bildirilmiştir (Rasul, 2010). NiO sorbentinin $CaCO_3$ 'a yüklenmesi ile yapılan başka bir katalitik çalışmada, PVC'nin pirolitik geri dönüşümünde, yoğunlaşmayan gaz ürünler yanında, doymamış hidrokarbonların kimyasal hammadde olarak elde edilebildiği ve HCl gazının ortamdan uzaklaştığı belirtilmiştir (Veksha, 2018). Atık plastiklerin yarı-kesikli çalışan bir reaktörde katalitik bozundurulmasında, elde edilen sıvı ürünlerin, dizel ve kerosen özelliğinde sıvı hidrokarbon karışımı olduğu ve kullanılan katalizörlerin (toz halde Zeolit-Y), polimer/katalizör oranının sıvı ürün oluşumunda önemli rol oynadığı bildirilmiştir. (Tiwari vd., 2009). Kullanılmış yağlama yağı ile üç farklı plastik (HDPE, PP, PS) atık karışımı değişik oranlarda hazırlanarak piroliz edilmiştir. Piroliz sonucu elde edilen sıvı ürün dağılımı, kullanılmış yağlayıcı yağ/plastik oranlarına göre önemli farklılıklar göstermiştir. Elde edilen sıvı ürünlerin fiziksel özelliklerinin genel olarak dizel yapısına benzer ürünler olduğu belirtilmiştir. PS miktarının arttığı deneylerde elde edilen sıvı ürün dağılımında aromatik yapıdaki hidrokarbonların fazla miktarda olması dikkat çekicidir (Phetyim, 2018). Plastik atık karışımları ısı piroliz ile petrol ürünleri benzeri özelliklerde sıvı kimyasallara dönüştürülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sıvı ürünlere, lesitin ve di-terciyer butil eter gibi katkılı kimyasalların ilave edilmesi sonucu motorda hava sirkülasyonu ve türbülanslarda önemli derecede artış olduğu belirtilmiştir (Bridjesh, 2019).

Bu çalışmanın amacı olarak, kullanım sonrası çevrede çok fazla miktarda bulunan plastik atıklar içinde en fazla oranı teşkil eden polietilen (PE) plastiklerin farklı katalizör varlığında ve katalizörsüz ortamda pirolizi ile elde edilen sıvı ürünü dağılımına etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada, katalizör olarak, petrokimya endüstrisinde hidrokarbonların katalitik-krakingi için kullanılan, Co, Fe, Mo gibi geçiş metalleri laboratuvar ortamında hazırlanarak kullanılmıştır.

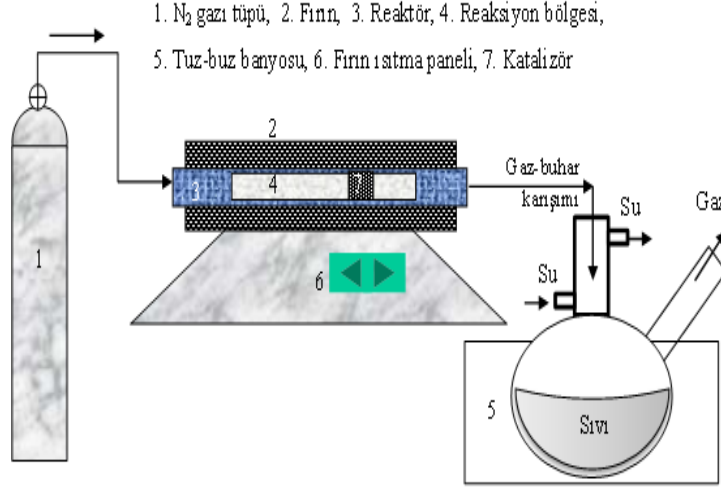
2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, plastikler içinde en çok kullanım sıralamasında ilk üç sırada yer alan ve buna bağlı olarak çok fazla miktarda atık oluşturan Alçak Yoğunluklu Polietilenin (AYPE, LDPE) katalitik ve ısı bozundurulması çalışılmış ve katalizör, sıcaklık gibi bazı faktörlerin bozundurma ürünleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışma düzeneği Şekil.1'de şematik olarak gösterilmiştir. Aşağıda temel hatlarıyla özetlenen bu çalışma iki temel aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, Şekil-1'de gösterilen deney düzeneği kullanılarak polietilen plastik atıklar ısı ve katalitik olarak bozundurmak suretiyle sıvı ve gaz ürünlere dönüştürülmüştür. İkinci aşamada ise, değişik reaksiyon koşullarında elde edilen sıvı ürünler, bir damıtma düzeneğinde (Şekil.2) fraksiyonlu destilasyon işlemine tabi tutularak farklı kaynama noktası aralıklarında damıtılmak suretiyle fraksiyonlandırılmıştır.

Katalitik piroliz deneylerinde PE nin (HDPE ve LDPE) katı, sıvı ve gaz ürünlere dönüşümü için çeşitli katalizörler sentezlenmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılacak katalizörler taşıyıcı madde SiO_2 kullanılarak laboratuvar ortamında emdirme metodu ile hazırlanmıştır. Bu amaçla, belli yüzde oranında (w/w) (%10 Co, %10 Fe, %10 Mo) metal içerecek şekilde katalizörler hazırlanmıştır. Kobalt (Co) katalizör için kobalt (II) nitrat hekza hidrat, $[Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O]$, Fe katalizör için demir (III) nitrat nona hidrat, $[Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O]$, molibden (Mo) katalizör için ise amonyum molibdat tetra hidrat $[(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O]$ bileşikleri kullanılmıştır. Herbir katalizörü ağırlıkça yüzde %10 oranında hazırlamak için belirtilen tuzlardan hesaplanan oranlarda alınarak destile suda çözündürülmüş ve daha sonra destek maddesi olarak kullanılan SiO_2 (110 °C sıcak etüvde kurutulmuş) tuz çözeltisine ilave

Polietilen Plastik Atıkların Kimyasal Bozundurma Metodu (Piroliz) ile Faydalı Ürünlere Dönüştürülmesi

edilmiştir. Yaklaşık olarak 24-36 saat kadar bir bekletme süresi sonunda, 110 °C de sıcak etüve yerleştirilerek suyu uçurulmuş ve daha sonra kül fırınında kalsinasyon işlemi uygulanmış ve desikatörde soğutulularak katalizörler kullanılabilir duruma getirilmiştir.



Şekil.1. Deney düzeneği şematik gösterimi.



Şekil 2. Destilasyon düzeneği. (1. Destilasyon balonunda bulunan sıvı sıcaklığını ölçen ısıl çift, 2. Buharlaşan sıvı sıcaklığını ölçen ısıl çift, 3. Destilasyon balonu, 4. Su soğutmalı soğutucu, 5. Mantolu ısıtıcı, 6. Yoğunlaşan buhar toplama kabı (fraksiyon kabı), 7. Yedekte tutulan fraksiyon kabı)

Büyük mol kütleli (moleküllü) hidrokarbonlar sıcaklık ve katalizör etkisi ile daha küçük moleküllere parçalanmak suretiyle birden fazla yeni kimyasal bileşiğe dönüştürülebilmektedir. Büyük bir molekül olan polimer (AYPE), reaksiyon sıcaklığı 434 - 438 °C aralığında tutulan reaksiyon ortamında parçalanarak daha küçük hidrokarbon karışımına dönüşmektedir. Kesikli olarak çalışan bu sistemde, reaktörde oluşan gaz-buhar karışımı bozunma ürünleri, taşıyıcı azot gazı yardımı ile su soğutmalı bir soğutucudan geçirildikten sonra içinde tuz-buz karışımı olan ikinci bir soğutma banyosundan geçirilmektedir (belli oranda tuz - buz karışımı ile oluşturulan bu ortamda su soğutmalı

soğutucuda yoğunlaşmayan ürünler yaklaşık -22 °C sıcaklığa kadar soğutulmak suretiyle cebri olarak yoğunlaştırılmaktadır). Bu soğutuculardan geçen gaz-buhar karışımında yoğunlaşabilen ürünler sıvı halde alınmıştır. Bu koşullarda yoğunlaşmadan sistemi terk eden gazlar, atmosfere verilmektedir. Değişik koşullarda (ısıtıl veya katalitik bozundurma) elde edilen sıvı ürün verimi karşılaştırılmıştır. Sıvı ürün verimi (% S), gaz ürün verimi (% G) ve toplam dönüşüm (% TD), başlangıçta reaktöre beslenen katı haldeki atık plastik miktarı temel alınarak hesaplanmıştır. Reaktöre beslenen atık plastik miktarı (m_o , g), elde edilen sıvı ürün miktarı (m_s , g) ve gaz ürünlerin miktarı (m_g , g) olmak üzere, bu iki değerin toplamı, toplam dönüşüm yüzdesi olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Sıvı ürün verimi (w/w, \%)} = \frac{m_s}{m_o} * 100 \quad (1)$$

$$\text{Gaz ürün verimi (w/w, \%)} = \frac{m_g}{m_o} * 100 \quad (2)$$

$$\text{Toplam ürün dönüşümü (w/w, \%)} = \% \text{ Sıvı} + \% \text{ Gaz} \quad (3)$$

İyot sayısı (IS), doymamış bileşiklerde, (olefinler, yağlar, vs.) doymamışlığın bir ölçüsü olarak dikkate alınması gereken önemli bir parametredir. Bir bileşik veya bileşen karışımındaki iyot sayısı yüksekliği, o bileşiğin veya karışımın ne kadar doymamış olduğunu, dolayısıyla yapısındaki çift bağlar ve üçlü bağların sayısının yüksek olduğu bilgisini verir. İyot sayısı tayini, titrimetrik yöntemle yapılan bir analiz olup, bu parametrenin hesaplanması aşağıdaki denklemde verilmiştir.

$$\text{İyot Sayısı} = \frac{V_2 - V_1}{m} * 1.269 \quad (4)$$

Bu eşitlikte;

V_2 , örnek numunenin Wish (veya Hanus) Reaktifi ile karıştırılarak belli bir süre karanlıkta tutulduktan sonra $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisi ile yapılan titrasyonda harcanan hacim, mL,

V_1 , Reaktif olmadan kullanılan numunenin $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ile yapılan titrasyonda harcanan hacim (şahit deney), mL.

m : Reaksiyondan elde edilen sıvıdan alınan miktar, (yaklaşık 0.30 g).

3. Tartışma

Bir hidrokarbon bileşiğinin, düz zincirli, dallanmış veya çift bağlı olmasına bağlı olarak değişmekle birlikte, hidrokarbonlarda artan her bir C sayısına karşılık, bir C sayısı fazla olan bileşiğin kaynama noktası bir eksik C sayısına göre yaklaşık 30-35 °C daha yüksek kaynama noktası meydana getirir. Örneğin n-bütanın kaynama sıcaklığı - 0.5 °C olduğu halde bir C sayısı fazla olan n-pentanin kaynama noktası 36 °C, iki C sayısı fazla olan n-hekzanın kaynama sıcaklığı yaklaşık 69 °C dir. Deneysel çalışmalarda elde edilen sıvı ürünlerin destilasyonu yapılırken bu temel kaynama noktası artışı dikkate alınarak 30 °C sıcaklık aralığı seçilmiştir. Fraksiyonlu destilasyonda elde edilen ürün dağılımı için özellikle bazı kaynama noktası aralığındaki ürünlerin değerlendirilmesi konusundaki çalışmalarımız devam ettiğinden, bu ürünler hakkında daha fazla bilgi verilmemiştir. Fraksiyonlu destilasyonda elde edilen sıvı ürünlerin kaynama sıcaklık aralıklarına dikkat edildiğinde özellikle C12-C16 bileşiklerin kaynama sıcaklık aralığına denk gelen 200-290 °C kaynama noktasındaki olefinik yapılu bileşiklerden yüksek moleküllü alkollerin elde edilebileceği araştırılmaktadır. Bu yüksek mol kütleli alokoller, kozmetik, deterjan, temizlik ve güzellik ürünleri gibi birçok sanayi alanında temel hammadde olarak kullanılmaktadırlar.

Polietilen Plastik Atıkların Kimyasal Bozundurma Metodu (Pirroliz) ile Faydalı Ürünlere Dönüştürülmesi

Isıl ve katalitik bozundurma deneyleri Şekil.1’de gösterilen deney düzeneğinde yapılmıştır. Bu düzenekte, taşıyıcı gaz olarak kullanılan azot gazı, aynı zamanda ortamda bulunan hava oksijenini de uzaklaştırarak ortamın “inert” halde kalmasını sağlamaktadır. Bu inert ortam, reaksiyon ortamında oluşan ürünlerin oksijensiz “hidrokarbonlar” şeklinde olmasını sağlamaktadır. Şekil.3’de Isıl bozundurma ve değişik katalizörler için (Fe, Co, Mo, katalizör derişimi hepsinde % 10 w/w) katalizör/PE: 1/6 değerinde elde edilen sıvı reaksiyon ürünlerinin, atmosferik koşullarda destilasyonu ile elde edilen destilat yüzdeleri ve bu destilatların sıcaklık aralığı değişimleri verilmiştir.

Isıl bozundurmada elde edilen ham reaksiyon sıvı ürününün fraksiyonlu destilasyonunda, fraksiyonların sıcaklık aralığı 92 - 348 °C şeklinde gerçekleşmiştir. Bu destilasyonda, başlangıçta alınan ham reaksiyon sıvı ürünü üzerinden yaklaşık % 70.33 verimle destilat ürün alınmıştır. Bu işlemde destilat ürün dağılımı incelendiğinde, en düşük kaynama noktalı fraksiyonun (1. destilat, 92-140 °C) toplam destilatın yaklaşık % 6.45’lik kısmını, en ağır fraksiyonun (8. destilat, 320-348 °C) yaklaşık % 22.93’lük kısmını oluşturduğu görülmüştür (Şekil.3).

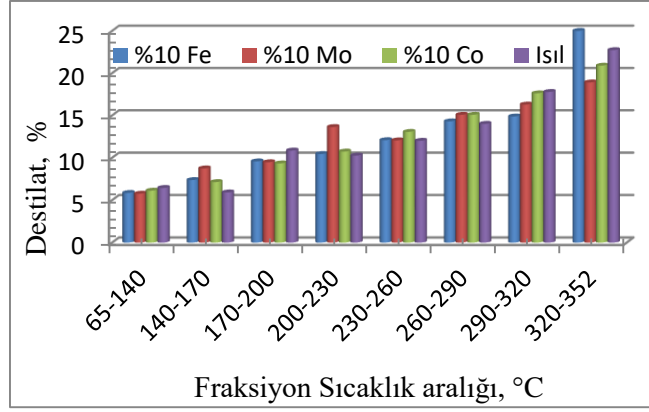
Isıl bozundurma ve farklı katalizörler için (her üç katalizör de % 10, w/w), Katalizör/PE oranları ve polietilen bozundurma reaksiyonu koşulları aynı olduğu halde (reaksiyon sıcaklığı, 434 - 438 °C, N₂ akış 740 mL/dk., reaksiyon süresi 60 dk., vs.), reaksiyondan elde edilen sıvı ürünlerin atmosferik koşullarda fraksiyonlu destilasyonu sonucunda elde edilen destilat ürünlerde özellikle doymamışlık (İyot Sayısı) açısından önemli farklılıklar görülmüştür. Isıl bozundurma koşullarında, sıvı ürünün başlangıç iyot sayısı (IS) 60 olduğu halde, elde edilen fraksiyonların ortalama iyot sayısı yaklaşık 91 olarak tespit edilmiştir. % 10 Co katalizörü için Katalizör/PE: 1/6 oranında, elde edilen sıvı ürünün fraksiyonlu destilasyonunda, fraksiyonların sıcaklık aralığı 93 - 320 °C olarak gerçekleşmiştir. Aynı destilasyonda başlangıçta alınan sıvı ürünün yaklaşık % 94.95’i destilat ürün olarak alınmıştır. Bu işlemde destilat dağılımı incelendiğinde, en düşük kaynama noktalı fraksiyonun (1. destilat, 93-140 °C) toplam destilatın yaklaşık % 5.73’lük kısmını, en ağır fraksiyonun (7. destilat, 290 - 320 °C) yaklaşık % 23.11 lik kısmını oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil.3). % 10 Co katalizörü için Katalizör/PE: 1/6 oranında, reaktörden alınan ham reaksiyon sıvı ürünü başlangıç iyot sayısı 61 olduğu halde, elde edilen fraksiyonların ortalama iyot sayısı 94.4 olarak tespit edilmiştir.

% 10 Fe katalizörü için Katalizör/PE: 1/6 oranında, elde edilen sıvı ürünün fraksiyonlu destilasyonunda, fraksiyonların sıcaklık aralığı 68 - 352 °C şeklinde gerçekleşmiştir. Aynı destilasyonda başlangıçta alınan sıvı ürünün yaklaşık % 80.51’i destilat ürün olarak alınmıştır. Bu işlemde destilat ürün dağılımında, en düşük kaynama noktalı fraksiyonun (1. destilat, 68-140 °C) toplam destilatın yaklaşık % 5.86’lik kısmını, en ağır fraksiyonun (8. destilat, 320-352 °C) yaklaşık % 25.46’lik kısmını oluşturduğu görülmüştür (Şekil.3). Reaktörden alınan ham reaksiyon sıvı ürünü başlangıç iyot sayısı 56 olduğu halde, elde edilen fraksiyonların ortalama iyot sayısı 94.4 olarak tespit edilmiştir.

% 10 Mo katalizörü için Katalizör/PE: 1/6 oranında, elde edilen sıvı ürünün fraksiyonlu destilasyonunda, fraksiyonların sıcaklık aralığı 76 - 342 °C şeklinde gerçekleşmiştir. Bu destilasyonda, başlangıçta alınan sıvı ürünün yaklaşık % 82.16’si destilat ürün olarak alınmıştır. Bu işlemde destilat ürün dağılımında, en düşük kaynama noktalı fraksiyonun (1. destilat, 76-140 °C) toplam destilatın yaklaşık % 5.77’lik kısmını, en ağır fraksiyonun (8. destilat, 320-352 °C) yaklaşık % 18.91’lik kısmını oluşturduğu görülmüştür (Şekil.3). Reaktörden alınan ham reaksiyon sıvı ürünü başlangıç iyot sayısı 65 olduğu halde, elde edilen fraksiyonların ortalama iyot sayısı 94.6 olarak tespit edilmiştir.

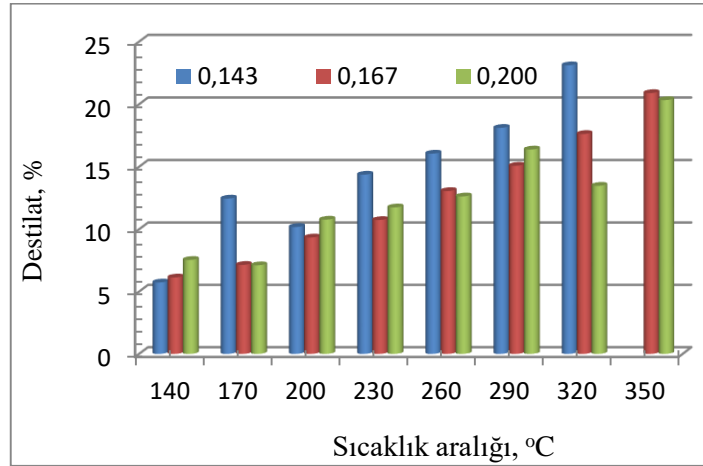
Değişik reaksiyon koşullarında elde edilen sıvı ürünlerin destilasyonundan elde edilen fraksiyonların ortalama iyot sayılarında önemli oranda artışlar olduğu görülmüştür. İyot sayısının bu şekilde artış göstermiş olması (artış oranları yaklaşık olarak, ısıl bozundurmada, % 51.80, Co katalizörü için % 54.75, Fe katalizörü için % 68.57, Mo için % 68.71), destilasyon sırasında ulaşılan yüksek sıcaklıklarda (yaklaşık 350 °C), deneysel çalışmada elde edilen ham sıvı yapısında bulunan bazı doymuş hidrokarbonların parçalanarak veya H atomlarını kaybederek doymamış olefinik yapıları yeni bileşenlere dönüşmüş olduğu şeklinde yorumlanabilir.

A. Koç ve S. Alan Korun



Şekil.3. Katalizör/PE: 1/6 oranında, farklı reaksiyon koşullarında elde edilen sıvı ürünlerin destilasyonunda sıcaklık aralıkları - % destilat değişimi (katalizör % değerleri, w/w).

Şekil.4’de, %10 Co katalizörü için katalizör/PE oranları - Sıcaklık değişimi verilmiştir. Bu grafikte, Katalizör/PE oranının en düşük değerinde (0.143, birim reaksiyon medyası kütlesi başına katalizör miktarı en düşük), hemen hemen bütün sıcaklık aralıklarında destilat yüzdesi daha fazla elde edilmiştir. Buna karşın, Katalizör/PE oranının 0.167 ve 0.20 değerleri için % destilat değerleri birbirine oldukça yakın değerlerden oluşmaktadır. Düşük katalizör oranında son destilat sıcaklığı 320 °C olduğu halde, diğer iki oran için son destilat sıcaklığı 350 °C’ye kadar çıkmıştır. Buna göre, Katalizör/PE oranının düşük olması durumunda, elde edilen sıvı ürünün molekül ağırlığı ve buna bağlı olarak C atom sayıları diğer iki fraksiyona göre daha düşük olmaktadır. Her üç Katalizör/PE oranında da, genel olarak sıcaklıktaki her 30 °C’lik artış durumunda elde edilen destilat miktarlarında kayda değer artışlar olduğu görülmektedir.



Şekil.4. % 10 Co katalizörü için değişik Katalizör/PE oranlarında elde edilen sıvı ürünlerin destilasyonunda sıcaklık aralıkları - % destilat değişimi.

4. Sonuç

Günümüzde, diğer birçok atık malzeme grubunda olduğu gibi, plastikler, lastikler, vs. atıkların kimyasal metotlarla (piroliz, kraling) bozundurulması kayda değer bir gelişme içindedir. Bu metot uygulanarak elde edilen sıvı veya gaz ürünler, ileri reaksiyon mühendisliği uygulamaları ile geliştirilen yeni reaktör sistemlerinde çok farklı yeni kimyasal maddelere dönüştürülebilmektedir. Oldukça fazla miktarda oluşan plastik atıkların çevrede çok uzun yıllar bozunmadan kalabilmeleri de bu maddelerin ne kadar kararlı bir yapıda olduklarının göstergesidir. Bu kararlı yapıdaki değerli atıkların kimyasal geri

kazanım metodu uygulanarak ekonomiye kazandırılması, ülkelerin gelecekte özellikle yeni enerji kaynakları bulmaları açısından ve petrokimya endüstrisi için oldukça önemli ekonomik girdili ürünler sağlamaktadır. Bu çalışmada elde edilen ürün karakterizasyonu ve sıvı ürünlerin kaynama sıcaklık aralıkları literatürde benzer çalışmalardan (Lin, 2007; Phetyim, 2018) elde edilen ürünlerle benzerlikler göstermektedir. Bu metod ile elde edilen sıvı ürünler, sanayide değişik sektörlerde kullanılan petrokimya ürünleri ve sıvı yakıtlara benzer özellikler göstermektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, İnönü Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (İNÜBAP) tarafından “2012/07, Yüksek Lisans” numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Atacan, S. E., 2014. *Kütahya - Seyitömer Bitümlü Şeylinin ve Plastik Atıkların Birlikte Pirölizi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Bekele, W., Amedie, W. ve Salehudres, Z., 2020. Design of Pyrolysis Reactor for Waste Plastic Recycling. *Engineering and Applied Sciences*, 5 (5): 92-97.
- Bridjesh P. Periyasamy P. ve Kannaiyan G. N., 2019. Combined effect of composite additive and combustion chamber modification to adapt waste plastic oil as fuel on a diesel engine. *Journal of The Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 97, 297-304.
- Kangalli, E., 2007. *Polietilen Atıklardan Elde Edilmiş Piröliz Sıvısının Polimerizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi. Ankara.
- Koç, A. ve Bilgesu, A. Y., 2007. Catalytic and thermal oxidative pyrolysis of LDPE in a continuous reactor system. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 78, 7-13.
- Lin Y.H. ve Yang M.H., 2007. Catalytic conversion of commingled polymer waste into chemicals and fuels over spent FCC commercial catalyst in a fluidised-bed reactor. *Applied Catalysis B: Environmental* 69, 145-153.
- Masuda T., Kushino T., Matsuda T., Mukai S. R., Hashimoto K. ve Shu-ichi, 2001. Chemical recycling of mixture of waste plastics using a new reactor system with stirred heat medium particles in steam atmosphere. *Chemical Engineering Journal*, 82, 1-3, 173-181.
- Phetyim N. ve Prototype S. P., 2018. Co-Pyrolysis of Used Lubricant Oil and Mixed Plastic Waste to Produce a Diesel-Like Fuel. *Energies*, 11, 2973.
- Rasul J. M., Shah J. ve Gulab H., 2010. Catalytic degradation of waste HDPE into fuel products using BaCO₃ as a catalyst. *Fuel Processing Technology*, 91 (11), 1428-1437.
- Sembiring, F., Purnomo, C. W. ve Purwono, S., 2018. Catalytic Pyrolysis of Waste Plastic Mixture. IOP Conf. Series: *Materials Science and Engineering* 316, 012020.
- Sharuddin S. D. A., Abnisa F. ve Wan Daud W. M. A. ve Aroua M. K., 2016. A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, 115, 308-326.
- Susastriawan, A.A.P. ve Sandria, P. A., 2020. Experimental study the influence of zeolite size on low-temperature pyrolysis of low density polyethylene plastic waste. *Thermal Science and Engineering Progress*, 17, 100497.
- Tiwari D.C., Ejaz Ahmad, ve Kumar S. K.K., 2009. Catalytic degradation of waste plastic into fuel range hydrocarbons. *International Journal of Chemical Research*, 1(2), 31-36.
- Veksha A., Giannis A., Wen-DaOh, Victor-W, Chang C. ve Lisak G., 2018. Upgrading of non-condensable pyrolysis gas from mixed plastics through catalytic decomposition and dechlorination. *Fuel Processing Technology*, 170.

MAKALE KABUL KOŞULLARI VE YAZIM KURALLARI

- Dergide çevrebilimleri alanında yapılmış özgün araştırmalar ve derlemelerden (tarama yazıları) oluşan "Denetimli Makaleler"in yanısıra "Araştırma Notları", "Konferans Notları", "Kitap Tanıtımı"ve yabancı dilde yayımlanmış olan özgün araştırmaların "Çeviriler"i yayımlanır. Dergide yayınlanacak eserler Türkçe ya da İngilizce olarak yazılabilir.
- Dergiye gelen eserin basımı öncesinde hakem görüşleri alınır. Gönderilen makalenin dergide yayınlanabilmesi için Editörler Kurulu tarafından hem bilimsel içerik, hem de şekil bakımından uygun görülmesi ve hakemler tarafından kabul edilmesi gerekir. Yayınlanması uygun bulunmayan eser yazarına/yazarlarına geri gönderilir.
- Dergide yayınlanacak eserin daha önce hiçbir yayın organında yayınlanmamış ya da yayın hakkının verilmemiş olması gerekir. Buna ilişkin yazılı bildirim, makale ile gönderilmelidir.
- Eser, Microsoft Word programında hazırlanarak Dergipark sistemi üzerinden çevrimiçi olarak yüklenmelidir (<https://dergipark.org.tr/aucevrebilim>).
- Makale Microsoft Word programının yeni versiyonunda, A4 normunda, sayfa kenar boşlukları üst 3cm, sol 2,5cm, sağ 2,5cm, alt 4cm olarak ayarlanarak, 11 punto Times New Roman karakteri ile, tek satır aralığı kullanarak ve iki yana yaslı olarak hazırlanmalı, paragraf arası verilmemeli, paragraflarda ilk satır girintisi ise 1.25cm olarak yazılmalı, metin içerisinde tablo ve şekiller dahil koyu karakterlere yer verilmemeli, şekil, çizelgeler ve Kaynaklar bölümü dahil 20 sayfayı geçmemelidir.
- Eser başlığı baş harfleri büyük, ortalanarak koyu (bold) ve 14 punto, yazar adları 12 punto, Özet ve Abstract iki yana yaslı 9 punto ile yazılmalıdır.
- Yazar adı/adları açık olarak yazılmalı, ünvan kullanılmamalı, adres bilgileri 11 punto ve italik olacak şekilde bir alt satırda yer almalıdır. Başlık ile yazar isimleri arasında 1,5 satır aralığı bulunmalıdır. İki ya da daha fazla yazarlı makalelerde, yazarların soyadları üzerine rakam konularak, adres bilgileri alt satırda ve tek satır boşluğu bırakılarak yer almalıdır.
- Yapılan çalışma bir kurum/kuruluş tarafından desteklenmiş ya da doktora/yüksek lisans tezinden hazırlanmış ise, başlığa yıldız koyularak ilk sayfanın altına dip not olarak verilmelidir.
- Özgün araştırmalar; Özet, Abstract, Giriş, Materyal ve Yöntem, Bulgular, Tartışma, Sonuç, Teşekkür (gerekirse), Kaynaklar şeklinde düzenlenmelidir. Derlemeler Giriş, uygun başlıklar altında Ana Metin ve Sonuçlar olmak üzere üç bölümden oluşabilir, yayınlanmasında Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisinin Yayın İlkeleri uygulanır. Özet, 200 kelimeyi aşmayacak şekilde, çalışmanın amacını, nasıl yapıldığını, sonuçları ve sonuçlar üzerine yazar(lar)ın yaptığı değerlendirmeleri içermeli ve en fazla 7 adet anahtar kelime kullanılmalıdır. Giriş, çalışmanın önemini, amacını ve konu ile ilgili daha önce yapılmış temel araştırmaları kapsamalıdır. Materyal ve Yöntem, çalışmanın tekrarına olanak verecek şekilde yeterli bilgi ve kaynakları içermelidir. Bulgular, şekil ve çizelgelerde verilen bilgilerin tam olarak anlaşılmasını sağlamalıdır. Tartışma bölümünde sonuçlar, önemi vurgulanarak daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılmalıdır. Sonuç bölümünde ise, bulgulardan ulaşılan son değerlendirmeler verilmelidir.
- Makaledeki şekil, harita ve fotoğrafların bilgisayar kayıtları, uygun çözünürlükte olmalı, makalede metin içerisine yerleştirilmelidir. Çizelge başlıkları çizelgenin üstüne, çizelge kaynağı ise altına verilmelidir. Çizelge ve şekil açıklamalarında sadece ilk kelimenin baş harfi büyük, diğerleri küçük harflerle yazılmalıdır. Çizelge içerisindeki metinlerde de aynı kural geçerlidir. Tüm tablolar “Çizelge”; tüm grafik, harita ve çizimler “Şekil” olarak adlandırılmalıdır. Şekil adları şeklin altında verilmelidir. Tüm şekil ve çizelge adları 9 punto, Times New roman karakterinde olmalı, numaralandırmalardan sonra nokta verilmelidir.
- Metin içerisinde atıfta bulunulan kaynaklar, yazarın soyadı ve yayın yılı sıralamasıyla parantez içerisinde verilecektir (Akpınar, 2000). Aynı yazarın aynı tarihli birkaç eseri varsa alıntılarda yıldıktan sonra a,b,c... şeklinde numaralandırma yapılacaktır (Akpınar, 2002a). Birden fazla esere

atıfta bulunuluyorsa referanslar alfabetik sıra ile verilmelidir (Avcıoğlu, 2002; Oğuz, 2004; Uslu ve Kiper, 2005).

- Sözlü görüşmeler ve yayınlanmamış eserlere (Yüksek Lisans ve Doktora Tezleri hariç) ait bildirimler, kaynak olarak kullanılmamalıdır.
- Kaynaklar listesi ilk yazarın soyadına göre alfabetik olarak düzenlenmeli ve Times New Roman karakterinde 9 punto olarak yazılmalıdır. İki veya daha fazla yazarlı eserlerin bildiriminde son yazardan önce “ve” bağlacı kullanılmadır.

Dergi:

Somuncu, M.2004.Dağcılık ve Dağ Turizmindeki İkilem: Ekonomik Yarar ve Ekolojik Bedel. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2 (1):1-22.

Kitap:

Keleş, R. 1996. *Kentleşme Politikası*. İmge Kitabevi Yayınları: 803, Ankara.

Kitabın bir bölümü:

Hamamcı, C. 1997. Çevrenin Uluslararası Boyutları. s: 395-412. Editör: R. Keleş. *İnsan Çevre Toplum*. İmge Kitabevi, Ankara.

Bildiri kitabı:

Karadeniz, N., Özbek, H. ve Gül, S. 2000. Ülkemiz Koruma Alanlarında Yönetim Planı Süreci. *2000’li Yıllarda Yaşadığımız Çevre ve Peyzaj Mimarlığı Sempozyumu. Bildiriler Kitabı*: 177-184, 24-26 Mayıs 2000, Ankara.

Yazarı belirtilmeyen kurum yayınları:

Anonim 1997. *Ulusal Çevre Eylem Planı: Arazi Kullanımı ve Kıyı Alanlarının Yönetimi*. Devlet Planlama Teşkilatı Yayını, Ankara.

İnternet sayfaları:

İnternet sayfasına atıfta metin içerisinde Anonim ya da Anonymous ve erişim tarihi olarak verilmeli (Anonim, 2005), Kaynaklar bölümünde ise sayfa adresi de verilmelidir.

Anonymous 2007. Explore Europe’s changing landscape.

<http://www.eea.europa.eu/highlights/explore-europe2019s-changing-landscape>.

- Etik Kurul onayı gerektiren çalışmalarda, Etik Kurul onayına dair belge gönderilmesi ve makalede de Etik Kurul onayı alındığının belirtilmesi gerekmektedir.
- Basımına karar verilen eserde, ekleme ya da çıkarma yapılamaz.
- Yayın süreci tamamlanan eserler geliş tarihi esas alınarak yayınlanır.
- Bir yazarın, aynı sayıda ilk isim olarak 1 (bir), ikinci ve diğer isim sırasında 1 (bir) olmak üzere toplam 2 (iki) eseri basılabilir.
- Sayfa sınırını aştığı için seri makale olarak bölünmesi söz konusu olan araştırmaların başlıkları ona göre düzenlenerek, zaman içinde sırayla basılmak üzere, değerlendirmeye bir arada sunulmalıdır.
- Yayınlanan eserin tüm sorumluluğu yazarına/yazarlarına aittir.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

- The following types of papers are accepted to be published in Ankara University Journal of Environmental Sciences: research papers, review papers, technical notes, conference notes, book reviews, and translations of research articles. Papers must be written either in Turkish or English.
- All submitted manuscripts are subjected to scientific and editorial review by the editorial board and qualified *ad hoc* reviewers. Rejected manuscripts are sent back to the corresponding author.
- The authors must certify with a written and signed statement that the manuscript has not been published elsewhere.
- The manuscript should be uploaded via the web platform of Dergipark (<https://dergipark.org.tr/en/pub/aucevrebilim>).
- The paper size must be A4 with margins: top=3 cm., left= 2.5 cm., right= 2.5 cm., and bottom= 4 cm. The text has to be written in Times New Roman; font size 11 pt; and justified with single line spacing in Microsoft Word. Paragraph indentation should be 1 cm. and 6 pt clear line must be left between paragraphs. Do not use bold characters within the text, figures and tables except headings. The manuscript should not exceed 20 pages, including references.
- The title of the paper must be written in 14 pt bold and centered. First letters of the title must be capital. Full author names must be written in 12 pt. Abstract must be written in 9 pt italic.
- Author names must be written without titles. Address information should be written in 11 pt. Leave no space between author names and address line. Authors with different affiliations and addresses should use superscripts.
- If the research has been supported by an institution or organization, or is a part of thesis, then a footnote should be inserted at the end of the paper title.
- Original research papers should be organized under following headings; abstract, introduction, material and methodology, research findings, discussion, conclusions, if necessary acknowledgements, and finally references. Review papers may contain three sections as; introduction, main text with appropriate heading(s) and conclusion. All main and secondary headings must be numbered in Arabic numerals. Abstract should be no more than 200 words and must include the purpose of the study, methodology used, findings and a brief evaluation of the findings. At most 7 key words should be given. Introduction part should include the significance and purpose of the study, as well as a literature review of previous studies. Material and methodology section should include sufficient information. Tables and figures should be explained within the text clearly in research findings. Research findings should be discussed and compared to previous studies in the Discussion section.
- All figures, maps and photographs must be in high resolution for quality printing. They must be placed within the text and separate copies should be sent. Table titles should be written above the table and the reference should be written below the table with 9pt. Name of the figures should be written below the figure with 9pt.
- When referring within the text, author last name(s) and year of publication must be written separated with a comma within brackets (Akpınar, 2000). For two authors, use “and” between the last names, and for three authors use “*et al.*”. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b" etc., placed after the year of publication (Akpınar, 2002a). Multiple references should be written in alphabetical order, separated with a semicolon (Avcıoğlu, 2002; Oğuz, 2004; Uslu and Kiper, 2005).
- Interviews and unpublished works (except postgraduate theses) should not be cited.
- Reference list must be written in alphabetical order according to first author last name, in 9 pt. For multiple authors, “and” should be used before the last author name. Indentation must be “hanging” by 1.25 cm.

Journal article:

Karadeniz, N., Somuncu, M. 2003. Approaches for Preservation of Mountainous Areas in Turkey Case Study: Kaçkar Mountains (Turkey). *Montagnes Méditerranéennes*, 17, 89-90.

Book:

Lynch, K. 1960. *The Image of the City*. The MIT Press: 194, USA.

Chapter of a book:

Somuncu, M. 2011. Sustainable Development in the Eastern Black Sea Mountains: Present State and Perspectives. Editor(s): Zhelezov, G., *Sustainable Development in Mountain Regions: Southeastern Europe*, Springer, London-New York, 215-226.

Papers in conference proceedings:

Somuncu, M., İnaner, H., Çiçek, İ. 2004. An Example of Geological and Geomorphological Heritage to be Protected: Gölcük Caldera (Isparta-Southwestern Turkey). *Proceedings of 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*, Thessaloniki-Greece, Volume 1, 427-429.

If no author is available:

Anonymous 1997. *National Environmental Action Plan*. State Planning Organization, Ankara.

Web pages:

Web pages should be cited as Anonymous with year of access within the text (Anonymous, 2005), URL should be given in reference list.

Anonymous 2007. Explore Europe's changing landscape.

<http://www.eea.europa.eu/highlights/explore-europe2019s-changing-landscape>.

- If ethical approval is necessary, author(s) must submit the approval of Ethical Board and state that ethical approval has been obtained within the manuscript.
- No adding and removal can be made after the acceptance of the manuscript for publishing.
- Accepted manuscripts are published according to manuscript submit date after reviewing and editing process is over.
- No more than two papers of an author can be published in the same issue as long as he/she is not the first author in one of the papers.
- If manuscript is more than 20 pages, it can be submitted in two parts with appropriate titles to be published in following issues.
- Authors are responsible for the content of accepted manuscripts.