

Received: 16.06.2018

Accepted: 21.09.2018

DOI: 10.30516/bilgesci.434223

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

2(2), 139-146, 2018

Kauçuk Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi

Veysel Mutlu^{1*}, Cihan Özgür², Şehnaz Şule Kaplan Bekaroğlu³

Özet: Bu çalışmanın amacı Türkiye’de faaliyet gösteren ve yıllık üretimi ortalama 17.500 ton kauçuk ürün olan bir firmanın karbon ayak izinin belirlenmesidir. Hesaplamalar “Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımı” kapsamında IPCC’nin Tier-1 metodolojisine ait formül kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan güncel veriler firmadan temin edilmiştir. Çalışma sonucunda yıllık toplam karbon ayak izi miktarı yaklaşık 55.000.000 kg CO₂e olarak tahmin edilmiştir. Karbon ayak izi olarak en yüksek miktar ve dolayısıyla oran, kullanılan ham madde kaynaklı karbon emisyonuna (≈%77) aittir. Bu sebeple Kapsam 3 emisyonlarının bu sektör için en büyük miktarı oluşturduğu belirlenmiştir. Satın alınan elektrik ile ilgili karbon emisyonu (≈%12) ikinci sırada yer almaktadır. Geri dönüştürülmüş ham madde kullanarak karbon ayak izinde azaltım elde edildiği görülmüştür. Çalışma sonucunda tahmin edilen kauçuk sektörü karbon ayak izi değeri farklı sektörlerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında kağıt üretimi, çimento üretimi ve şeker üretimi için olanlara göre sırasıyla yaklaşık 2, 4 ve 6 kat daha fazla fiber optik ve tekstil kumaşı üretimi için olanlara göre sırasıyla yaklaşık 23 ve 27 kat daha azdır. Her sektör için karbon ayak izi çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerektiği ve azaltım programlarının belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Keywords: Karbon salınımı, karbon ayak izi, kauçuk endüstrisi, karbondioksit eşdeğeri

Determination Of Carbon Footprint In Rubber Industry

Abstract: The purpose of this study is to calculate the carbon footprint of companies with an average annual production of 17,500 tons of rubber products in Turkey. The calculations were carried out using the formula for the Tier 1 methodology of the under the "Integrated Pollution Prevention and Control Approach". The data used in the study were obtained from experts working in the firm. As a result of the study, the total amount of carbon footprint per year was estimated to be approximately 55,000,000 kg CO₂e. The highest amount of carbon footprint belongs to the raw material-derived carbon emissions (≈77%) used. For this reason, it has been determined that Scope 3 emissions constitute the largest amount for this sector. Carbon emissions related to electricity purchased (≈12%) are in second place. It has been found that carbon footprint reduction is achieved by using recycled raw materials. As a result of the study, the predicted rubber industry carbon footprint is about 2, 4 and 6 times higher than paper production, cement production and sugar production, respectively and 23 and 27 times less than for production of fiber optics and textile fabrics, respectively. Finally, proposals have been made for the testing of different scenario implementations and reduction of carbon emissions for the rubber sector. It is emphasized that carbon footprint studies should be carried out for each sector and reduction programs should be determined.

Keywords: Carbon emission, carbon footprint, rubber industry, carbon dioxide equivalent

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu, 32950, Isparta, Türkiye

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Enstitüsü, 32260, Isparta, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): cihanozgur@sdu.edu.tr

Citation (Atıf): Mutlu, V., Özgür, C., Kaplan Bekaroğlu, Ş.Ş., 2018. Determination Of Carbon Footprint In Rubber Industry. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2 (2): 139-146.

1. Giriş

Küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları dünya gündeminde önemli bir yer tutmakta ve her geçen gün bu konuda yapılan çalışmalar artmaktadır. 1997 yılında gerçekleştirilen Kyoto Protokolü ile özellikle karbondioksit ve sera etkisine sebep olan gazların azaltılması ya da azaltılamıyorsa karbon ticareti yoluyla açığın kapatılması hedeflenmiştir (Gunathilaka ve Gunawardana, 2015). 4 Kasım 2016 yılında yürürlüğe giren Paris Anlaşmasında ülkeler ve işletmeler üzerinde karbon salınımı miktarının azaltılması amaçlanmaktadır (Köse, 2018).

Kyoto Protokolü ve ardından gelen Paris Anlaşması ile birlikte karbon ayak izi (CF) hesaplama çalışmaları hız kazanmıştır. Karbon ayak izi ile ilgili enerji üretiminde (Messagie, 2014; Shaikh, vd., 2017; Dulkadiroğlu, 2018), endüstriyel üretimlerde (Flysjö vd., 2014; Gunathilaka ve Gunawardana, 2015; Garcia vd., 2016; Yan vd., 2016; Inakollu vd., 2017), tarımsal faaliyetlerde (Adewale vd., 2016; Clavreul vd., 2017; Mansour ve Jecic, 2016), kentsel ve bireysel hesaplamalarda (Strohbach vd., 2012; Huang ve Meng, 2013; Meng vd., 2014; Su vd., 2014), ve turizmde (Dwyer vd., 2010; Puig vd., 2017) farklı metotları kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir. Karbon salınımının meydana geldiği endüstriyel sektörlerden biri de kauçuk sektörüdür. Yaygın olarak kauçuk, ısı dayanımı, sızdırmazlık özellikleri ve rahat monte edilebilir özelliklerinden dolayı başta otomotiv olmak üzere inşaat, havacılık, sağlık, madencilik, makine, giyim, ayakkabıcılık, büro eşyaları, mobilya, oyuncak vb. çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır (PAGEV, 2015).

Karbon ayak izi tespit çalışmaları oldukça popüler olmasına rağmen, kauçuk sektöründen kaynaklanan karbon ayak izi ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Özellikle Türkiye’de kauçuk sektörü üzerine yapılmış bir karbon ayak izi çalışması mevcut değildir. Çalışmanın amacı kauçuk ürün üretimi gerçekleştiren bir firmanın karbon ayak izinin belirlenmesidir.

Kauçuk sektörü ürünlerinin içeriği incelendiğinde ham madde olarak geri dönüştürülmüş ürünlerin kullanıldığı göze çarpmaktadır. Elde edilen verilerden geri dönüştürülmüş ham madde (ikincil ham madde) içerikli kauçuklu karışım, konveyör bant, transmisyon ve elevator kayışları, kauçuk

levha, kauçuk sıyrıcı levha gibi kauçuk ürünler üreten bir firmanın muhtemel karbon ayak izi hesaplanmıştır.

1.1. Karbon Ayak İzi ve Hesaplanması

Wiedmann ve Minx (2007) karbon ayak izini “Doğrudan veya dolaylı olarak bir faaliyetin neden olduğu veya bir ürünün ömrü boyunca birikmiş toplam karbondioksit (CO₂) emisyonlarının bir ölçümü” olarak tanımlamışlardır. EPLCA (2007) karbon ayak izini “Bir ürünün tedarik zinciri boyunca ve bazen ömrünü tamamladığında geri kazanımı ve bertarafıyla ilişkili karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonlarının (metan) toplam miktarı” olarak tanımlamıştır. Peters (2010)’e göre fonksiyonel bir birim karbon ayak izi, belirlenmiş mekânsal ve zamansal sistem sınırları kapsamında üretim ve tüketimdeki konu ile ilgili tüm emisyon kaynakları, yutakları ve depolarını dikkate alan belirli bir ölçüdeki iklim etkisidir. Galli vd. (2012)’ye göre karbon ayak izi, bireylerin, toplumların, devletlerin, şirketlerin, süreçlerin, endüstriyel sektörlerin vb. faaliyetlerini içerir. Verilen tanımlardan yola çıkarak kavramların ve sınırların kesin olarak belirlenmemiş olmasından dolayı tam bir karbon ayak izi tanımı yapmak oldukça zordur. Basit bir ifadeyle karbon ayak izi belirli sera gazlarının bir ölçütüdür. Sera gazları ısı tutma özelliğine sahip atmosferde bulunan bileşikler olup Kyoto Protokolü kapsamında ele alınan sera gazları Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Azot oksitler (N₂O), Hidroflorokarbonlar (HFC’ler), Perflorokarbonlar (PFC’ler) ve Kükürthekzaförür (SF₆)’dür.

Birim (ürün) karbon ayak izi ile ilgili farklı metodolojilerin ve metodolojilerin birbirleri arasındaki farkların belirlenmesi önemlidir. Literatürde vurgulanan başlıca farklılıklar, çalışma kapsamı, hesaplama dahil edilen gazlar, gazların CO₂ eşdeğerlerine ulaşması için ağırlıklandırılması ve sistem sınırları olarak belirtilmektedir (Gunathilaka ve Gunawardana, 2015).

Sera gazları farklı etkilere sahiptir ve karbondioksitin etkisinin bir birim kabul edilmesi halinde, her bir gazın 100 yıllık zaman diliminde atmosferde yarattığı göreceli etkiye küresel ısınma potansiyeli denir (Gunathilaka ve Gunawardana, 2015). Karbon ayak izi hesabında göz önünde bulundurulmuş üç önemli gaz CO₂, CH₄ ve N₂O’dur. Bu gazların küresel ısınma potansiyelleri IPCC 5. Değerlendirme Raporuna göre sırasıyla 1, 28 ve 265’tir (IPCC, 2013). Sera gazı hesaplama ve

raporlamada tanımlanmış üç kapsam mevcuttur. “Kapsam 1” sahip olunan veya kontrol edilen proses ekipmanlarında kimyasal üretimden kaynaklanan emisyonlar ile fırınlarda ve araçlarda yanma sonucu oluşan emisyonları kapsamaktadır. “Kapsam 2” sera gazı emisyonları ise satın alınan ve kullanılan elektriğin üretiminden ortaya çıkmaktadır. “Kapsam 3”, şirket tarafından sahip olunmayan veya kontrol edilmeyen kaynaklardan ortaya çıkan tüm dolaylı emisyonlar olarak kabul edilmektedir. Sera gazı emisyonlarının hesaplanması için en yaygın yaklaşım ise belgelenmiş emisyon faktörlerinin (EF) uygulanmasıdır (BSI, 2008; Matthews vd., 2008; EC, 2011; Ercin ve Hoekstra, 2012; Gunathilaka ve Gunawardana, 2015, Inakollu vd., 2017).

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmadan gerçekleştirilen hesaplamalar “Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımı” kapsamında denklem 1’de gösterilen Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)’nin Tier-1 metodolojisine ait formül kullanılarak gerçekleştirilmiştir (IPCC, 2006).

$$CF = AD \times EF \quad (1)$$

Burada CF; elektrik tüketimi, ulaşım, ısınma vb. faaliyetler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticilerinin karbondioksit eşdeğeri (CO_{2e}) cinsinden miktarını (karbon ayak izi), AD; bir proses tarafından tüketilen veya üretilen yakıt veya maddelere ilişkin veriyi (faaliyet verisi), EF; belirli bir kirleticinin birim değeri (hacim, kütle, zaman, alan vb.) için ortalama emisyon miktarını (emisyon faktörü) temsil etmektedir.

Kauçuk sektörü ile ilgili veriler yıllık üretimi ortalama 17.500 ton olan bir tesisten temin edilmiştir ve tüm veriler 2017 yılına aittir. Bu veriler kapsamında; yıl sonunda üretilen toplam kauçuk ürün için emisyon miktarı, katı atık üretiminden kaynaklanan emisyon miktarı, elektrik kullanımından kaynaklanan emisyon miktarı, ham maddeden kaynaklanan emisyon miktarı, taşımacılıktan ve tesis içerisinde yakıt olarak kullanılan doğalgaz ve motorinden kaynaklanan emisyon miktarı hesaplanmıştır. Su ve atıksu verileri, bu tür tesislerde karbon ayak izi hesaplarını etkileyecek miktarda su kullanılmadığından hesaba dahil edilmemiştir. Belirlenen tüm faaliyet verileri kauçuk ürünler üreten orta büyüklükteki firmalar için geçerli yaklaşık değerlerdir. Hesaplamaların gerçekleştirilmesinde kullanılan faaliyet verileri Çizelge 1’ de verilmiştir. Ham maddenin tesise

girişinden nihai ürün oluşumuna kadar geçen süreç içerisinde işletmede meydana gelebilecek enerji kayıpları hesaplamalarda dikkate alınmamıştır. Çizelge 1’ den de anlaşılacağı üzere araçlar doğrudan bir yılda aldıkları yol ile temsil edilmiştir ve tüm araçların dizel olduğu kabul edilmiştir. Bu değerler tesisin yılda ortalama 300 gün çalıştığı durum için geçerlidir.

Çizelge 1. Kauçuk firmasına ait faaliyet verileri

Faaliyet Verisi	Birim	Miktar
Kauçuk ürün üretimi	ton/yıl	≈17.500
Endüstriyel atık	ton/yıl	≈650
Elektrik tüketimi	kWh/yıl	≈11.500.000
Doğalgaz tüketimi	m ³ /yıl	≈1.800.000
Motorin	ton/yıl	≈500
Personel aracı	km/yıl-dizel	≈90.000
Servis aracı	km/yıl-dizel	≈180.000
Atık kamyonu	km/yıl-dizel	≈ 3.000

Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri “İngiltere Çalışma, Enerji ve Endüstriyel Strateji Bakanlığı” veri tabanından temin edilmiştir (DBEIS, 2017). Bu sektörde tabii kauçuk, tabii reçine vb. doğal polimerler ve sentetik kauçuk, polyester, sentetik reçine vb. sentetik polimerler kullanılmaktadır. Bu yüzden ham madde emisyon değeri ortalama bir plastik emisyonu esas alınarak belirlenmiştir. 2017 yılı elektrik tüketimi emisyon faktörü için Dulkadiroğlu (2018) tarafından yapılan bir çalışma sonuçları kullanılmıştır. Çizelge 2’ de ilgili emisyon faktörleri verilmiştir.

Çizelge 2. Emisyon faktörleri

Faaliyet Verisi	Birim	Emisyon Faktörü
Birincil ham madde	kg CO _{2e} /ton	3.328,4
İkincil ham madde	kg CO _{2e} /ton	1.541,2
Endüstriyel atık	kg CO _{2e} /ton	60
Elektrik tüketimi	kg CO _{2e} /kWh	0,6
Doğalgaz tüketimi	kg CO _{2e} /m ³	2,09672
Motorin	kg CO _{2e} /ton	3.190,29
Personel aracı-dizel	kg CO _{2e} /km	0,17887
Servis aracı-dizel	kg CO _{2e} /km	0,67219
Atık kamyonu-dizel	kg CO _{2e} /km	1,07844

Çizelge 2’ den de anlaşılacağı üzere emisyon faktörleri bu çalışmada kg CO_{2e} olarak verilmiştir dolayısıyla her gaz için ayrıca hesap yapmaya gerek kalmamıştır. Verilen ikincil ham madde EF’si de ortalama bir değerdir.

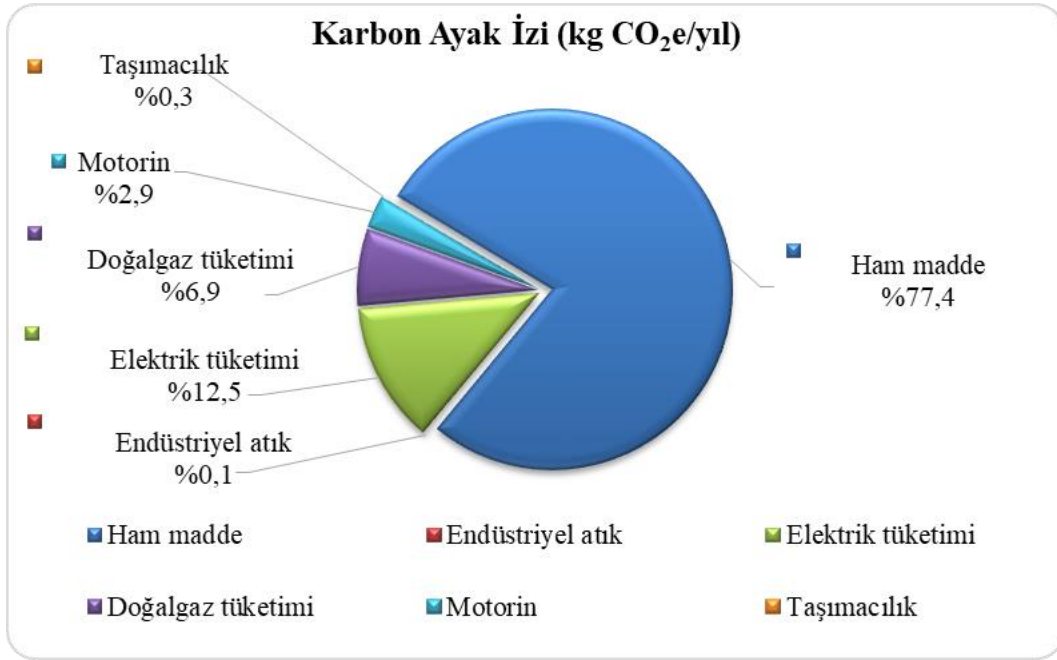
3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 1 ve Çizelge 2'deki veriler ve IPCC'nin Tier-1 formülüne göre hesaplanan kauçuk ürün

üreten bir firmanın kaynaklarına göre yıllık karbon ayak izi sonuçları Çizelge 3'te görülebilmektedir. Bu miktarların yüzdelik değerleri Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kauçuk ürün üreten bir firmanın kaynaklarına göre yıllık karbon ayak izi

Karbon Ayak İzi Kaynakları	Karbon Ayak İzi (kg CO ₂ e/yıl)
Ham madde	42.609.000
Endüstriyel atık	39.000
Elektrik tüketimi	6.900.000
Doğalgaz tüketimi	3.774.096
Motorin	1.595.145
Taşımacılık	140.328
Toplam	≈55.000.000



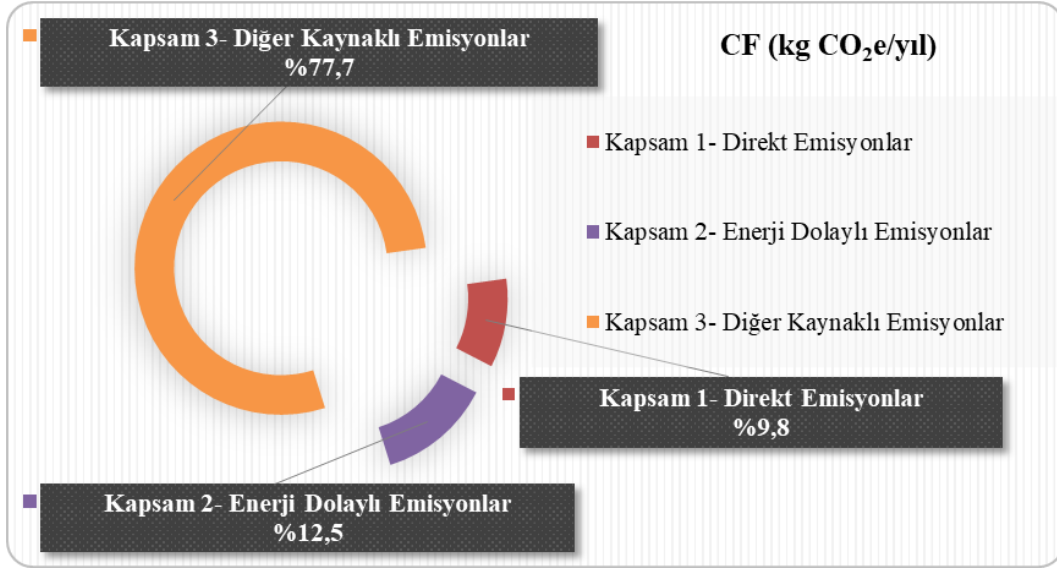
Şekil 1. Kaynaklara göre oluşabilecek yıllık karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı

Çizelge 3'te de verildiği gibi yıllık toplam karbon ayak izi yaklaşık 55.000.000 kg CO₂e tahmin edilmiştir. Şekil 1'den de görüldüğü gibi karbon ayak izi olarak en yüksek miktar, kullanılan ham madde kaynaklı karbon emisyonuna (≈%77) aittir. Satın alınan elektrik ile ilgili karbon emisyonu (≈%12) ikinci sırada yer almaktadır. Tesis içerisinde kullanılan doğalgaz ve motorinden kaynaklı karbon emisyonları birlikte yaklaşık %10

ile satın alınan elektrikten sonra gelen en büyük payı oluşturmaktadır. Taşımacılık ve endüstriyel atık kaynaklı karbon emisyonları ise yok denecek kadar az bir paya sahiptir. Kapsamlarına göre direkt emisyonlar, enerji dolaylı emisyonlar ve diğer kaynaklı emisyonlara ait karbon ayak izi değerleri yaklaşık olarak Çizelge 4'te ve kapsamlarına göre karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. Kapsamlarına göre emisyon kaynaklarının karbon ayak izi miktarı

Kapsamlar	Emisyon Kaynağı	CF (kg CO ₂ e/yıl)
Kapsam 1- Direkt Emisyonlar	Doğal gaz Motorin	≈5.400.000
Kapsam 2- Enerji Dolaylı Emisyonlar	Elektrik	≈6.900.000
Kapsam 3- Diğer Kaynaklı Emisyonlar	Ham madde Endüstriyel atık Taşımacılık	≈42.750.000

**Şekil 2.** Kapsamlarına göre karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı

Şekil 2'den de görüldüğü gibi Kapsam 3'e dahil olan endüstriyel atık, taşımacılık ve tesis tarafından kullanılan ham maddelerden kaynaklı emisyonlar yaklaşık %78 ile en büyük payı oluşturmaktadır. Bu Kapsam 2'ye dahil olan ve tesis tarafından satın alınan elektrik kaynaklı emisyonlara (≈%12) göre yaklaşık 6 kat daha fazladır. Kapsam 1'e dahil olan tesis içerisinde kullanılan doğal gaz ve motorinden kaynaklı emisyonlarsa yaklaşık %10 ile toplam karbon salınımlarında son sırada yer almaktadır. Kapsam 1, 2 ve 3 emisyonlarının karbon ayak izine katkılarının sektörlere ve hatta organizasyonlara göre dolayısıyla kullanılan hammaddeden şirketin enerji politikalarına kadar birçok faktöre göre farklılık gösterebileceği çalışmanın birinci bölümünde bahsedilen uygulamalar ve diğer uygulamalar incelendiğinde anlaşılabilir. Bu sebeple bu çalışmanın sonuçları Türkiye'de faaliyet gösteren orta büyüklükteki kauçuk sektörü firmalarını temsil etmektedir.

Çalışma kapsamında tahmin ettiğimiz kauçuk sektörü karbon ayak izini kaynak özetleri

bölümünde de verilmiş olan farklı endüstriyel sektörlerdeki çalışmaların en güncel sonuçlarıyla birim ürün cinsinden karşılaştırdığımızda ortaya çıkan tablo Çizelge 5'de görülebilmektedir.

Çizelge 5. Çalışma sonuçlarının farklı sektörlerle karşılaştırılması

Sektörler	Karbon Ayak İzi (kg CO ₂ e/kg ürün)	Kaynak
Kauçuk Ürün	≈3,15	Bu çalışmanın sonucu
Fiber Optik	≈72	Inakollu vd. (2017)
Tekstil Kumaşı	≈86	Yan vd. (2016)
Kağıt	≈1,5	Wang vd. (2016)
Şeker	≈0,55	Garcia vd. (2016)
Çimento	≈0,80	Cagiao vd. (2011)

Çizelge 5'de görülebileceği gibi çalışma sonucunda tahmin edilen kauçuk sektörü karbon

ayak izi değeri farklı sektörlerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında kağıt üretimi, çimento üretimi ve şeker üretimi için olanlara göre sırasıyla yaklaşık 2, 4 ve 6 kat daha fazla fiber optik ve tekstil kumaşı üretimi için olanlara göre sırasıyla yaklaşık 23 ve 27 kat daha azdır. Bu sonuçlara göre genel olarak her sektörün kendine özgü bir karbon ayak izinin olduğunu göstermektedir. Bu konuda önemli olan ayırım yapılmadan her sektör ve her ürün için tek tek karbon ayak izi çalışmalarının yürütülmesidir ancak bu sayede devletlerin sera gazı salınım politikalarının ve sektörler için emisyon sınır değerlerinin belirlenmesini sağlayacak yeterli ve güncel veri birikimi sağlanabilir.

4. Sonuçlar

Türkiye 2020 yılına kadar sayısallaştırılmış salım sınırlama veya azaltım yükümlülüğü bulundurma da son olarak Paris Anlaşmasının getirdiği yükümlülüklerle 2020 yılı sonrasında hazır olabilmek için karbon salınımı azaltım programlarını geliştirmeli ve bu bağlamda işletmeler de yeni uygulamalara karşı hazırlıksız yakalanmamak için karbon ayak izlerini hesaplayacakları projelerle örnek olmalıdır. Uluslararası sözleşmeler ve yapılan hükümet teşviklerinin sayesinde artan uygulamalara rağmen hala her sektör için birçok yeni çalışmaya ihtiyaç olduğu görülebilmekte, özellikle, yeni ve daha uygulanabilir ve geçerli yöntemler geliştirme hususundaki eksiklikler ilk göze çarpanlar arasındadır.

Türkiye’de kauçuk sektörü üzerine yapılmış bir karbon ayak izi çalışması mevcut değildir. Kauçuk ürün üretimi gerçekleştiren orta büyüklükteki firmaların karbon ayak izi tahmini amacıyla gerçekleştirilen çalışmanın sonucunda yıllık toplam karbon ayak izi miktarı yaklaşık 55.000.000 kg CO₂e olarak tahmin edilmiştir. CF olarak en yüksek miktar ve dolayısıyla oran, kullanılan ham madde kaynaklı karbon emisyonuna aittir. Bu sebeple Kapsam 3 emisyonlarının bu sektör için en büyük miktarı oluşturduğu belirlenmiştir.

Kauçuk ürün sektöründe ham madde olarak geri dönüştürülmüş malzeme kullanıldığı bilinmekte ve bu çalışma kapsamında bulunan sonuçlar %50 ikincil ham madde içerikli kauçuk ürünler için geçerlidir. Bu çalışma kauçuk ürün üretiminde ikincil ham madde oranının azaltıldığı ve

arttırıldığı senaryolarla geliştirilebilir ve bunun karbon salınımı üzerindeki etkisi görülebilir.

Son olarak, hangi sektörde ne kadar karbon emisyonu salındığına bakılmaksızın öncelikli hedef her alanda karbon salınımının mümkün olduğunca azaltılmaya çalışılmasıdır. Özellikle şirketler karbon emisyonu azaltım programlarını oluşturmalıdır, bu programların sürdürülebilir üretime ulaşma kapsamında önemi büyüktür ve başta karbon olmak üzere sera gazlarının salınımının minimum düzeye indirilmesi hedeflenmelidir. Karbon salınımının azaltılmasına yönelik çalışmalar hem bilim dünyasına hem de şirketlerin ekonomi politikaları üzerinde önemli rol oynayacaktır. Karbon salınımının azaltılması hedefleri doğrultusunda endüstrilerde ikincil ham madde kullanımının önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir. Birçok farklı sektör için elektrik kullanımından kaynaklanan CF en büyük miktarı oluşturmaktadır. Fakat, Kapsam 2 emisyonları bu çalışmada ikinci sırada yer almaktadır. Ancak genel olarak ele alındığında karbon salınımındaki yeri çok büyüktür ve hesaplamalarda göz önünde bulundurulması her zaman gereklidir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek Kapsam 2 emisyonlarının azaltılması her sektör için hedeflenmelidir.

Kaynaklar

- Adewale, C., Higgins, S., Granatstein, D., Stöckle, C., O., Carlson, B., R., Zaher, U., E., Boggs, L., C., 2016. Identifying hotspots in the carbon footprint of a small scale organic vegetable farm. *Agricultural Systems*, 149, 112–121.
- BSI, 2008. How to assess the carbon footprint of goods and services. *Guide to PAS 2050*, London.
- Clavreul, J., Butnar, I., Rubio, V., King, H., 2017. Intra- and inter-year variability of agricultural carbon footprints e A case study on field-grown tomatoes. *Journal of Cleaner Production*, 158, 156-164.
- DBEIS, 2017. Greenhouse gas reporting: conversion factors. Department for Business, Energy & Industrial Strategy, Condensed set (for most users), <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2017>. Erişim Tarihi: 15.03.2018.

- Dulkadiroğlu, H., 2018. Türkiye’de Elektrik Üretiminin Sera Gazı Emisyonları Açısından İncelenmesi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7, 1, 67-74.
- Dwyer, L., Forsyth, P., Spurr, R., Hoque, S., 2010. Estimating the carbon footprint of Australian Tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 18,3, 355-376.
- EC, 2011. Analysis of Existing Environmental Footprint Methodologies for Products and Organizations: Recommendations, Rational e, and Alignment. European Commission – Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
- EPLCA, 2007. CARBON FOOTPRINT - what it is and how to measure it. European Platform on Life Cycle Assessment, European Commission – Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
- Ercin, E. ve Hoekstra, A., Y., 2012. Carbon and Water Footprints Concepts, Methodologies and Policy Responses. United Nations World Water Assessment Programme, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization , Paris, France.
- Flysjö, A., Thrane, M., Hermansen, J., E., 2014. Method to assess the carbon footprint at product level in the dairy industry. *International Dairy Journal*, 34, 86-92.
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., Giljum, S., 2012. Integrating ecological, carbon and water footprint into a “Footprint Family” of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 16, 100-112.
- Garcia, C., A., Garcia-Trevino, E., S., Aguilar-Rivera, N., Armendariz, C., 2016. Carbon footprint of sugar production in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2632-2641.
- Gunathilaka, L. F. D. Z. ve Gunawardana K. D., 2015. Carbon Footprint Calculation from Cradle to Grave: A Case Study of Rubber Manufacturing Process in Sri Lanka. *International Journal of Business and Social Science*, 6, 10.
- Huang, B., Meng, L., 2013. Convergence of per capita carbon dioxide emissions in urban China: A spatio-temporal perspective. *Applied Geography*, 40, 21-29.
- Inakollu, S., Morin, R., Keefe, R., 2017. Carbon Footprint Estimation in Fiber Optics Industry: A Case Study of OFS Fitel, LLC. *Sustainability*, MDPI, 9, 865.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. General Guidance and Reporting, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>. Erişim Tarihi: 05.03.2018.
- IPCC, 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FIN_AL.pdf. Erişim Tarihi: 15.03.2018.
- Mansour, F.,A., Jejcic, V., 2016. A model calculation of the carbon footprint of agricultural products: The case of Slovenia. *Energy xxx*, 1-9.
- Matthews , H.S., Hendrickson, C.,T., Weber, C., L., 2008. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundarie. *Environmental Science Technology*, 42, 5839–5842.
- Meng, L., Graus, W., Worrell, E., Huang, B., 2014. Estimating CO₂ (carbon dioxide) emissions at urban scales by DMSP/ OLS (Defense Meteorological Satellite Program’s Operational Linescan System) nighttime light imagery: Methodological challenges and a case study for China. *Energy*, 71, 468-478.
- Message, M., Mertens, J., Oliveira, L., Rangaraju, S., Sanfelix, J., Coosemans, T., Mierlo, J.,V., Macharis, C., 2014. The hourly life cycle carbon footprint of electricity generation in Belgium, bringing a temporal resolution in life cycle assessment. *Applied Energy*, 134, 469–476.
- PAGEV, 2015. Kauçuk Sektör İzleme Raporu. Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı.
- Peters, G., P., 2010. Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2, 245–50

- Puig, R., Kiliç, E., Navarro, A., Albertí, J., Chacóne, L., Palmer, P., F., 2017. Inventory analysis and carbon footprint of coastland-hotel services: A Spanish case study. *Science of the Total Environment*, 595, 244–254.
- Shaikh, M., A., Kucukvar, M., Onat, N., C., Kirkil, G., 2017. A framework for water and carbon footprint analysis of national electricity production scenarios. *Energy*, 139, 406-421.
- Strohbach, M., W., Arnold, E., Haase, D., 2012. The carbon footprint of urban green space—A life cycle approach. *Landscape and Urban Planning*, 104, 220– 229.
- Su, Y., Chen, X., Li, Y., Liao, J., Ye, Y., Zhang, H., Huang, N., Kuang, Y., 2014. China's 19-yearcity-level carbon emissions of energy consumptions, driving forces and regionalized mitigation guidelines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 231–243
- Yan, Y., Wang, C., Ding, D., Zhang, Y., Wu, G., Wang, L., Liue, X., Due, C., Zhang, Y., Zhao, C., 2016. Industrial carbon footprint of several typical Chinese textile fabrics. *Acta Ecologica Sinica*, 36, 119–125
- Wiedmann, T. ve Minx J., 2007. A Definition of Carbon Footprint. ISAUK Research and Consulting, Durham, UK.