T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
İŞLETME ENSTİTÜSÜ

ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA FAALİYET TABANLI SU AYAK İZİ MUHASEBESİ: BİR ÜRETİM İŞLETMESİ UYGULAMASI

DOKTORA TEZİ

Bilge KATANALP
ORCID-ID: 0000-0002-7274-4127

Enstitü Anabilim Dalı : İşletme
Enstitü Bilim Dalı : Muhasebe ve Finansman

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet Vecdi CAN
ORCID-ID: 0000-0002-1105-144X
Ortak Danışman: Prof. Dr. Melek AKGÜN
ORCID-ID: 0000-0002-5261-0682

NİSAN - 2023

Bilge Katanalp tarafından hazırlanan "Çevresel Sürdürülebilirlik Bağlamında Faaliyet Tabanlı Su Ayak İzi Muhasebesi: Bir Üretim İşletmesi Uygulaması" başlıklı bu tez, 20/03/2023 tarihinde Sakarya Üniversitesi Lisansüstü Eğilim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Vecdi CAN
Sakarya Üniversitesi

Ortak Danışman: Prof. Dr. Melek AKGÜN
Maltepe Üniversitesi

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Orhan ELMACI
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Prof. Dr. Meral EROL FİDAN
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Doç. Dr. Nevran KARACA
Sakarya Üniversitesi

Doç. Dr. Beytullah EREN
Sakarya Üniversitesi

SAKARYA ÜNİVERSİTESİ	**T.C.** **SAKARYA ÜNİVERSİTESİ** **İŞLETME ENSTİTÜSÜ** **TEZ SAVUNULABİLİRLİK VE ORJİNALLİK BEYAN FORMU**	Sayfa : 1/1

Öğrencinin		
Adı Soyadı	:	Bilge KATANALP
Öğrenci Numarası	:	D176004001
Enstitü Anabilim Dalı	:	İşletme
Enstitü Bilim Dalı	:	Muhasebe ve Finansman
Programı	:	☐ YÜKSEK LİSANS ☑ DOKTORA
Tezin Başlığı	:	Çevresel Sürdürülebilirlik Bağlamında Faaliyet Tabanlı Su Ayak İzi Muhasebesi: Bir Üretim İşletmesi Uygulaması
Benzerlik Oranı	:	**% 3**

Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulalma Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

../ ../ ..
Bilge KATANALP

Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulalma Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez çalışması ile ilgili gerekli düzenleme tarafımca yapılmış olup, **yeniden değerlendirilmek üzere gsbtez@sakarya.edu.tr** adresine yüklenmiştir.

Bilgilerinize arz ederim.

..... / ..... / 20….
İmza
Danışman

Uygundur

Danışman
Unvanı / Adı-Soyadı: Prof. Dr. Ahmet Vecdi CAN

Tarih: .. / ../ ..

İmza:

☐ KABUL EDİLMİŞTİR
☐ REDDEDİLMİŞTİR

EYK Tarih ve No: …… / …… / 20…. - …….

Enstitü Birim Sorumlusu Onayı

Bu tez daha iyi bir dünya için çalışanlara adanmıştır…

ÖNSÖZ

Bu tezin konusunun ortaya çıkmasından, tezin son şeklini almasına kadar beni yönlendiren ve destekleyen, doktora tez sürecime birlikte başladığım ortak danışmanım Prof. Dr. Melek AKGÜN'e benimle vizyonunu paylaştığı için minnettarım. Melek Hocam ile başladığım bu yolculukta, önce tez öneri komitesinde yer alan daha sonra danışmanlığımı üstlenen ve çalışmamı titizlikle takip edip, her aşamada bana yönlendirmeleriyle destek olan Prof. Dr. Ahmet Vecdi CAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Doç. Dr. Nevran KARACA'ya tezin gelişmesi ve son şeklini alması için verdiği emek ve katkılardan dolayı ve çevre alanındaki uzmanlığı ile çalışmama katkı sağlayan sayın Doç. Dr. Beytullah EREN'e şükranlarımı sunarım. Tez savunma jürisinde yer alan ve fikirleri ile katkı sunan, ayrıca tezin nihai başlığı için önerilerini esirgemeyen Prof. Dr. Meral EROL FİDAN ve Prof. Dr. Orhan ELMACI'ya teşekkür ediyorum. Tezin uygulama kısmının gerçekleşmesinde katkısı olan Ali BİRİM ve Efdal AYDIN'a; tüm ihtiyaç duyduğum verilen toplanması için vakit ayırıp, benimle paylaştığı için İbrahim DEMİR'e ve işletme çalışanlarına ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KOÇ, Dr. Öğr. Üyesi Tuğba KOÇ, Dr. Öğr. Üyesi Merve TÜRKMEN BARUTÇU, Dr. Öğr. Üyesi Nurcan KOSTAK, Arş. Gör. Hazel Mihriban KARACA, Arş. Gör. Ecenur DEMİR, Arş. Gör. Seren ÖZSÖY ve Arş. Gör Hüseyin Can AYAR başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma bana destek oldukları ve fikirlerini benimle paylaştıkları için teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemi sağlayan, haklarını asla ödeyemeyeceğim annem Nagihan ÖNAL ve babam HASAN ÖNAL'a şükran borçluyum. Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım kardeşlerim Büşra ve Betül ÖNAL' a teşekkürü bir borç bilirim.

Seçtiğim can yoldaşım, en yakın arkadaşım sevgili eşim Murat KATANALP'e varlığı ve tüm desteği için minnettarım.

Bilge KATANALP

20.03.2023

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR ..... **iii**
TABLOLAR ..... **v**
ŞEKİLLER ..... **vi**
ÖZET ..... **vii**
ABSTRACT ..... **viii**

GİRİŞ **1**
BÖLÜM 1. ÇEVRESEL YÖNETİM MUHASEBESİ **7**
1.1. Çevresel Maliyet Kavramı 7
1.1.1. Atık Yönetimi Maliyetleri 9
1.1.2. Önleme Maliyetleri 12
1.1.3. Ürün Haline Gelmemiş Çıktılar İçin Katlanılan Maliyetler 12
1.2. Çevresel Kazanımlar 13
1.2.1. Sübvansiyonlar ve Ödüller 13
1.2.2. Diğer Gelirler 14
1.3. Çevresel Yönetim Muhasebesi Araçları 14
1.3.1. Ölçüm Araçları 14
1.3.2. Denetim ve Kıyaslama Araçları 21
1.3.3. Kontrol Araçları 23
BÖLÜM 2. SU AYAK İZİ MUHASEBESİ **27**
2.1. Su Ayak İzi 27
2.2. Su Ayak İzi Topluluğunun Yaklaşımı 41
2.2.1. Direkt ve Endirekt Su Kavramları 42
2.2.2. Su Ayak İzi Hesaplaması 42
2.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yaklaşımı 48
BÖLÜM 3. FAALİYET TABANLI SU AYAK İZİ MUHASEBESİ YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA **51**
3.1. Faaliyet Tabanlı Su Ayak İzi Muhasebesi 51
3.2. Faaliyet Tabanlı Su Ayak İzi Muhasebesinin Uygulanması 52
3.2.1. Soğutma Faaliyetinden Kaynaklanan Su Ayak İzinin Hesaplanması 55

3.2.2. Etiket Giydirme (Sleevleme) Faaliyetinden Kaynaklanan Su Ayak İzinin Hesaplanması 61
3.2.3. Laboratuvar Faaliyetinden Kaynaklanan Su Ayak İzinin Hesaplanması 63
3.2.4. Kalıphane Faaliyetinden Kaynaklanan Su Ayak İzinin Hesaplanması 64
3.2.5. Yemekhane Faaliyetinden Kaynaklı Su Ayak İzi 64
3.2.6. Depolama Faaliyetinden Kaynaklı Su Ayak İzi 65
3.3 Su Ayak İzinin Hesaplanması 65
3.3.1. Birim Bazında Su Ayak İzi 66
3.3.2. Parti Düzeyinde Su Ayak İzinin Hesaplanması 70
3.3.3. Ürün Düzeyinde Su Ayak İzinin Hesaplanması 70
3.3.4. Tesis Düzeyinde Su Ayak İzinin Hesaplanması 71

SONUÇ VE ÖNERİLER 72
KAYNAKÇA 79
EKLER 91
ÖZGEÇMİŞ 142

KISALTMALAR

ABD : Amerika Birleşik Devletleri
CBZ : Karbamazepin
DCF : Diklofenak
DSAİ : Dış Su Ayak İzi
eq : equivalent
EST : Endüstriyel Su Tüketimi
EVST : Evsel Su Tüketimi
FTM : Faaliyet Tabanlı Maliyetleme
HNH : Haihe Nehri Havzasında
IO : input-output
ISO : International Organization for Standardization
kg : kilogram
KTP : Ketoprofen
LCA : Life Cycle Assessment
m3 : metreküp
MRIO : Multi-Regional Input Output
N : Azot
NPX : Naproksen
P : Fosfor
PD : Piyasa Değeri
PET : Polietilen Tereftalat
SAİ : Su Ayak Izi
SCI : Science Citation Index
SEBAL : The Surface Energy Balance Algorithm for Land
SSCI : Social Sciences Citation Index
SSİH : Sanal Su İhracatı
SSİT : Sanal Su İthalatı
STIRPAT : Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology
TSK : Tarımsal Su Kullanımı
WF : Water Footrpint
WIWP : Water Investment In Water Purified

WROI **:** Water Return On Investment

TABLOLAR

Tablo 1 : Endirekt Suyun Faaliyetlere Tahsisi……..…… 52
Tablo 2 : Faaliyetlerin Su Sürücüleri……..... 53
Tablo 3 : Hammaddelerin 1kg Başına Düşen Mavi ve Gri Su Ayakizleri…… 64

ŞEKİLLER

Şekil 1: Döngüsel Ekonomi Sistemi Diyagramı 9
Şekil 2: Üretim Esnasında Ortaya Çıkan Atıklar ve Olası Kullanım Yöntemleri 11
Şekil 3: Çevre Bakış Açısıyla Maliyet Muhasebesi Sistemi 16
Şekil 4: Dünya Çapındaki Politik ve Muhasebesel Çevre Gelişmeleri 20
Şekil 5: Etiket Giydirme İşleminden Geçen Bir Ürün……60
Şekil 6: Ambalajlardaki Numaralar ve Anlamları…….. 74

ÖZET

Katanalp, B. (2023). *Çevresel sürdürülebilirlik bağlamında faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesi: bir üretim işletmesi uygulaması* (Yayımlanmamış doktora tezi). Sakarya Üniversitesi.

Her geçen gün daha fazla yer edinmekte olan sürdürülebilirliğin ana felsefesi kaynakların gelecek nesillerin yaşamını etkilemeyecek biçimde kullanılmasıdır. Su, hayati önem arz eden en değerli kıt kaynaklardan birisidir ve bu sebeple yakından izlenmelidir. Maalesef ki tatlı suyun kıt kaynak olduğu ve çok dikkatli kullanılması gerektiği bilinci henüz çok fazla yerleşmemiş ve bu sebeple su, ekonomik değeri yüksek olan diğer kıt kaynaklar gibi yakından izlenmemektedir. Suyun doğru ve etkili bir biçimde kullanılması için doğru ölçülmesi ve takip edilmesi gerekmektedir.

Literatürde su ayak izini hesaplayan birden fazla yöntem mevcut olup bu yöntemler birbirlerine karşı çeşitli avantaj ve dezavantajlar içermektedir. Fakat mevcut yöntemlerin hiçbiri suyu tıpkı maliyet unsurlarının izlendiği gibi yönetmeye olanak verecek şekilde sınıflandırarak izlememektedir. Bu eksiklik sebebiyle işletmeler su yoğun faaliyetlerini tespit edememekte ve tatlı su kullanımı azaltımı konusunda önlem alamamaktadır. Bunun yanı sıra mevcut yöntemlerde endirekt su genelde işletmenin etki edemeyeceği su tüketimi için kullanılırken, bilindik direkt endirekt ayrım mantığından uzaklaşmaktadır. Bu eksiklik endirekt suyun ürünlere doğru dağıtılmamasına ve farklı süreçlerden geçen ürünlerin su ayak izlerinde haksız bir paylaşıma sebep olmaktadır. Söz konusu sebeplerle hem yöneticilere suyu yönetebilmeleri için doğru veriyi üretebilecek, hem de nihai tüketicide ürün seçimi konusunda farkındalık oluşturmak için ürün bazında su ayak izinin doğru hesaplamasına olanak verecek bir yönteme ihtiyaç olduğu değerlendirilmiştir.

Bu araştırmanın amacı literatürdeki bu eksikliği doldurmak için faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesi yaklaşımını ortaya koymaktır. Faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesi, faaliyet tabanlı maliyetleme yöntemine dayanan bir yaklaşımdır. Bu yöntem sayesinde su, direkt ve endirekt olmak üzere iki gruba ayrıştırıldıktan sonra endirekt su tüketimine sebep olan faaliyetler belirlenip faaliyet havuzları oluşturulmuş ve bu faaliyetlerin sürücüleri belirlenmiştir. Bu şekilde su yoğun faaliyetler belirlenmiş ve ayrıca değer katmayan faaliyetlere ve atıl kapasiteye düşen su ayak izi ortaya çıkmıştır.

Önerilen bu yöntemin uygulanabilirliğini göstermek adına çeşitli boyut ve hacimlerde farklı kullanım alanları için ambalaj ürünleri üretmekte olan Ambalaj A.Ş.'de bir vaka çalışması yapılmıştır. Bu çalışmanın sonunda su yoğun faaliyetler, değer katmayan faaliyetler ve atıl kapasiteye düşen su ayak izi ortaya konmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarından hareketle su ayak izi en küçük ambalaj ürünlerin polipropilen hammaddesinden üretildiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra giydirilmiş etiketli ürünlerin etiket giydirme faaliyetinden kaynaklı olarak su ayak izinin büyüdüğü belirlenmiştir. Son olarak tasarımı en yalın olan ve ortak kullanılan kalıplarda üretilen ambalaj ürünlerin su ayak izinin daha küçük olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su Ayak İzi Muhasebesi, Faaliyet Tabanlı Yaklaşım, Ambalaj Ürünleri

ABSTRACT

Katanalp, B. (2023). *Activity based water footprint accounting in the context of environmental sustainability: an implementation in a manufacturing company* (Unpublished doctoral dissertation). Sakarya University.

The concept of sustainability is gaining more and more place in everyday life. The main philosophy of sustainability is to use resources in a way that does not affect the lives of future generations. Water is one of the most vital scarce resources and should be closely monitored. Regrettably, many still need to understand how precious fresh water is and how to use it responsibly. In order to use water correctly and effectively, it must be measured and followed correctly.

There are multiple methods in the literature that calculate the water footprint. These methods have various advantages and disadvantages against each other. However, none of the existing methods can monitor and follow the water with the logic of cost accounting. Due to this deficiency, businesses cannot detect their water-intensive activities or take precautions. In addition, in current methods, indirect water is not separated into direct and indirect parts as in cost accounting logic. Due to this deficit, indirect water is not appropriately allocated to the outputs, and the water footprints of the products that go through various processes are calculated unfairly. There was a need for a method that would allow the correct calculation of the water footprint on a product basis to produce the correct data for managers to manage water and create an awareness in the final consumer to make comparisons.

The aim of this research is to introduce the activity-based water footprint accounting approach to fill this gap in the literature. Activity-based water footprint accounting is a method based on the activity-based costing method. With the help of this method, businesses will be able to monitor water as cost accounting monitors costs. After the water is divided into two groups, direct and indirect, just like costs, activities that cause indirect water consumption will be determined, activity pools will be created, and the activity drivers will be determined. In this way, water-intensive activities will be identified, and water footprints on non-value-adding activities and idle capacity will be revealed.

In order to demonstrate the applicability of this proposed method, a case study was conducted at Ambalaj A.Ş., which produces packaging products in various sizes and volumes for different usage areas. At the end of this study, water-intensive activities, non-value-added activities, and the water footprint of idle capacity were revealed. In addition, it was determined that the packaging products with the smallest water footprints were produced from polypropylene raw material. Furthermore, it has been determined that the water footprint of the clad labelled products has grown due to the label cladding activity. Finally, it has been revealed that the water footprint of the packaging products, which are as simple in design as possible and produced in common moulds, is smaller.

Keywords: Water Footprint Accounting, Activity Based Approach, Packaging Products

GİRİŞ

Her ne kadar dünyanın üçte ikisi su olsa da, aslında tüm canlıların temel ihtiyacı olan tatlı su oranı dünya üzerindeki toplam suyun sadece %2,5'u kadardır. Ancak bu %2,5'luk tatlı suyun da bir kısmı kutuplarda buzul olarak bulunmaktadır (WWF Türkiye, 2018). Bütün bunlar göz önüne alındığında aslında kullanılabilir tatlı su oranının ne kadar küçük olduğu ve ne kadar kıt bir kaynak olduğu daha net görülebilmektedir. Tüm kıt kaynaklar gibi, su da çok dikkatli bir biçimde izlenmeli, israfı önlenmeli ve maksimum verimlilik ile kullanılmalıdır. Maalesef ki diğer kıt kaynaklar gibi suyun ekonomik anlamda çok yüksek bir değere sahip olmadığı için işletmeler tarafından ihmal edildiği görülmektedir.

Araştırmanın Problemi ve Önemi

Luo ve diğerleri (2015) 2040 yılı için yaptıkları öngörülerinde, içinde Türkiye'nin de bulunduğu birçok ülkenin çok yüksek su stresi altında olacağı senaryosunu ortaya koymuşlardır. Bu stres senaryosunun temelinde yatan hesaplama mantığı, ülkelerin mevcut tatlı su kaynakları ile su kullanımlarının birbirlerine oranlanması yoluyla elde edilen değerin belirlenmesidir. Su stresi yaşayacak ülkeler, kendi ülke sınırları içerisinde bulunan tatlı su kaynaklarına oranla çok fazla gerek evsel, gerek tarımsal, gerekse endüstriyel su tüketimine sahiptirler. Burada göz ardı edilememesi gereken bir husus da bazı ülkelerin diğerlerine göre çok daha büyük bir tatlı su kaynağına sahip olmasıdır. Bu nedenle aslında dünya çapında bir üretim olduğunda bu tatlı su kaynak dağılımının göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Tatlı su kaynakları dünya üzerinde eşit bir şekilde dağılmamıştır. Tüm dünyaya bu tatlı suyu eşit bir şekilde paylaştırmak ise çok büyük bir maliyeti beraberinde getirecektir. Bu duruma bir örnek verilecek olursa Çin Halk Cumhuriyeti'nin kuzeyi, güneyine göre daha kuraktır. Bu sebeple Çin Halk Cumhuriyeti Güney-Kuzey Su Aktarma Projesi'ni başlatmış ve güneyden geçen bir nehirden tatlı suyu daha kurak olan kuzey bölgesine yönlendirmeyi hedeflemiştir. 2022 yılında kabul edilen bu projenin 2050 yılında tamamlanması beklenmektedir. Projenin tahmini maliyeti 62 milyar dolar olarak belirlenmiştir (Water technology, b.t). Bu örnekten de görüleceği üzere dünya üzerindeki bu dengesiz olarak dağılmış tatlı su kaynaklarını eşit bir şekilde fiziksel olarak ülkelere

veya insanlara paylaştırmak çok büyük maliyetlere sebep olacağından, uygulanabilir değildir.

Tatlı suyun fiziksel olarak ülkeler arasında dağıtılması mantıklı olmadığı için sanal su kavramı Allan (1993) tarafından ortaya atılmıştır. Sanal su farklı yerlerde üretilen ürünlerin, üretilirken tükettikleri su oranının o ürün ile birlikte ülkeye girmesi düşüncesidir (Allan, 1993; Allan, 1994). Sanal suyun hesaplanmasında iki farklı yaklaşım benimsenmiştir. Birinci yaklaşımda bir ürünü üretmek için gerçekten ne kadar su kullanıldığı sorusuna cevap verilmektedir. Bu cevap doğal olarak üretim yeri, üretim yöntemi ve zamanı gibi üretim koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterecektir. İkinci yaklaşım ise bir ürün o ürüne ihtiyaç duyulan yerde üretilmiş olsa idi ne kadar su tüketimine yol açacaktı sorusunun cevabını arar. Bu iki yaklaşımla hesaplanan değerler karşılaştırılarak o ürünü ihtiyaç duyulan ülkede üretmenin mi yoksa ithal etmenin mi daha az su tüketimine yol açacağı konusu açıklığa kavuşturulur (Hoekstra, 2003).

Gelecekte savaşların petrol yüzünden değil su yüzünden çıkacağı öngörülmektedir (Swain, 2001). Bu noktada sanal suyun önemi artmaktadır. Zira su kıtlığı yaşayan ülkeler su yoğun ürünleri üretmek yerine ithal edebilir ve böylelikle kendi su rezervleri üzerindeki baskıyı azaltabilirler. Dolayısıyla sanal su ticareti bu savaşları önlemek için bir alternatif olabilir (Allan, 2003).

Bu bilgiler ışığında sanal su transferinin Çin'de yapılan gerçek su transferine daha verimli bir alternatif olarak gösterildiği bir gerçektir. Kaldı ki hacimsel anlamda bakıldığında sanal olarak transfer edilebilen suyun, gerçek olarak transfer edilmeyi planlanan sudan katbekat fazla olduğu bilinmektedir (Liu ve Zheng, 2002; Ma vd., 2006).

Bahsi geçen konular dikkate alındığında su ayak izinin doğru hesaplanması, ileride yaşanacak su sıkıntılarının önüne geçebilmenin yanı sıra, coğrafi bölgeler ve insanlar arasında suyun eşit seviyede erişilebilir olması için işletmelere, yöneticilere ve ülkelere önemli nitelikte veri sağlayacaktır. Politika yapıcılar bu veriler ışığında ülke içinde tarımsal ve endüstriyel üretim destek programlarını ve aynı zamanda ithalat ve ihracat politikalarını gözden geçirebileceklerdir.

Su ayak izi hesaplaması için birçok farklı yöntem önerilmiştir. Bunlardan ilki Su Ayak İzi Topluluğunun (the water footprint network) ortaya koyduğu bir hesaplama yöntemidir ve bu alanda öncü olan (Hoekstra vd., 2012) bu yöntem ile ürün, tüketici grubu, coğrafi

bölge ve uluslara yönelik su ayak izi hesaplaması yapılabilmektedir. Bu yöntemin farklı seviyelerde su ayak izi hesaplamalarına olanak sağlaması avantaj olsa da, önerilen yöntem daha çok tarımsal alanlara uygundur. Bunun sebebi ise üretim süreçlerinde ortaya çıkan genel su kullanımı ürünlere paylaştırılırken ürünlerin adedi, ağırlığı veya parasal değerlerinin dikkate alınmasıdır. Joa ve diğerleri (2014) ise m^3 başına düşen $ cinsinden katma değerini dikkate almakta, Su Ayak İzi Topluluğundan farklı olarak ise sadece mavi su ayak izini hesaplamalarında kullanmaktadırlar. Su tüketimini direkt ve endirekt şeklinde ikiye ayırarak inceleme yaptığını belirten Chen ve diğerleri (2015), endirekt su tüketimini sadece enerji ve endirekt malzeme kaynaklı olarak dikkate almaktadır. Ayrıca işletme içerisinde yeniden kullanılan suları da hesaplamaya dâhil eden Chen ve diğerleri, bu şekilde sadece su ayak izini büyütmektedirler. Hoekstra (2011)'ya göre su ayak izi muhasebesi bir su akışı dönemi içerisinde ne kadar temiz suyun tahsis edildiği sorusunun cevabını aramaktadır. Bu bakış açısıyla bakıldığında yeniden kullanılan suyun su ayak izine dâhil edilmesi hatalı bir yaklaşım olacaktır.

Görüldüğü üzere suyu, maliyetleme mantığındaki gibi direkt ve endirekt şeklinde ayrıma tabi tutan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Oysaki suyun yönetilmesine olanak sağlayacak doğru verinin üretilebilmesi için suyun tıpkı bir maliyet unsuru gibi direkt ve endirekt ayrıma tabi tutulup çok yakından izlenmesi gerekmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda birbirinden farklı üretim süreçlerinden geçen ürünler için bu farklılıkları dikkate alan bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Diğer bir husus işletme yöneticileri için önem arz eden katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyet ayrımının mevcut yöntemlerde dikkate alınmamış olmasıdır. Halbuki bu ayrımın dikkate alınması yöneticilere su kullanımının nerelerde azaltılabileceği konusunda önemli veri sağlayacaktır. Mevcut yöntemler yine bu konularda da eksik kalmaktadır. Son olarak atıl kapasiteden kaynaklı su tüketimi de yine mevcut yöntemlerde izlenememektedir.

Suyun doğru bir biçimde tasnif edilmesi ve izlenmesi öncelikle işletme yöneticilerine, daha sonra bölge ve ülke yöneticilerine ve hatta nihai tüketicilere önemli bilgiler sunmaktadır. Bu sebeple bahsi geçen hususları içerecek şekilde suyun izlenmesini mümkün kılacak bir yöntemin gerekli olduğu değerlendirilmiştir.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı su ayak izinin faaliyetler temelinde, farklı üretim süreçlerinden geçen ürünlerde farklılaşmalara dikkat eden, suyu maliyetleme mantığı ile direkt endirekt olarak sınıflayan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetleri ayrıştıran ve atıl kapasiteyi dikkate alan bir yöntem ortaya koymaktır. Bu yöntem, suyun tıpkı bir maliyet unsuru gibi izlenebileceği ve yönetilebileceği bir modeldir

. Bu sayede işletmeler su ayak izlerini küçültebilmek için veri sağlayabilecek ve suyu kıt kaynak olarak ele alabilecek bir araca sahip olacaklardır.

Araştırmanın Yöntemi

Su kaynaklarının ekonomik anlamda verimli bir şekilde ele alınıp kararların verilebileceği ve gelişmelerin kaydedilebileceği üç farklı seviye mevcuttur (Hoekstra ve Hung, 2003):

- *Kullanıcı Seviyesi (Yerel Su Kullanım Verimliliği):* Bu seviyede fiyat ve teknoloji kilit rol oynamaktadır. Yerel su kullanımı verimliliği bu seviyede kullanıcılar arasında farkındalık yaratarak arttırılabilir.
- *Havza/Nehir Yatağı Seviyesi (Su Dağıtım Verimliliği):* Mevcut su kaynaklarının ekonominin farklı sektörlerine (halk sağlığı ve çevre dahil) nasıl tahsis edileceği konusunda bir seçim yapılmasını gerektiren seviyedir. İnsanlar belirli amaçlara hizmet etmek için su tahsis eder, bu genellikle başka alternatif amaçların yerine getirilmediğini gösterir. Suyun tahsisine ilişkin seçimler, alternatif kullanımlarındaki suyun değerine bağlı olarak daha çok veya az verimli olabilir. Bu seviyede "su dağıtım verimliliği" nden bahsedilir.
- *Küresel Su Kullanım Verimliliği:* Küresel su kaynaklarının tahsis edilmesindeki genel verimlilik, yerel su kullanım verimliliğinin, meso ölçekli su tahsis verimliliğinin ve küresel su kullanım verimliliğinin "toplamı" olarak tanımlanabilir.

Bu araştırmada kullanılacak olan yöntem bahsi geçen üç seviyede de etkiye sahip olacaktır. Öncelikle bu yöntem kullanıcı seviyesindeki yerel su kullanım verimliliğini etkileyecek bir hesaplama aracı sunmaktadır. Bununla birlikte ve dolaylı olarak ise havza seviyesindeki su dağıtım verimliliğini ve küresel su kullanım verimliliğini etkileyebilecektir. Ayrıca bu zamana kadar dikkate alınmamış şekilde su dağıtımını

yapmaktadır hem de direkt veya endirekt olarak her üç seviyede de verimliliği arttırabilmek adına gerekli veriyi sağlamaktadır.

Bu araştırmada maliyet muhasebesi alanında uzun yıllardır kullanılan, önemini ve faydasını ispat etmiş faaliyet tabanlı yaklaşım, su ayak izi muhasebesine uyarlanmıştır. Ayrıca çalışmanın ampirik uygulanabilirliğinin nasıl olduğunu göstermek adına bir vaka çalışmasına yer verilmiştir.

Araştırmanın Kısıtları

Bu araştırmanın kısıtları vaka çalışmasında yer alan işletmeden kaynaklanmaktadır. Yöntemin uygulanabilirliğini bir işletmede göstermek için kullanılan Ambalaj A.Ş.'nin bazı alanlarda verilerine ulaşılamamıştır. Bunlardan ilki Ambalaj A.Ş.'nin hammadde tedarikçilerine ilişkin çevresel ürün beyanlarının olmamasıdır. İlgili tedarikçinin çevresel ürün beyanlarının bulunmaması durumunda farklı tedarikçilerin çevresel ürün beyanları esas alınmaktadır. Fakat bu işletmede kullanılan hammaddeler için farklı tedarikçilerin de çevresel ürün beyanları bulunmamaktadır. Bu sebeple aynı hammaddeyi girdi olarak kullanan diğer işletmelerin çevresel ürün beyanlarında bulunan hammadde beyanları esas alınmıştır.

İşletmenin soğutmada kullandığı ve içerisinde antifriz bulunan soğutma suyuna ilişkin bir atık su analiz raporu bulunmamaktadır. Bu sebeple işletmenin üretim süreçlerinden kaynaklı gri su ayak izi analizi yapılamamıştır. Mekonnen ve diğerleri (2015) elektrik üretiminde ortaya çıkan su ayak izi hesaplamalarında gri su ayak izinin veri eksikliği sebebiyle hesaplanamadığını belirtmişlerdir. Dolayısıyla soğutma suyunda kullanılan enerji tüketiminin gri su ayak izi bilgisinin mevcut olmamasından kaynaklı olarak, soğutma faaliyetine ilişkin gri su ayak izi bu çalışma kapsamında hesaplanamamıştır. Ayrıca bazı faaliyetlerde geçen boş zamanlarla ilgili veri, edinimindeki zorluk sebebiyle tarafımızla paylaşılamamıştır. Bu sebeple atıl kapasite kaynaklı ve değer katmayan faaliyet kaynaklı su ayak izi varsayımlar üzerinden gerçekleştirilen hesaplamalar ile elde edilmiştir. Son olarak Kalıphane'de üretilen kalıpların kaç adet baskı yapabildiğine ilişkin bir veri bulunmadığı için tarafımızla paylaşılamamıştır. Bu sebeple kalıpların su ayak izi sadece ilgili dönemde üretilen ürünlere yüklenmiştir.

Bu çalışma çevresel yönetim muhasebesinin çerçevesinin çizildiği birinci bölüm, su ayak izi muhasebesin tanıtıldığı ikinci bölüm ve faaliyet tabanlı yaklaşımın su ayak izine

uyarlamasını ve ampirik uygulamayı içeren üçüncü bölüm olmak üzere toplamda üç bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde muhasebenin ve özellikle yönetim muhasebesinin çevresel etki kapsamında önemini ortaya koymak adına çevresel maliyet ve kazanım kavramlarından ve ardından çevresel yönetim muhasebesinin ölçüm, denetim ve kıyaslama ve kontrol araçları tanıtılmıştır. Bu şekilde muhasebenin ve özellikle yönetim muhasebesinin işletmelerin çevresel etki değerlendirmesi açısından önemi ve işlevselliği ortaya konmuştur.

İkinci bölümde ise su ayak izi ve bağlı kavramlar detaylıca açıklanmıştır. Bu kapsamda su ayak izi literatürü detaylıca incelenmiş ve mevcut literatürdeki su ayak izi hesaplama yöntemleri açıklanmıştır. Mevcut yöntemlerin uygulama biçimleri, avantajları, dezavantajları ve birbirlerine karşı üstünlükleri ortaya konulurken, ilgili yöntemlerin eksiklikleri ortaya çıkarılmıştır.

İkinci bölümde tartışılan literatürde mevcut olan yöntemler ve bu yöntemlerin eksikliklerini gidermek amacıyla bu çalışmada önerilen faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesi üçüncü bölümde ele alınmıştır. Faaliyet tabanlı yaklaşımın su ayak izine uyarlanması ve bu alandaki uygulanabilirliğini göstermek atdına bir vaka çalışması yapılmıştır. Vaka çalışması, çeşitli şekil ve hacimlerde şişe/damacana üreten Ambalaj A.Ş.'de yapılmıştır.

BÖLÜM 1. ÇEVRESEL YÖNETİM MUHASEBESİ

Yönetim muhasebesi, finansal muhasebenin aksine içe dönük bir muhasebe sistemidir. Finansal muhasebe ürettiği veriler ile dış paydaşları bilgilendirirken, belirli katı kural ve yasalara uymakla yükümlüdür. Yönetim muhasebesi bunun aksine içe dönük bir sistem olması sebebiyle fayda maliyet açısından mantıklı olabilecek tüm bilgileri üretir ve kullanır. Yönetim muhasebesinin paydaşları finansal muhasebenin aksine işletmenin içerisinde yer alırlar, bunlar çeşitli pozisyonlardaki yöneticilerdir (Büyükmirza, 2017). Çevre verilerinin yapısına bakıldığında ayrıştırıcı özelliğinin zaman ve mekan bilgisi olduğu görülmektedir (Friend, 1992). Malzeme, su ve enerji gibi materyallerin belirlenen bir sistemden akış dengesi, çevresel bilgi sistemini oluşturur. Çevresel yönetim muhasebesi ise bunların birleştirildiği bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım malzeme verimliliğinin arttırılması, çevresel etki ve riskin azaltılması için ilgili verilerin finansal muhasebe, maliyet muhasebesi ve malzeme akış dengesi süzgeçlerinden geçirilmesine olanak tanır. Çevresel yönetim muhasebesinin verileri hem fiziksel hem finansal verilerdir. Fiziksel ölçümler, malzeme ve enerji tüketimi, akışlar ve nihai elden çıkarma için; finansal ölçümler ise olası çevresel etkileri barındıran faaliyetlerin ilgili maliyetleri, olası tasarruf imkânları ve gelirleri için kullanılır (Jasch, 2003). Bu bağlamda çevresel yönetim muhasebesinin tanımı yapılacak olursa, kurumsal, çevresel ve ekonomik performansı optimize etmek ve sürdürülebilir işletmeler elde etmek amacıyla finansal ve finansal olmayan bilgilerin üretilmesi, analiz edilmesi ve kullanılmasıdır (Bennett ve James, 2000).

Çevresel yönetim muhasebesi ile ilgili literatürde parasal çevre (yönetim) muhasebesi (Haftaci ve Soylu, 2007) ve fiziksel çevre yönetim muhasebesi (United Nations, 2001; Yılmaz ve Akmeşe, 2018) şeklinde bir ayrım yapıldığı görülmektedir. Bu ikili ayrımın parasal kısmında karşımıza örneğin çevresel maliyet ve çevresel kazanım kavramları çıkmaktadır (Burrit vd., 2004). Çevresel yönetim muhasebesinin fiziksel ve parasal kısımlarının daha iyi anlaşılabilmesi için takip eden kısımda bunlardan bahsedilmiştir.

1.1. Çevresel Maliyet Kavramı

Çevresel maliyetler çevresel hasar ve çevreyi koruma ile ilgili olmak üzere hem içsel hem dışsal maliyetleri kapsamaktadır. Çevreyi koruma ile ilgili giderler, bir işlemin çevreye olan zararını sıfırlamak veya azaltmak için katlanılan giderlerdir (Kırlıoğlu ve Can,

1998). Çevresel maliyetler işletmelerin çevre koruma faaliyetleri sebebiyle ortaya çıkabildiği gibi, doğal kaynakların kullanılması sebebiyle de ortaya çıkabilmektedir (Elmacı ve Tutkavul, 2015).

Alman Mühendisler Derneği (Verein Deutscher Ingenieure) operasyonel çevre koruması için önleyici giderlerin belirlenmesi ile ilgili bir kılavuz oluşturmuştur. Bu kılavuzda öncelikle çevre koruması ile ilgili önlemlerin bölümlenmesinden bahsedilmiştir. Bunlar üretimin sonu (end-of-pipe) ile ilgili önlemler, entegre önlemler, sistem ile ilgili önlemler, süreç ile ilgili önlemleri barındıran üretim süreçleriyle ilgili önlemler (i), ürün ile ilgili önlemler (ii) ve diğer önlemler (iii) olarak üç ana başlıkta ele alınmıştır. Daha sonra her bir ana başlık için oluşan giderlerin nasıl hesaplanıp ayrıştırılması gerektiği ve sonuç olarak toplam ve bir birim başına olmak üzere maliyet hesaplaması ile ilgili bilgilere yer verilmiştir (VDI Guideline 3800, 2001).

Çevresel maliyetleme yöntemlerinin bölümlendirme alternatiflerine bakıldığında birçok farklı kategorizasyonun mevcut olduğu görülmektedir. Russell, Skalak ve Miller (1994) tarafından önerilen sınıflandırma; başarısızlık maliyetleri (ürün olmamış çıktı maliyetleri), önleme maliyetleri ve değerlendirme maliyetleri şeklindedir. Bir diğer yaklaşım ise maliyetlerin görünebilirliği bakış açısıyla Henn ve Fava (1993)'nın en az görünürlük, az görünürlük ve yüksek görünürlük olarak ortaya koyduğu yaklaşımdır. Burada en az görünürlük kirliliğin, kaynakların yanlış kullanımı ve tüketilmesinin topluma maliyetini, az görünürlük üreticilerin üretim, dağıtım, kullanım, bakım, eğitim, tedarik, destek ve ortadan kaldırma aşamasında oluşan endirekt maliyetlerini, yüksek görünebilirlik ise, üreticilerin direkt maliyetlerini ifade etmektedir. Barbera (1994) ise para cezaları ve ceza maliyetleri, uygunluk ve yönetim maliyetleri, atık yönetim maliyetleri, enerji maliyetleri, iyileştirme maliyetleri ve sermaye maliyetleri şeklinde kategorize etmiştir.

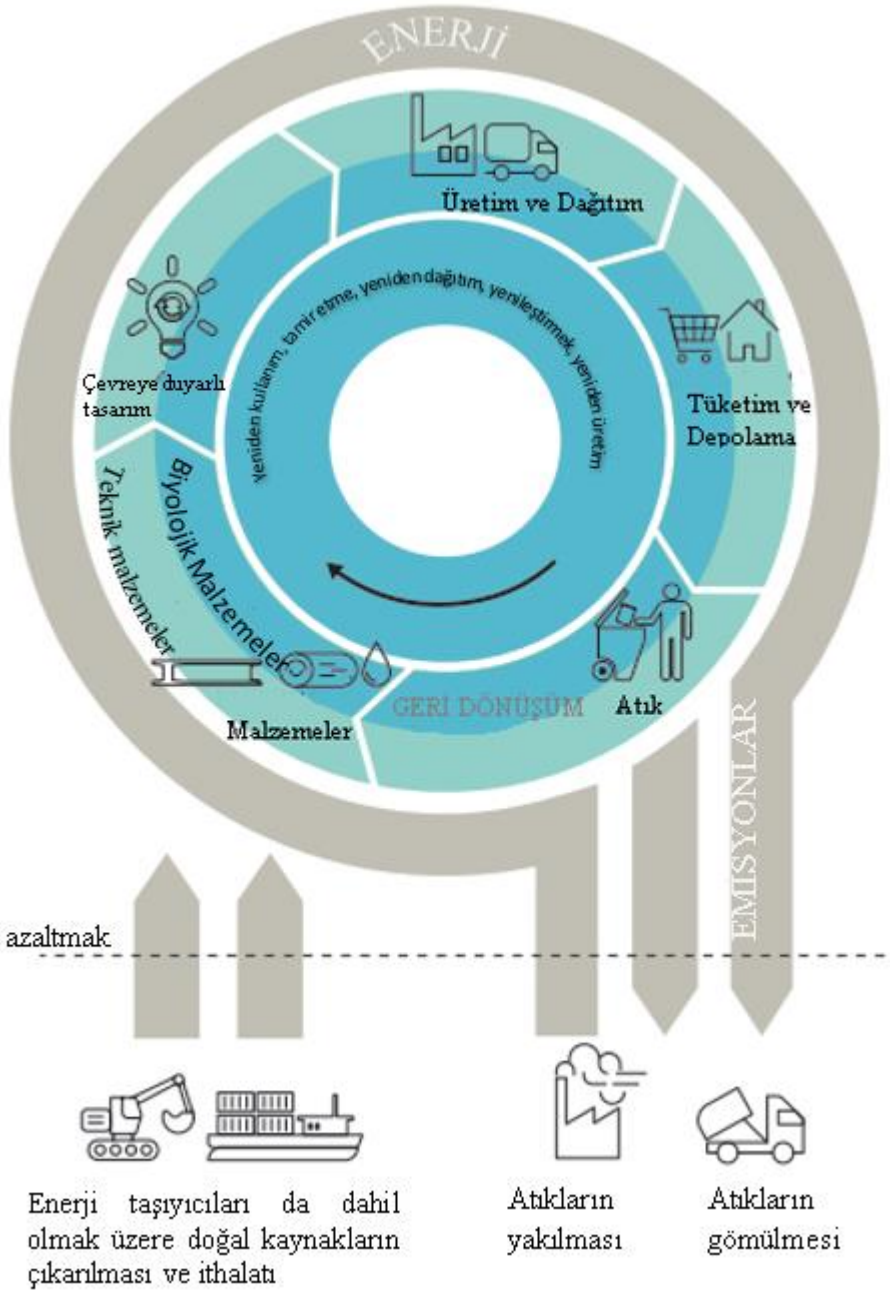
Bu çalışmanın bir sonraki kısmında, yapılan tüm bu ayrımlardan hareketle atık yönetimi maliyetleri, önleme maliyetleri ve ürün olmamış çıktılar için katlanılan maliyetlere değinilecektir. Bu kategorizasyonun seçilmesindeki en önemli etken, işletmeler için halihazırda kullandıkları muhasebe sistemlerine en kolay entegre edilebilecek olan olmasıdır.

1.1.1. Atık Yönetimi Maliyetleri

Atıkların büyük bir kısmının endüstriyel atık olması, atık yönetimini ve beraberinde getirdiği maliyetleri hem yasal yaptırımlar hem de yönetim muhasebesi açısından önemli hale getirmektedir (Jachnik, 2006; Kırlıoğlu ve Can, 1998). Kaynak verimliliğinin arttırılması, atık üretiminin önlenmesi ve atıkların kaynak olarak kullanılması, döngüsel ekonomi açısından önemli stratejilerdir (Velkavrh vd., 2019). Şekil 1'de döngüsel ekonomi sistemi diyagramı görülmektedir. Bir üretim döngüsü içerisinde atık faktörünü gösterip hangi aşamalarda çevresel iyileştirilmeler yapılabileceğine ışık tutmaktadır. Örneğin çevreye duyarlı bir tasarım yapılması, üretim süreci çerçevesinde ilgili çıktıların yeniden kullanımı, tamir edilmesi, yeniden dağıtımı, yenileştirilmesi ve yeniden üretilmesi, üretim sürecinin sonunda oluşan atıkların geri dönüştürülmesi ile birlikte emisyonların azaltılması öne çıkmaktadır. Emisyonların azaltılmasıyla birlikte atıkların yakımı ve gömülmesine ilişkin maliyetler azaltılmış olacaktır. Ayrıca atıkların geri dönüştürülüp üretim sürecine yeniden kazandırılması ile birlikte doğal kaynakların çıkarılması ve ithalatı azalacak ve böylece doğal kaynakların varlığı korunabilecektir.

Şekil 1

Döngüsel Ekonomi Sistemi Diyagramı



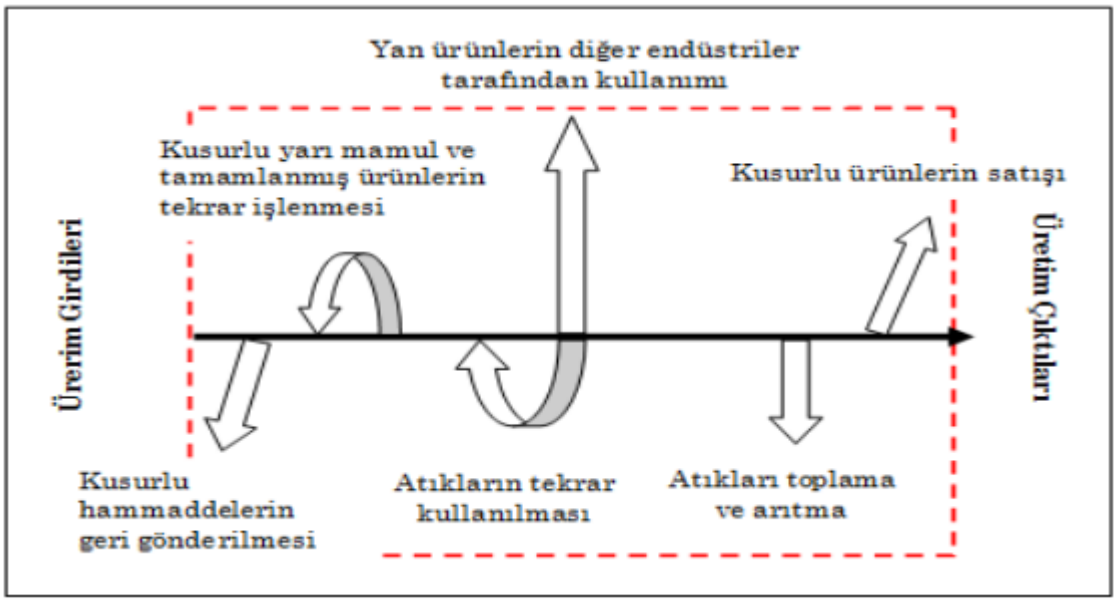
Kaynak: Reichel vd. (2016)

Velkavrh ve diğerlerinin (2019) bahsettiği stratejiler doğrultusunda işletme açısından hem maliyetlerin göz önünde bulundurulması hem de işletmenin toplumsal imajı için en uygun yöntemlerin bulunmasının değerlendirilmesi yönetim muhasebesi aracılığıyla yapılabilecektir. Atıklar ile ilgili izlenecek politikalar kararlaştırılırken karşılaşılacak maliyetler doğru tanımlanmalı ve doğru yönetilmelidir. İşletmelerde atıklar genel olarak birçok aşamada ortaya çıkabilir. Hammadde ve malzemenin işlenmesi esnasında ortaya

çıkan atıklar, kusurlar hammaddeden kaynaklanmaktaysa, satıcıya geri gönderilebilir; kusurlu yarı mamul ve mamuller olarak yeniden işleme tabi tutulabilirler. Yan ürün olarak ortaya çıkan atıklar işletme içerisinde tekrar kullanılabileceği gibi diğer endüstri kolları tarafından da kullanılabilirler. Yan ürün olamayacak atıkların toplanarak, geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunların yanı sıra kusurlu ürünler ortaya çıkabilir ve bunlar kusurlu ürün olarak satışa çıkarılabilirler. Tüm bu olasılıklar ve aşamaları Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2

Üretim Esnasında Ortaya Çıkan Atıklar ve Olası Kullanım Yöntemleri



Kaynak: Jachnik (2006)'den uyarlayan Kırlıoğlu ve Fidan (2009)

İşletmeler atıkları ortadan kaldırırken gerek yasal mevzuatlar gereği, gerek sosyal sorumluluk gereği maliyetlere katlanmak zorundadırlar. Fakat bazı işletmeler atıkları çevreye zararsız olacak şekilde ortadan kaldırmanın maliyetlerini çok yüksek bulmakta ve yasaların öngördüğü ceza maliyetlerine katlanmayı tercih etmektedirler. İşletmelerin çevre yönetmeliklerine uyup uymadıklarına yönelik denetimler önceden haberli olmakla beraber çok sınırlı kalmaktadır (Köse vd., 2007). Bunun yanı sıra denetimlerin azlığı ve ceza kesilme ve ödeme olasılığının düşük olması işletmelerin geri dönüşüm ve atık yönetimi maliyetlerinden kaçınmasına sebebiyet vermektedir. İşletmeler sadece maliyetlerden kaçınmak için çevresel faktörleri ihmal ederse, işletmenin sosyal sorumluluk kavramına aykırı hareket ettiği ve aynı zamanda toplumsal itibarını da zedeleyeceği bilinmelidir. Bu sebeple bu gibi önemli kararlara yönetim muhasebesi bakış açısıyla bakılması önem arz etmektedir.

1.1.2. Önleme Maliyetleri

Önleme maliyetleri, çevresel kirliliği önlemek için katlanılan maliyetlerdir. Bunlara dış kaynak kullanımı, çevre biriminde çalışan personel maliyetleri, araştırma ve geliştirme, temiz teknoloji için ek yatırımlar ve diğer maliyetler örnek olarak gösterilebilir (Aliu, 2011).

Sonraki kısımlarda daha detaylı bahsedileceği üzere, çevresel maliyetler ile çevresel etkiler eş zamanlı olarak ortaya çıkmayabilir (Epstein, 1996). Geçmişteki olumsuz çevresel etkilerin sonuçlarını gidermek adına mevcut durumda maliyetlere katlanılabilir veya gelecekte oluşabilecek olumsuz çevresel etkileri önlemek adına günümüzde maliyetlere katlanılabilir. Bahsedilen ikinci durum önleme maliyetlerinin başka bir ifade ediliş biçimidir. Olumsuz çevresel etkiler ile çevresel maliyetlerin eş zamanlı olmadığı durumlarda ilgili maliyetlerin ürünlere yüklenmesi konusu karmaşık ve zor bir hal alır. Bu zor durum önleme maliyetleri için de geçerlidir. Muhasebe sistemi içerisine dahil edilen her bilgi ya gelir tablosunda ya da bilançoda raporlanır. Önleme maliyetlerinin hangi tabloda nasıl yer alması gerektiği önemli bir sorudur (Gönen ve Güven, 2014).

1.1.3. Ürün Haline Gelmemiş Çıktılar İçin Katlanılan Maliyetler

Başarısızlık maliyetleri olarak da adlandırılan bu kavram gerek çevre muhasebesi açısından gerek kalite maliyetleri açısından ele alınmıştır. Ürün haline gelmemiş çıktıların kendine birden fazla alanda önem atfedilmiş olması konunun önemini daha da öne çıkarmaktadır. Öyle ki ürün olmamış çıktıların ekonomik olarak bir kazanç getirip getirmeyeceği değerlendirilmeli, herhangi bir kazanç elde etmek söz konusu değil ise elden çıkarma maliyetleri göz önünde bulundurulmalıdır. Çevresel maliyetler açısından bakılacak olursa ürün olmamış çıktılar için katlanılan maliyetlerin büyük çoğunluğu ilgili çıktının direkt ilk madde ve malzeme maliyeti olduğu ve sektörel olarak değişmekle birlikte elden çıkarma maliyetleri on ila yüz katına çıkabileceği Milling (1995) tarafından hesaplanmıştır. Geleneksel maliyet muhasebesinin ürün haline gelmemiş çıktılar için çevresel etkilerinin dahil edilmeden hesaplanan maliyetlerin yetersiz kaldığı öne sürülmekte ve bunlar için katlanılan maliyetlerin hesaplanmasında malzeme akış maliyet muhasebesinin kullanılması önerilmektedir (United Nations, 2001).

1.2. Çevresel Kazanımlar

Bu kısımda işletmelerin olumsuz çevresel etkilerini önlemek, azaltmak veya gidermek adına yaptıkları uygulamalar sebebiyle kendilerine gelir veya gider azaltıcı olarak geri dönüş sağlayacak uygulamalardan sübvansiyonlar ve ödüller ile diğer gelirler incelenmiştir.

1.2.1. Sübvansiyonlar ve Ödüller

Her ne kadar çevre ile ilgili olaylarda "kirleten öder" ilkesinin oluşturduğu etkiyle akıllara sadece maliyetler gelse de, gerek hükümetler gerekse Avrupa Birliği çevre komisyonları çevreyi korumak adına yapılan eylemlere destek olmak amacıyla sübvansiyonlar ve ödüller, örneğin vergi muafiyetleri sunmaktadır.

"Kirleten öder" düşüncesi ilk defa 1920[1] yılında Pigou tarafından ortaya atılmıştır. Her ne kadar Pigou[2]'nun çevresel kaygıları olmasa da, adını verdiği negatif dışsallık sebebiyle ortaya çıkan vergi ile ekonomiyi daha tutarlı hale getirmeyi planlıyordu ve bu ancak yeterli sosyal muhasebe ile mümkündü (Klink, 1994). Bu kapsamda Pigou'yu sadece negatif dışsallık sebebiyle ortaya çıkan ek ödemeler ile sınırlandırmak doğru olmayacaktır. Pigou (1932), devletin olağanüstü teşvik veya olağanüstü kısıtlamalar ile müdahale edebileceğini ve bunu en kolay şekilde vergi indirimi ve ödül/sübvansiyon şeklinde yerine getirebileceğinden bahsetmiştir. Dolayısıyla çevreyle ilgili devlet tarafından yapılabilecek müdahaleleri sadece negatif dışsallığa indirgemek doğru olmayacaktır. Bu bağlamda pozitif dışsallıkların devlet tarafından ödüllendirilmesi fikri de yine aynı yazar tarafından ortaya atılmıştır.

Buna göre, işletmeler çevreyi kirletmemek adına önleyici önlemler aldıkları için gerek hükümetler, gerekse Avrupa Birliği çevre komisyonları tarafından gerekli ödüllendirmelerden yararlanabileceklerdir. Ancak OECD'nin 2019 yılı raporundan Türkiye'de sübvansiyonların doğru ve etkin bir şekilde kullanılmadığı, hatta Türkiye'deki sübvansiyonlar tam tersi etki yarattığı anlaşılmaktadır (OECD, 2019).

[1] "The economics of welfare" eserinin ilk yayımlanma tarihi 1920'dir. Yazarın ilgili eserinin 1932 yılındaki 4. Baskısına erişebilmiştir.
[2] 1877 doğumlu İngiliz iktisatçı Arthur Cecil Pigou, adını verdiği Pigou vergisi ile de tanınmaktadır. Bu verginin ana amacı negatif dışsallıkların buna sebep olanlar tarafından vergi yoluyla telafi edilmesidir.

1.2.2. Diğer Gelirler

Sübvansiyon ve ödüller gibi, teşvik ve yardımlar da çevreyi korumak adına işletmelere yönelik destekleyici birer yöntemdir. İşletmeler için bir maliyet unsuru olarak görülen çevre vergilerinin tam tersi anlayışına sahip olan sübvansiyon, ödül, teşvik ve yardımların çıkış noktası yine çevre vergileridir. İşletmelerden toplanan çevre vergileri ile oluşturulan fonlar, çevreyi koruyan işletmelere dağıtılması Pigou tarafından önerilen modelde öngörülmüştür. Bu durumun işletmeler arası rekabeti olumsuz etkilediğine dair görüşler olsa da çevreyi korumak adına bir teşvik olması sebebiyle önemli bir olgudur (Kayaer, 2013).

1.3. Çevresel Yönetim Muhasebesi Araçları

Çevresel Yönetim Muhasebesi araçları 3 ana başlık altında toplanabilir. Bunlar ölçüm araçları, denetim ve kıyaslama araçları ile kontrol araçlarıdır (Qian vd., 2018).

1.3.1. Ölçüm Araçları

Daha önce de bahsedildiği üzere çevresel yönetim muhasebesi ölçümlerinde hem fiziksel akış hem de parasal akış verileri toplanmaktadır (Kırlıoğlu ve Can, 1998; Burrit vd., 2004). Bu kapsamda fiziksel ve/veya parasal akış verilerinin incelenmesi ile ilgili yöntemler malzeme akış maliyet muhasebesi, çevresel maliyet muhasebesi, eko-yatırım muhasebesi, karbon ayak izi muhasebesi ve su ayak izi muhasebesi olarak sıralanabilir.

1.3.1.1. Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi

Malzeme akış maliyet muhasebesi fiziksel ve parasal akışları birleştiren bir yöntemdir ve malzeme ve enerji verimliliği analizi, çevresel yönetim ve yönetim muhasebesi prosedürleri arasında konumlandırılabilir. Bu konumlandırma sayesinde mühendisler ilgili ürünün çevresel etkilerini, çevre müdürü, maliyetler ile ilgili daha fazla bilgi sahibi olurken, işletme yönetimi ise teknik, parasal ve çevresel anlamda tüm açıları ile olaya hâkim olabilmektedirler (Guenther vd., 2015).

Malzeme Akış Maliyet Muhasebesinin dünya çapında önemli bir yöntem olarak algılanıp uygulanmasının beklenmesi, bu yöntemle ilgili bir ISO standardının oluşturulmasıyla desteklenmiştir. Nitekim ISO 14051 kodu ile Malzeme Akış Maliyet Muhasebesini 2011 yılında yayımlamıştır (ISO, 2011).

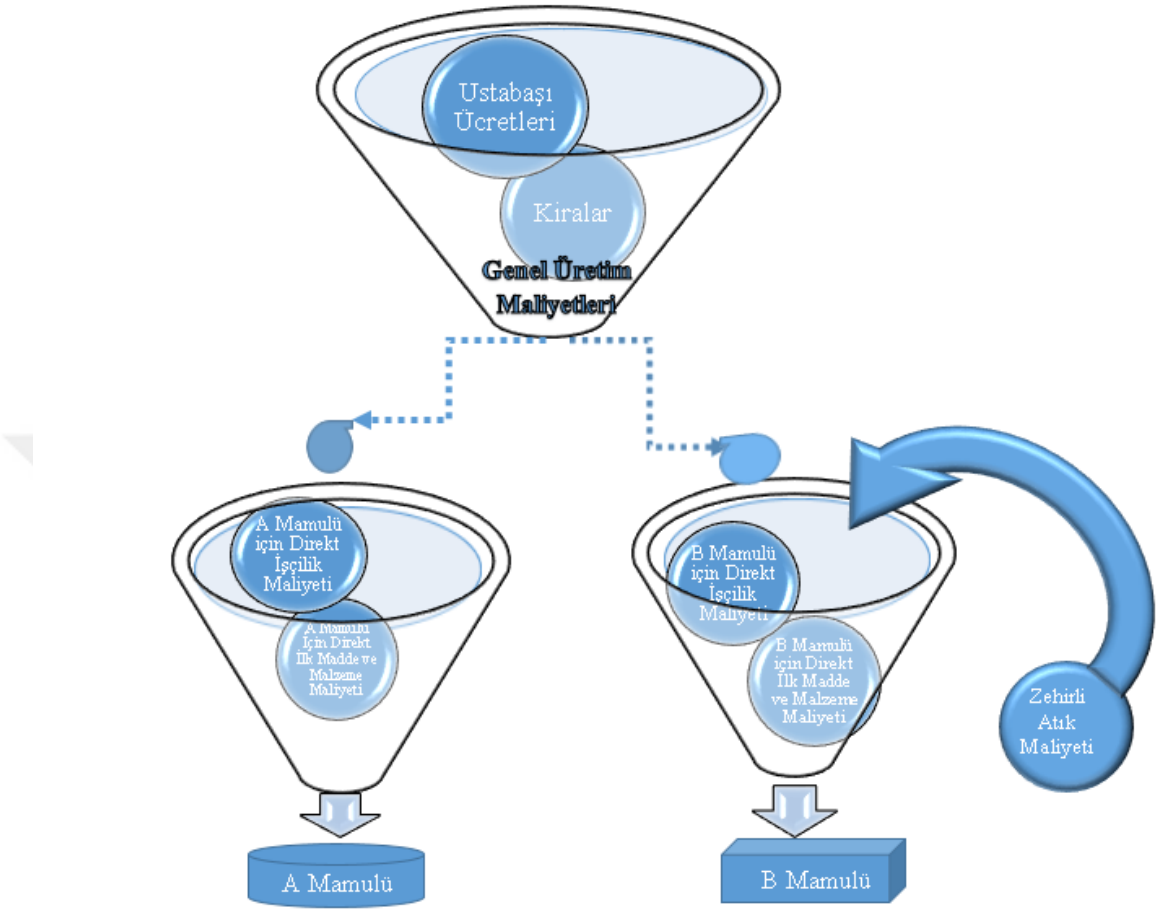
1.3.1.2. Çevresel Maliyet Muhasebesi

Çevresel konuların toplumda önem kazanmaya başladığı erken dönemlerde işletmeler çevresel maliyetleri sadece hukuki bir zaruret olarak görmekteydi. Bu sebeple çevresel konularda sadece yasal mevzuata uyumluluk konusuna odaklanmışlardı. Ayrıca işletmelerin neredeyse hepsi çevresel maliyetleri genel üretim giderleri içerisinde toplayarak herhangi bir ayrıştırmaya gitmeden ve bu maliyetlerin sebebini araştırıp ortaya koymadan mamullere yüklemekteydiler. Bu durum işletmelerin hangi ürünlerin veya süreçlerin çevresel maliyete sebep olduğunu bilmemekten öte toplam çevresel maliyetlerini dahi bilmemelerine ve etkili bir çevre yönetimi yapamamalarına sebep olmaktadır (Epstein, 1996).

Hâlbuki çevresel maliyetleri genel üretim giderleri havuzuna atmak yerine buna sebep olan ürünlere yüklenmesi gerektiği Todd (1994) tarafından ortaya konmuştur. Todd, 1992 yılında Ulusal Mühendislik Akademisi, Endüstriyel Ekoloji/Mühendislik için Tasarım Çalıştayında sunduğu ve 1994 yılında basılı olarak yayımladığı bu model Şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 3

Çevre Bakış Açısıyla Maliyet Muhasebesi Sistemi



Kaynak: Todd (1994)

Şekil 3'te görüldüğü üzere A ve B mamulüne ilişkin direkt maliyetler ilgili mamul ile ilişkilendirilip doğrudan onun maliyetine yüklenmektedir. Buraya kadar geleneksel maliyet yöntemi ile bir fark oluşmamaktadır. Fark zehirli atık maliyetlerinin genel üretim giderleri havuzuna atılmaksızın, ilgili çevresel maliyete sebep olan ürünle ilişkilendirilip o mamule yüklenmesi noktasında oluşmaktadır. Bu şekilde hangi ürünlerin ne kadar çevresel maliyete sebep olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca işletme sebep sonuç ilişkisi kurabileceği için çevresel maliyetlerin yönetilmesi konusunda önemli verilerin toplanmasına olanak tanımış olmaktadır.

Bir ürünün üretim maliyetine hangi maliyetlerin dâhil edilmesi gerektiği önemli ve zor bir konudur. Bu bağlamda maliyetler geçmişte verilen çevresel zararları düzeltmek amacıyla oluşan mevcut maliyetler (1), mevcut çevresel zararlar önlemek/gidermek adına

oluşan mevcut maliyetler (2) ve mevcut çevresel zararları gidermek adına gelecekte oluşacak maliyetler (3) olarak üç kategori altına incelenmelidir (Epstein, 1996).

Geçmişte verilen çevresel zararları düzeltmek amacıyla oluşan mevcut maliyetlerin, ürünlere yüklenmesi konusunda tartışmalar vardır. Geleneksel sorumluluk muhasebesinde bir iş birimi yöneticisinin sadece kontrol edebileceği ve etkileyebileceği şeylerin ölçülmesi gerektiği fikri hakimdir (Carr ve Nanni, 2009). Yöneticilerin geçmişte etki edemeyecekleri konular ile ilgili maliyetlerin mevcut üretilen ürünlere yüklenmesi durumunda, yöneticilerin performans ölçümleri olumsuz etkilenecektir ve bu istenmeyen bir durumdur. Geçmişte yapılan hataların düzeltilmesi için günümüzde katlanılan maliyetlerin nasıl raporlanması gerektiği büyük tartışma konusudur ve bu durum ile ilgili birçok görüş mevcuttur. Bunlardan ilki her ne kadar bahsi geçen sebepten dolayı itirazları ortaya çıkarsa da mevcut ürünlerin maliyetine yüklenmesi, diğerleri ise işletmenin o dönemki faaliyet giderleri arasında raporlanıp üretim maliyetlerine dahil edilmemesi veya ilgili maliyetlerin direkt olarak öz kaynaklarda raporlanmasıdır. İkinci kategoride değerlendirilecek maliyetler için böyle bir tartışma söz konusu değildir. Bu kategorideki maliyetlerin direkt olarak mamullere yüklenmesi gerekliliği kabul edilmiş ve ilgili maliyetlerin yönetilebilmesi açısından yakinen incelenmesi gerektiği fikri savunulmuştur. Son olarak mevcut çevresel zararları gidermek adına gelecekte oluşacak maliyetlerin üretilen ürünlere yüklenmesi konusunda yine birçok tartışma söz konusudur. Bazı görüşlere göre gerçekleşmemiş ve çok spekülatif olan bu maliyetlerin mevcut üretim maliyetlerine hiç dahil edilmemesi gerekmektedir. Fakat burada ilgili ürünlerin tüm çevresel etkileri göz önüne alınmaması sebebiyle mamullere yüklenen eksik maliyetler bağlamında ürünlerde düşük fiyatlandırma yapılması olası bir durumdur. Bu sebeple senaryo analizleri gibi çeşitli öngörü ve tahmin yöntemlerinin kullanılması gelecekte oluşabilecek bu maliyetleri göz ardı etmekten daha olumlu sonuçlar vermektedir (Epstein, 1996).

Bu maliyetlerin sınıflandırılmasına bakıldığına gelecekte oluşabilecek çevresel zararları önlemek adına cari maliyetler kategorisi bulunmadığı gözlemlenmektedir. Bu tür maliyetler bu çalışmada "önleme maliyetleri" başlığı altında incelenmiştir. Çevresel açıdan önemli olan bu maliyetler göz ardı edilmemeli ve ilgili ürünlerin üretim maliyetleri ile ilişkilendirilmelidir. Konuya ilişkin detaylar izleyen kısımda verilmiştir.

1.3.1.3. Eko-Yatırım Muhasebesi (Çevresel Yatırım Değerlendirmesi)

Çevresel yatırım değerlendirmesi olarak da bilinen eko-yatırım muhasebesi, çevresel yatırım maliyetlerinin yönetsel açıdan değerlendirmesidir (Qian vd., 2018). Çevresel yatırım değerlendirmesi denildiğinde akla ilk gelenler atık su arıtma tesis kurulumu maliyetleri, baca gaz yoğunlaştırma ünitesi maliyetleri, tehlikeli ve zararlı atık deposu maliyetleri gibi maliyetler olsa da (Coşkun ve Karaca, 2008) aslında yapılan tüm yatırımlarda, ilgili yatırımın olası çevresel etkilere ilişkin maliyetlerin göz önünde bulundurulması durumudur. Burrit ve Carter (2014) yaptıkları çalışmada uluslararası alanda işletmelerin en az %50'sinin eko yatırım muhasebesi kavramını daha önce duymadığı ve/veya işletmelerinde kullanmadıklarını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmadan da anlaşılacağı üzere çoğu işletme yasal zorunluluk olmadıkça çevresel değerlendirmelere çok fazla önem vermemektedir. Aynı çalışmada işletmeler tarafından en çok bilinen ve uygulanan yöntemlerin ISO 14001'de açıklanan ve kullanım gerekliliğinden bahsedilen yöntemler olduğu açığa çıkarılmıştır.

Çevresel yatırım maliyetleri ile çevresel yatırım değerlendirilmesi kavramları birbirleriyle karıştırılmamalıdır. Çevresel yatırım maliyetleri genellikle ilgili yatırımın başlangıç seviyesinde ortaya çıkmaktadır (Alagöz ve İrdiren, 2013). Fakat çevresel yatırım değerlendirmesi sadece ilgili yatırımın yapılacağı zaman ortaya çıkacak olan maliyetleri değil, ilgili yatırımın yapılması ile birlikte mevcutta ve gelecekte çevreye karşı oluşabilecek tüm olumsuz etmenleri dikkate almaktadır ve finansal veriler ışığında çevreye en duyarlı karar alma önerisini sunmaktadır. Burada şuna değinmekte fayda vardır ki çevresel yatırım değerlendirmesi, sadece çevresel kirliliği azaltmak amacıyla yapılan yatırımlar ile değil, yatırımların tüm çevresel etkileri ile ilgilenmektedir (Bouten ve Hoozée, 2013).

1.3.1.4. Karbon Ayak İzi Muhasebesi

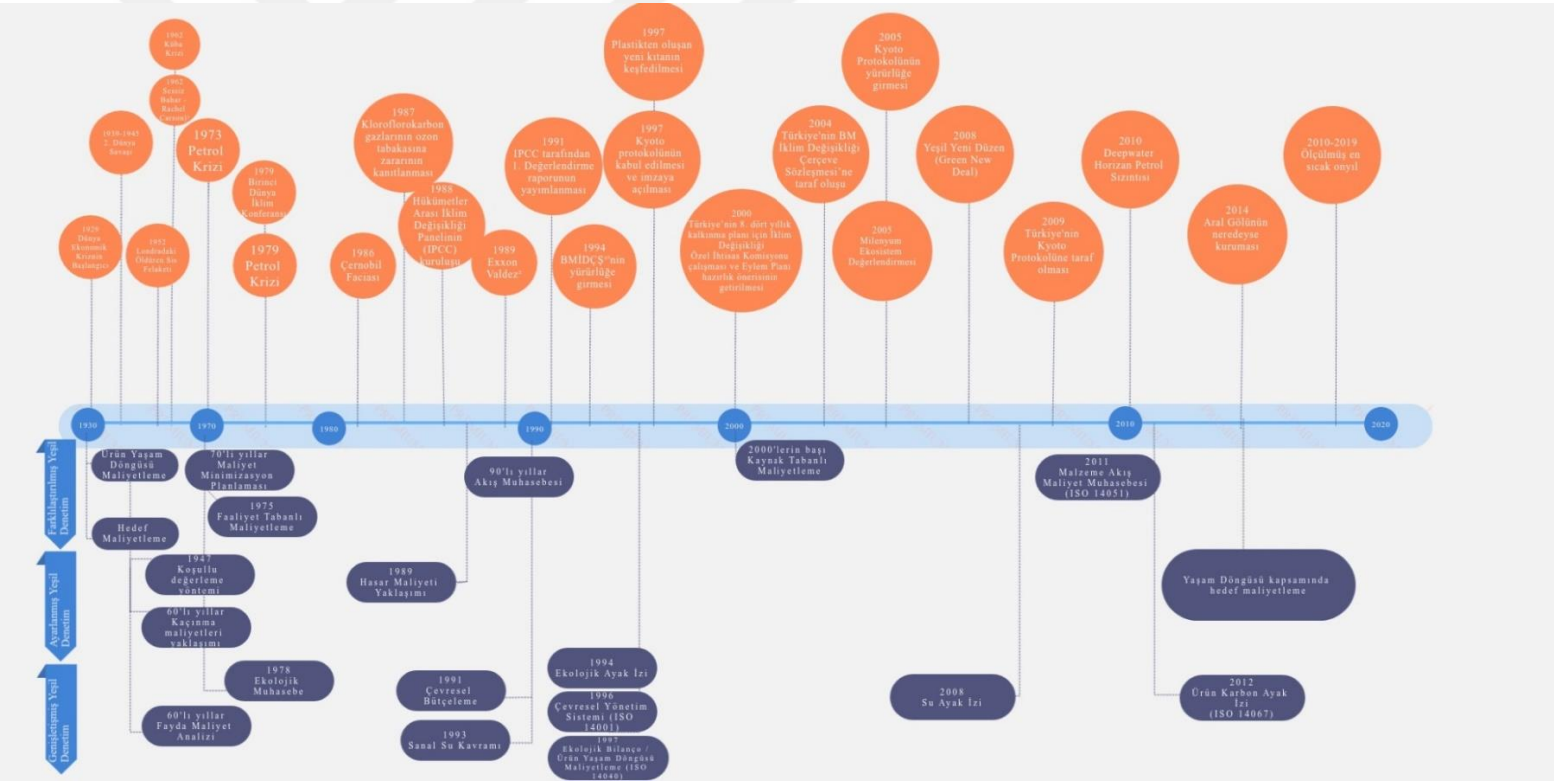
Çevresel etkilerin değerlendirilmesi konusunda her ne kadar Su Ayak İzi kavramı daha eski bir kavram olsa da Karbon Ayak İzi kavramı daha hızlı bir popülariteye kavuşmuş ve Kyoto Protokolü yardımıyla da gereken ilgiyi görmüştür. Su ayak izi kavramının ise önemi daha sonra anlaşılmaya başlanmıştır (Treitler ve Berrer, 2010; Günther ve Stechemesser, 2011).

Dünya çapında gerçekleşen önemli çevresel olaylar ve bu olaylar paralelinde muhasebesel anlamdaki gelişmeler Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekil'den de anlaşılacağı

üzere dünya çapında gelişen çevresel olaylar sebebiyle karbon ayak izi daha hızlı bir popülariteye kavuşmuştur.

Şekil 4

Dünya Çapındaki Politik ve Muhasebesel Çevre Gelişmeleri



Kaynak: (Algedik, 2013; FOCUS, b.t.; Günther ve Stechemesser, 2011; Tuna, 2019; United States Environmental Protection Agency, b.t.)'den yararlanılarak hazırlanmıştır.[34]https://my.visme.co/view/g7zp4rkx-zaman-cizelgesi-cevre adresinden görselin detaylıca incelenmesi mümkündür.

[3] Rachel Carson tarafından kaleme alınan bu eserde tarım ilaçlarının ölümcül etkileri ele alınmıştır. Bu eser çok ses getirmiştir ve çevresel politikaların oluşturulması açısından bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir.

[4] Exxon Valdez bazı kaynaklarda kaza bazı kaynaklarda ise bir çevre felaketi olarak adlandırılmaktadır. Aynı isimli bir petrol tankerinin taşıdığı 10,8 milyon galon petrol denize dökülmüştür. Bu felaket petrol taşımacılığıyla ilgili çevreyi korumak adına yeni yasaların yürürlüğe girmesine vesile olmuştur.

1.3.1.5. Su Ayak İzi Muhasebesi

Su ayak izi, bir tüketicinin veya üreticinin sadece direkt su kullanımını değil aynı zamanda endirekt su kullanımını da dikkate alan, tatlı su kaynaklarının tahsisini kapsamlı bir şekilde ortaya koyan bir göstergedir (Hoekstra vd., 2011). Su ayak izi muhasebesi bu tezin ana konusunu oluşturmaktadır. Bu nedenle su ayak izi muhasebesi için genel literatür ikinci bölümde verilmiştir. Ayrıca tez kapsamında önerilen yeni yaklaşım ve uygulama için üçüncü bölümde su ayak izine yeniden yer verilmiştir. Bu sebeple bu kısımda konuya ilişkin detaya yer verilmemiştir.

1.3.2. Denetim ve Kıyaslama Araçları

Bu kısımda denetim ve kıyaslama araçları olarak literatürde yer alan çevresel denetim, sürdürülebilirlik denetimi, eko-kıyaslama ve sürdürülebilirlik kıyaslaması konularına yer verilecektir.

1.3.2.1. Çevresel Denetim

Eko-denetim olarak da bilinen çevresel denetim, 60'lı yıllarda dahi bazı işletmelerde kullanılsa da ancak 90'lı yıllara gelindiğinde hem potansiyel müşteriler hem de uygulamacılar için çevresel denetimin önemi artmaya başlamıştır. Sektördeki bu talebe rağmen denetim literatüründe o yıllarda halen çevresel denetim kavramına rastlanmamaktadır (Gary vd., 1987; Gwilliam, 1987). Ancak 1991 yılına gelindiğinde yapılan tanımlarla denetim kavramı açıklanmaya çalışılmıştır.

Çevresel Denetim, Uluslararası Ticaret Odası (International Chamber of Commerce, 1991) tarafından, çevrenin korunmasına yardımcı olmak amacıyla çevresel organizasyon, yönetim ve ekipmanın ne kadar iyi performans gösterdiğinin sistematik, belgelenmiş, periyodik ve objektif bir değerlendirmesini içeren bir yönetim aracı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca çevresel uygulamaların yönetim kontrolünü kolaylaştırmak ve düzenleyici gerekliliklerin karşılanmasını içerecek şirket politikalarına uygunluğun değerlendirilmesi de tanımın içeriğinde yer almaktadır. Bu tanımdaki en önemli nokta "çevrenin korunmasına yardımcı olmak amacı" olarak değerlendirilebilir, çünkü geleneksel denetimin aksine çevresel denetimin odağında çevre kavramı bulunmaktadır. Daha sonra yapılan bir çok tanım Uluslararası Ticaret Odası tarafından yapılmış olan bu tanımı baz alarak oluşturulmuş ve geliştirilmiştir (Maltby, 1995).

1.3.2.2. Sürdürülebilirlik Denetimi

Sürdürülebilirlik Denetiminden bahsetmeden önce sürdürülebilirlik ile ilgili tanımlara yer vermek faydalı olacaktır. İlk olarak, sürdürülebilirliğin, uzun vadede 'faydayı' (ortalama insan refahını) sürdürmek olarak ve çeşitli disiplinler tarafından sürdürülebilir fikirler oluşturmak amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Fakat bu tanım endüstrinin potansiyelinin son derece belirsiz olması sebebiyle eleştirilmektedir. Bu sebeple, toplumun temsili bir üyesinin azalmayan faydası, şeklinde yeni tanım önerisinde bulunulmuştur (Pezzey, 1992).

İşletmeler için sürdürülebilirlik denetimi sürdürülebilirlik raporlamasını da kapsamaktadır. Sürdürülebilirlik denetimi ve raporlaması işletmelerin faaliyetlerinin paydaşları üzerindeki fayda ve maliyetlerinin açıkça ortaya konması durumudur. Dolayısıyla işletmelerin sadece doğaya olan etkilerini değil, aynı zamanda bölgeye, ulusa ve küresel ekonomi ve ekosistemlere olan tüm ektilerinin ortaya konması beklenir (Nitkin ve Brooks, 1998).

Sürdürülebilirlik denetimi esasen denetim ve denetim sürecinin temeli üzerine kurulmuştur ve işletmelerin sosyal, çevresel ve ekonomik olarak etkilerinin ölçüm ve izlenmesine yöneliktir. Ayrıca işletmelerin bu üç alandaki yarattıkları değer ve destekleyici ilerlemelerini ölçmektedir. İlgili değerler bir performans ölçeği (metrikleri) yoluyla performans kriterlerine veya sürdürülebilirlik yönergesine bakılarak ölçülür. Bu alanda ilgili değerlerin mikro düzeyde ölçülmesi zordur (Coyne, 2006).

1.3.2.3. Çevresel Kıyaslama

Eko-Kıyaslama olarak da adlandırılan çevresel kıyaslama en geniş tanımıyla bir işletmenin kendi güçlü ve zayıf yönlerini ortaya çıkarmak için çevresel performansını diğer işletmeler veya kurumsal sektörlerle sürekli olarak karşılaştırılması durumudur (Qian vd., 2018; Springett, 2003).

Dünyanın farklı yerlerinde örneğin Almanya veya Hollanda'da işletmeler kendi düzeylerinde çevreyi olumlu yönde etkileyecek girişimlerde bulunmuşlardır. Elektronik atıkların geri dönüştürülmesi bu girişimlerden bir tanesidir. Almanya'da bunu uygulayan bir işletmeden esinlenen Hollandalı başka bir işletme, çevresel etkileri sadece nihai ürünün tüketilmesinin ardından geri dönüştürülmesi ile sınırlandırılmasının hem çevresel

anlamda hem de maliyetleri azaltmak anlamında eksik kaldığını saptamıştır ve kendi içerisinde bir değerlendirmede bulunmuştur. Bu değerlendirme sonucunda sadece hurdaların geri dönüştürülmesi değil, esas maliyet tasarrufunun hammaddeden tasarruftan sağlanabileceğini ve işletmenin ürün yaşam döngüsü yerine işletmenin kendi içerisinde alabileceği önlemleri odak noktasına koymanın daha faydalı olacağı sonucuna varmışlardır (Boks ve Stevels, 2003). Verilen örnekten de anlaşılabileceği gibi Hollandalı işletme Alman işletmenin çevresel uygulamalarını kendine örnek olarak edinip, bu durumdan olabildiğince faydalanmaya çalışmışlardır.

1.3.2.4. Sürdürülebilirliğin Kıyaslaması

Sürdürülebilirlik yönetiminin araçlarından olan sürdürülebilirlik kıyaslaması yani, bir işletmenin sosyal, çevresel ve ekonomik performansının kendi güçlü ve zayıf yönlerini ortaya çıkarmak için diğer işletmeler ile sürekli kıyaslaması halidir (Crutzen, 2014). Bu sayede işletmeler kendilerinin durumunu net olarak görebilir ve daha iyiye gitmek için ne tür önlemler almaları veya ne tür yeni yatırımlar yapmaları gerektiğini daha iyi anlayabilirler. Bu yöntemin en büyük yararlarından biri tam olarak bu noktada ortaya çıkmaktadır. İşletmeler daha önce başka işletmelerin karşılaştıkları problemler ile yüz yüze kaldıklarında, bu problemi çözmek için zaman ve para harcamalarına gerek kalmadan, başka işletmeler tarafından kullanılan çözümleri uygulayabilirler. Bu sayede hem tasarruf etmiş olur, hem de sürdürülebilirlik açısından gelişmiş olurlar.

1.3.3. Kontrol Araçları

Bu kısımda literatürde kontrol araçları olarak yer alan eko-kontrol, çevresel bilgi sistemi, sürdürülebilirlik endeksli Kurumsal Karne ve sürdürülebilirlik kontrolü konularına yer verilecektir.

1.3.3.1. Çevresel Kontrol

Eko-Kontrol olarak da bilinen çevresel kontrol aracı, kurumsal çevresel hedeflerin gerçekleştirilmesinde gerekli finansal ve çevresel bilgilerin uygun şekilde yakalanmasını ve ilgili kaynakların elde edilmesini sağlayan bir süreci ifade etmektedir. Çevresel kontrol aracı sayesinde, çevresel yönetim muhasebesi bilgileri paylaşılabilir ve çevresel iyileştirme için sağlıklı kararlar vermek üzere yöneticiler ve astlar arasındaki iletişim geliştirilebilir (Henri ve Journeault, 2010).

Bunların yanı sıra çevresel kontrol aracının yönetim kontrol sistemlerinin bir parçası olduğu söylenebilir. Birçok çalışma çevresel kontrol kapsamında performans ölçümlerinin kullanımı, bütçeleme ve teşvikleri incelemektedir. Bu bağlamda (i) çevre politikalarına ve düzenlemelerine uyum izlenir, (ii) sürekli iyileştirme desteklenir, (iii) iç karar verme için veri sağlanır ve (iv) dış raporlama için veri sağlanır. Çevresel kontrol bakış açısıyla bütçeleme özellikle çevresel harcamalar, malzeme hurdası veya geri dönüştürülmüş atıklardan elde edilen gelirler ve çevresel yatırımlar için ayrıntılı hedeflerin belirlenmesini içerir (Gabel ve Sinclair-Desgagneé, 1993; Henri ve Journeault, 2010). Bu kapsamda çevresel kontrolün aslında diğer tüm çevresel yönetim kontrol araçları ile içe içe geçtiği görülebilmektedir. Tüm çevresel yönetim muhasebesi araçları birbirleri ile entegre ve tamamlayıcı bir şekilde çalışmaktadırlar. İşletmeler ne kadar çok araç kullanırsa verimlilik de bir o kadar artmaktadır.

1.3.3.2. Çevresel Bilgi Sistemi

Çevresel bilgi sistemleri çevresel yönetim muhasebesi araçları arasında önemli bir rol oynamaktadır. Bir çevre bilgi sistemi, çevre yönetimi için daha iyi planlama, geliştirme, yönlendirme ve kontrol yapmak amacıyla, yeni bilgi türlerini toplayıp analiz ederek bir şirketin mevcut bilgi sistemlerini tamamlar. Uygun bir çevre bilgi sisteminin oluşturulması, hem ekonomik hem de çevresel değer değişikliklerinin ölçülmesine ve çevresel kaygıların iş rutinlerine entegre edilmesine olanak sağlar (Qian vd., 2018).

Ayrıca çevresel bilgi sistemleri sayesinde işletmeler proaktif davranabilirler. Bu bilgi sistemleri sayesinde proaktif olmak isteyen işletmeler sadece kendi ürettikleri içsel verileri değil aynı zamanda dış kaynaklı verileri birbirleri ile harmanlayarak gelecekte oluşabilecek mevzuat değişiklikleri, tüketicilerin çevre dostu ürünler ile ilgili tercihleri gibi konular hakkında tahminlerde bulunabilirler. Bu da ileride oluşabilecek durumlara karşı önceden tedbir alabilecek yöneticiler sayesinde piyasaya hızlı tepki verip, gerek maliyetleri düşürme, gerek pazar payı arttırma aşamasında olumlu etkiler yaratabilir (Pondeville vd. , 2013).

1.3.3.3. Sürdürülebilirlik Endeksli Kurumsal Karne

İngilizce literatürde “balanced scorecard” olarak karşılaşılan ifadenin Türkçeye farklı şekillerde çevrildiği görülmüştür. Kimi yazarlar doğrudan “balanced scorecard” ifadesini

kullanırken, kimi yazarlar da dengeli sonuç kartı (Güner, 2008), dengeli puan cetveli (Tarım, 2004), Kurumsal Karne (Bertan, 2009) ve türevleri ifadeleri tercih etmişlerdir. Bu çalışma kapsamında "balanced scorecard" yerine Kurumsal Karne ifadesi tercih edilmiştir.

Kaplan ve Norton (1992) bir yönetim sistemi olarak Kurumsal Karneyi ortaya atmışlardır. Kurumsal Karne, rekabetçi ortamlarda başarılı olabilmek adına gerekli olan bakış açısını yöneticilere kazandırmayı hedefleyen bir araçtır. Bu yöntem finansal veriler ile stratejileri bir araya getirerek, bir işletmenin vizyonu ve misyonu göz önünde bulundurularak işletmelerin kurumsal performanslarını finansal, müşteriler, iç iş süreçleri ve öğrenme-büyüme olarak dört ana başlıkta ölçmeyi hedefler. Kurumsal Karne başarısını geleceğe yönelik stratejiler doğrultusunda finansal ve finansal olmayan verileri de dikkate alması ile stratejik anlamda doğru yatırımlar yapılmasına ve işletmenin ekonomik başarısına katkı sağlamasına borçludur (Kaplan ve Norton, 1997).

Kurumsal Karne parasal olmayan verileri de dikkate alması nedeniyle, işletmeler için çevresel etkileri de değerlendirmek için bu yöntemin kullanılmasını akıllara getirmiştir. Bu bağlamda Figge, Hahn, Schaltegger ve Wagner (2002) sürdürülebilirlik Kurumsal Karnesini ortaya atmışlardır. Geleneksel olarak bilinen ve kullanılan Kurumsal Karne'ye çevresel açıdan verilerinin eklenmesi yoluyla sürdürülebilirlik endeksli Kurumsal Karne ortaya çıkmıştır.

Kurumsal Karnede sürdürülebilirlik yönüne yer verilmesi üç farklı şekilde olabilir (Figge vd., 2002). Bunlardan ilki çevresel ve sosyal etkilerin mevcut dört standart perspektife entegre edilmesidir. İkincisi ise, çevresel ve sosyal yönlerin dikkate alındığı ilave bir perspektif eklenmesidir. Üçüncü olarak, çevresel ve/veya sosyal etkileri değerlendiren özel bir Kurumsal Karne hazırlanmasıdır. İlk iki yöntem birçok çalışmada tartışılmıştır. Ancak üçüncü yöntem Deegen (2001) tarafından daha detaylıca ele alınmıştır. Kaplan ve Norton Kurumsal Karneyi ortaya koyduklarında kuralları çok katı bir şekilde belirlememişlerdir. Bu sebeple işletmeler ihtiyaçları doğrultusunda Kurumsal Karnesini şekillendirmekte serbesttirler.

1.3.3.4. Sürdürülebilirlik Kontrolü

Sürdürülebilirlik kontrolü aslında tek başına kullanılan bir kavram değildir. Genel olarak çevresel kontrol ile birlikte sürdürülebilirlik kontrol sistemleri kapsamında ele

alınmaktadır. Sürdürülebilirlik kontrolünün tanımından da yine bu yakınlık fark edilecektir. Sürdürülebilirlik kontrolü, kurumsal sürdürülebilirlik stratejisinin uygulanmasını sağlamak ve kolaylaştırmak ve sürdürülebilirlik performans hedeflerine ulaşmak için finansal, sosyal ve çevresel kontrol yöntemlerinin kullanılması anlamını taşımaktadır (Qian vd., 2018).

Literatürde sürdürülebilirlik yönetim kontrolü olarak da karşılaşılan bu yöntem Kurumsal Karneyi sürdürülebilir yönetim kontrolünün yapılandırılması açısından yardımcı bir unsur olarak görmektedir (Schaltegger, 2011). Bu sebeplerle sürdürülebilirlik kontrolünü tek başına bir araç olarak değerlendirmek yerine birçok çevresel yönetim muhasebesi aracını kapsayan bir çatı olduğunu söylemek mümkündür.

BÖLÜM 2. SU AYAK İZİ MUHASEBESİ

Literatüre göre, toplumlar önce varlık sahibi olup sonra su yönetimine yatırım yapmazlar, aksine önce su ve riskleri yönetmek için yollar bulurlar ve bu onları zenginliğe götürür (WWAP, 2009). Bu iddiadan yola çıkarak aynı mantıksal yaklaşım işletmelere transfer edilebilir. İşletmeler belirli kâr hedeflerine ulaştıktan sonra değil, bu hedeflere ulaşmak adına risk ve su yönetimini gerçekleştirmelidirler. Her ne kadar su yönetiminin daha çok tarımsal alanda ihtiyaç duyulduğu algısı oluşmuşsa da, kalkınmanın ilerlemesi sebebiyle kentsel alanlardaki ticari faaliyetlerin gelişmesi, enerji, gıda, lojistik gibi sınai ve ticari faaliyetlerdeki suyun yönetilmesi gerekliliğini doğurmuştur (WWAP, 2009).

2.1. Su Ayak İzi

Su ayak izi, bir tüketicinin veya üreticinin sadece direkt su kullanımını değil aynı zamanda endirekt su kullanımını da dikkate alan, tatlı su kaynaklarının tahsisini kapsamlı bir şekilde ortaya koyan bir göstergedir. Su ayak izi kavramına göre su üç farklı kategoride ele alınmaktadır; bunlar mavi, yeşil ve gri sudur. Mavi su, tatlı su kaynaklarından kullanım miktarını belirler. Yeşil su yağmur suyunun kullanım miktarını ifade etmektedir. Gri su ise bir kirlilik göstergesi olarak kullanılır. Kirletilen tatlı su miktarı ve kirliğin azaltılması için kullanılması gereken tatlı su miktarıdır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, tahliye edilen suyun, yani sistemden çıkan suyun, su ayak izinin bir parçasını oluşturmuyor olmasıdır. Ayrıca su ayak izi su tüketimi ve kirletilmesi ile ilgili hacimsel bir ölçüttür, su tüketimi ve kirletilmesi ile ilgili yerel çevrenin kirlenme etkisinin ağırlığını gösteren bir ölçüt değildir. Genel anlamda su ayak izi değerlendirilmesinin ana amacı, insan davranışlarının veya spesifik ürünlerin su kıtlığı ve kirliliği ile olan ilişkisinin ortaya konması ve bunların su bakış açısıyla nasıl daha sürdürülebilir hale getirilebileceğidir (Hoekstra vd., 2011)

Su Ayak İzi kapsamında "su kullanımı" ve "su tüketimi" kavramları sıklıkla kullanılır ve birbirlerine ikame edilebilir ifadeler olarak algılanabilir. Fakat aradaki farkı Owens'in (2001) önerdiği yaklaşıma göre açıklamakta fayda vardır. Tatlı sudan çekilen toplam su "su kullanımı" olarak adlandırılır ve kendi içerisine üç başlığa ayrılır; bunlar su tüketimi, bozucu (degradative) su kullanımı ve ödünç su kullanımlarıdır. Görüldüğü üzere su tüketimi su kullanımının bir şeklini ifade eder. Su tüketimi ifadesi detaylandırılacak

olursa, ilgili suyun, buharlaşma, ürünün içerisinde kullanılması veya diğer havzalara ve/veya denize boşaltılması nedeniyle kaynak drenaj havzasına geri dönmeyen kısmını ifade eder. Kalitesi düşürülerek tekrar alındığı havzaya geri giden su "bozucu su kullanımı" olarak ifade edilir. Bunun aksine ödünç su kullanımı hiç veya çok düşük oranlı bir kalite düşmesine sebep olunduktan sonra havzaya yeniden iletilen sudur.

Su ayak izinden bahsederken, sadece tek bir su ayak izinin olmadığının bilinmesi önem arz etmektedir. Literatür incelenirken su ayak izine ilişkin farklı odak noktalarına ve çalışma prensiplerine sahip hesaplama yöntemleri gözlemlenebilmektedir. İlgili yazın incelendiğinde su ayak izi kavramının doğuş noktasında bulunan ve kendi başına bir hesaplama yöntemini ortaya koyan Su Ayak İzi Topluluğu sanal su kavramı ile birlikte görülebilmektedir. Bir diğer tarafta ise su ayak izi hesaplamasına farklı bir yaklaşım sergileyen ve yaşam döngüsü değerlemesini benimseyen bir bilim insanları topluluğu bulunmaktadır. Bu iki ana akımın yanı sıra ISO tarafından yayımlanan ISO 14046 Su Ayak İzi Standardı bulunmaktadır. Su ayak izi bilgi havuzundaki diğer ögeler ise konu ile ilgili çeşitli veri tabanları ve hesaplama araçlarıdır.

"Su ayak izi muhasebesi" kapsamında yapılmış çalışmalar Web of Science da "water footprint accounting" anahtar kelimeleri ile aratılmış ve SSCI, SCI, SCI-Expanded ve Emerging SCI kapsamında indekslenen yayınlanmış makaleler filtrelenmiştir. Bu filtreleme işlemi sonucunda 50 adet makaleye ulaşılmıştır. Aşağıda yapılan bu çalışmalardan kısaca bahsedilecektir.

Zhao ve diğerleri (2010) çalışmalarında, 1997, 2000 ve 2002 yıllarında su sıkıntısı çeken Haihe Nehri havzasındaki nihai tüketim ürünlerinin su ihracatı ve sanal su ticaretini hesaplayabilmek için su ayak izi muhasebesi çerçevesine dayalı bir girdi-çıktı analizi oluşturmuşlardır. Bu çalışmanın ana amacı Çin'de uygulanmaya çalışılan sanal su politikasının işe yarayıp yaramadığıdır. Bu politika uyarınca su yoğun ürünlerin ithal edilmesi ve düşük su yoğunluğuna sahip ürünlerin ihraç edilmesi beklenmektedir. Yapılan çalışma sonucunda bu hedefe ulaşıldığı ve havza için sanal su ithalatının, sanal su ihracatının üzerine çıktığı belirlenmiştir.

Ercin ve diğerleri (2011) çalışmalarında, hipotetik bir fabrikada üretilen hipotetik bir şeker içerikli ürünün su ayak izini hesaplanmışlardır. Su ayak izi hesaplanırken tüm tedarik zinciri dikkate alınmıştır. Ayrıca şeker içerikli ürünün şekerinin farklı ülkelerden

ve şeker kamışı, şeker pancarı veya yüksek fruktozlu mısır şurubundan elde edilmesi alternatifleri dikkate alınmıştır. Bu çalışma sonucunda 0,5 litrelik pet şişede sunulan bir şekerli içeceğin su ayak izinin 150-300 litre arasında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu su miktarının neredeyse tamamının tedarik zincirindeki su tüketiminden oluştuğu ve ayrıca nihai ürün dikkate alındığında içeriğinde küçük bir miktar olmasına karşın tarım ürününün (şekerin) su ayak izinin büyük bölümünü oluşturduğu ortaya çıkmıştır.

Yang ve diğerleri (2011), Çin'deki kuzeybatı Yunnan'da bulunan dağlık bölgedeki Liming vadisinde turistlerin su ayak izini ölçmeyi hedeflemişlerdir. Bu çalışma çerçevesinde, turistlerin hem doğrudan hem dolaylı su kullanımını hesaplamak amacıyla 2005 turizm sezonundaki konuk evlerinin su tüketimini izleyerek veri toplanmıştır. Bir turistin yerel su kaynakları üzerindeki su ayak izi 5,2 m^3 olarak hesaplanmıştır ve bu kullanım seviyesinin yerel halkın su kullanım seviyesinden daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Ewing ve diğerleri (2012), hali hazırda karbon ayak izi kapsamında başarıyla uygulanmış olan çok bölgeli girdi çıktı (MRIO) modeline mevcut ekolojik ayak izi ve su ayak izi hesaplama yöntemlerini entegre etmişlerdir. Önerilen bu yeni hesaplama yöntemi sayesinde ilgili çevre verilerinin karşılaştırılmasının kolaylaştığı iddia edilmiştir.

Shao ve Chen (2013), Beijing Space City atık su arıtma tesisinde, atık su arıtımının hem doğrudan hem de dolaylı su maliyeti toplamı olarak su ayak izini hesaplamışlardır. Bu amaç doğrultusunda süreç analizi ve girdi-çıktı analizinin kombinasyonundan bir hibrit yöntem oluşturulmuş ve bu yöntem su ayak izinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Su arıtma tesisinin verimliliğini göstermek adına iki gösterge hesaplanmıştır. Bunlar WROI (yatırımın su getirisi - water return on investment) ve WIWP (arıtılmış suya yapılan su yatırımı - water investment in water purified)'dir. İlki ne kadar yüksek ve ikincisi ne kadar düşük ise tesis o kadar verimli kabul edilmektedir. Yazarların geliştirdiği bu yöntem yaptıkları çalışmada ilk defa kullanılmıştır.

Zhuo ve diğerleri (2014), 1996-2005 döneminde Çin'deki Sarı Irmak havzasındaki mısır, soya fasulyesi, pirinç ve buğday üretiminin yeşil ve mavi su ayak izine odaklanmışlardır. Mahsul su ayak izinin yedi ayrı girdi değişkeni ve parametresinin kısmi değişikliklerine duyarlılığını analiz etmek için her seferinde bir yöntem uygulanmıştır. Sonuçlar, hassasiyetlerin ve belirsizliklerin ekin türleri arasında farklılık oluşturduğunu

göstermiştir. Genel olarak, mahsullerin su ayak izinin en çok referans buharlaşma ve mahsul katsayısına duyarlı olduğu belirlenmiştir.

Dourte ve diğerleri (2014), ABD'deki tarımsal üretimin mevsimsel su ayak izini tahmin etmek amacıyla dinamik bir web kaynağı oluşturmuşlardır. Bu araç yardımıyla mekan, zaman, toprak ve yönetimdeki değişimlere tepki veren sistem özelinde bir su ayak izi hesaplanabileceğini ifade etmişlerdir. Mevcut bir mahsul büyüme modelinde değişiklik yapılarak elde edilen bu model ile aynı zamanda su kaynakları üzerindeki etkilerin doğrudan değerlendirilebileceği, ayrıca bölgesel su kullanımına ve mevcut kaynaklara dayalı yerel bir su stresi endeksi oluşturulmasına olanak sağladığı belirtilmektedir.

Manzardo ve diğerleri (2014), kimyasal kağıt endüstrisindeki kimyasal hamurun su ayak izine odaklanmışlardır. Daha önce yapılan bir çok çalışma kimyasal kağıt maliyetine ve su ayak izine odaklanmıştır, fakat bu çalışmaların eksik yönü farklı ülkelerdeki tedarikçilerin nihai maliyeti ve nihai su ayak izini nasıl etkileyeceğinin hesaba katılmamış olmasıdır. Bu çalışma çok kriterli karar analizi yöntemini kullanarak tedarik karışım optimizasyonu için çok amaçlı bir model geliştirmiştir. Bu model vasıtasıyla kimyasal hamurun maliyetini ve su ayak izini en aza indiren tedarik karışımı belirlenmiştir.

Zhao ve diğerleri (2014), 1990'dan 2009'a Çin'in tarımsal su ayak izini örnek olarak genişletilmiş bir STIRPAT modeline dayalı olarak, tarım ürünleri ile ilgili su ayak izi değişikliği üzerindeki nüfus, refah, kentleşme seviyesini ve beslenme yapısını etkileyen faktörleri araştırmışlardır. Bu araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar Çin'in 1990'da 549,68 Gm3 olan su ayak izinin 2009'da 1016,64 Gm3'e çıktığını ve bahsi geçen faktörlerin buna sebep olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın sonucunda ayrıca Çin'in tarım kaynaklı su krizini ele alan politikalar tartışılmıştır.

Morillo ve diğerlerinin 2015 yılında yaptıkları çalışmada, su ayak izinin en çok tarım ürünleri üzerinde kullanılan bir yöntem olduğunu iddia etmişlerdir. Her ne kadar su ayak izi muhasebesi mahsullerin verimliliği ve tüketilen su arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için uygun bir yöntem olsa da, sulama yöntemi hakkında herhangi bir bilgi vermemektedir. Bu sebeple bu çalışmada mahsulün su ayak izi muhasebesi ve sulama yöntemi göstergelerinin ortak bir değerlendirme teşhis aracı olarak önerilmektedir. Bu araç yardımıyla sulanan tarımsal sistemlerin su yoğun bölgeleri tespit edilebilmektedir. Ayrıca su kullanım verimliliğini artırmak, su tüketimini ve kirli su geri dönüşlerini

azaltmak ve üretim oranlarını korumak için gerekli verilerin elde edilmesi ve su yoğun alanların tespit edilmesi konusunda yardımcıdır. Bu sayede bunları önlemek için eylem planları oluşturulabilir. Önerilen yöntemin örnek uygulaması Güneybatı İspanya'da çilek üretiminin yoğun olması ile bilinen Doñana Ulusal Parkı civarında gerçekleştirilmiştir.

Lopez ve Bautista-Capetillo (2015), Meksika'nın kuru fasulye yetiştiriciliğinde birinci sırada olan ve ülkenin kuzeyinde kalan bölgesinde hem sulama hem de kurak arazi koşullarında kuru fasulye tarımı için yeşil ve mavi su ayak izlerini tahmin etmek amacıyla iklim verilerini analiz etmiştirler. Mahsulün %95'inin kurak arazi koşullarında elde edildiği düşünüldüğünde su ayak izi çok büyük önem teşkil etmektedir. Özellikle sulama oranının düşürülmesi için yeşil su ayak izi dikkate alınmalıdır. Bu çalışma sonucunda kurak arazi koşulları için en uygun ekim tarihinin 1 Ağustos olduğu tespit edilmiştir.

Palhares ve Pezzopane (2015), hem geleneksel hem de organik süt ürünleri üretim sisteminin su ayak izini değerlendirmişlerdir. Ayrıca yüksek yeşil, mavi ve gri su tüketimine sahip süreçler tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda en büyük paya yeşil su ayak izinin sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışma sonucunda geleneksel veya organik süt üretimi arasında bir değişikliğe gidilmesi durumunda su ayak izinin küçüleceğine dair herhangi bir kanıt bulunamamıştır.

Antonelli ve Ruini (2015), sürdürülebilir su yönetimine işletmelerin katılımını araştırmışlardır. Barilla işletmesi üzerinden gıda tedarik zincirlerinde su kullanımını hesaba katmak için bir araç olarak su ayak izi muhasebesi kullanılmıştır. Barilla iki çevre programını benimsemiştir. Bunlardan ilki çevresel ürün beyanlarının oluşturulup kamuoyu ile paylaşılması, ikincisi ise Aureo Buğday Programının uygulanmasıdır. Bu program, çeşitli durum buğdayı (Alamo) yetiştiriciliğinin Arizona'daki çöl eğilimli bir alandan, Orta ve Güney İtalya'da yetiştirilen bir tipoloji olan Aureo buğdayına (Abruzzi, Molise, Apulia, Basilicata ve Campania) kademeli olarak kaydırılmasını içermektedir. Bu çalışma sonucunda makarnanın su ayak izinin en büyük payını %90 ile buğdayın üretim aşamasındaki yağmurla yetiştirilmesinin oluşturduğu tespit edilmiştir. Hazırlanan çevresel ürün beyanları tedarik zincirindeki su ayak izinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğunu ortaya koymaktadır. Esas su tasarrufunun 2011 yılından 2015 yılına kadar Aurero programının sayesinde olduğu ve 35 milyon m3 mavi su tasarrufu sağlandığı ortaya çıkmıştır.

La Zhuo ve diğerleri (2016), 1978-2008 dönemi boyunca Çin'de, tüketim, üretim, ticaret ve iklimdeki yıllık değişkenliğin su ayak izi ve sanal su ticareti üzerindeki etkisini ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonuçları incelenen dönem boyunca mahsul verimindeki iyileşmelerin, ulusal ortalama mahsulün su tüketiminin %23 oranında azaltılmasına yardımcı olduğunu göstermektedir. Çin'in güneyi su zenginidir, fakat kuzeyi su fakiridir. Tarihsel olarak bakıldığında sanal suyun güneyden kuzeye aktığı görülmekteydi. Fakat kuzeyde üretilen tarımsal ürünlerin güneye gitmesi ve güneyin kuzeyden tarımsal anlamda bağımlı hale gelmesi sebebiyle bu durum tersine dönmüştür. Bu örnek su kıtlığı çeken kuzeye yardım etmek amacıyla uygulanan politikaların nasıl tersine döndüğünü göstermektedir.

Brueck ve Lammel (2016), beslenmenin ana kaynağı olan tarım sektöründe gübreleme sebebiyle yüksek olan gri su ayak izini incelemişlerdir. Bunun için gübre kaynaklı azot (N) miktarları baz alınmıştır. Azot sebebiyle kirletilen su ve dolayısıyla oluşan gri su ayak izini hesaplamak için iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar sabit sızdırma fraksiyonu yaklaşımı (uygulanan gübrenin %10'u kadar azot) ve azot fazlalık yaklaşımıdır. Bu uygulama Kuzey Batı Almanya'nın üç farklı bölgesinde yapılmıştır. Beklentiler hem yıllar arası hem bölgeler arası azot fazlalığı olmakla beraber yıllar arasında değil, bölgeler arasındaki farklar olduğu ortaya konmuştur. Tahıllar üzerinde yapılan bu çalışma sonucunda ürün su ayak izinin, ton başına ortalama 180 m^3 olduğu, ancak tesisler arasındaki farkların, ton başına 0 ile > 400 m^3 arasında ciddi şekilde değişen değerlere sahip olduğu ortaya konmuştur. Çalışmanın ana çıktısı ise toprak tipinin, mahsul gelişiminin, yıllık tarla suyu dengesinin, mevsim içi besin dinamiklerinin ve ekim rotasyonu etkilerinin dikkate alındığı ve sahaya özgü olarak oluşturulan gübre stratejilerinin, azot'un yeraltı suyuna gübre kaynaklı sızmasını en aza indirgemek için kilit öneme sahip olduğudur.

Manzardo ve diğerleri (2016), şehir hayatındaki direkt su tüketimini hesaplayabilmek için yerel verileri kullanarak aşağıdan yukarıya doğru bir hesaplama yöntemi önermektedirler. Bu yöntemin yerel su yönetimine destek olacağı kanısındadırlar. Önerilen yöntem Vicenza Belediyesinde gerçekleştirilen bir vaka çalışması ile test edilmiştir. Bu çalışma sonucunda Belediyenin su dağıtım sistemindeki su kayıplarını ve yağmur suyu toplama hacmini sınırlayarak kentsel altyapısı üzerinde iyileştirmeler yapılması gerektiği yazarların Belediyeye yönelttiği tavsiyelere örnek olarak verilebilir.

González Perea ve diğerleri (2016), Kuzey İspanya'daki şeker pancarı gibi dış mekan geniş mahsullerin tarla seviyesinde mahsul su ayak izi ve sulama yönetiminin ortak bir değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışmada 2010/2011 ve 2011/2012 yılları için iki sezon sırasıyla 76.04 m^3 ve 68.26 m^3 ortalama su ayak izi değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen değerler daha önce diğer şeker pancarı üzerinde yapılan çalışmalarda elde edilen su ayak izlerinden farklıdır. Diğer çalışmalar, araştırmanın yapıldığı ülkeye göre 65 m^3 - 319 m^3 arasında değerler elde etmişlerdir.

Liu ve diğerleri (2017), literatürde gri su ayak izi ile ilgili bazı eksikliklerin olduğunu iddia etmektedirler ve iyileştirmeye yönelik öneriler sunmaktadırlar. Yazarlar çalışmalarında üç konu üzerine odaklanmıştır: Gri su ayak izi değerlendirmesi için uygun su kalitesi standartları, çoklu kirleticiler için gri su ayak izi ve değerlendirmenin mekansal çözünürlüğünün gri su stresi seviyesi üzerindeki etkisi. Bu çalışma küresel mısır üretimi üzerine gerçekleştirilmiştir. Bazı ülkeler için su kalitesi standartları ve doğal konsantrasyon seviyeleri mevcuttur. Fakat bu veriler tüm ülkeler ve tüm kirleticiler için mevcut olmadığından, bazı durumlarda tutarlı analizler yapmanın zorluğundan bahsedilmiştir. Bu sebeple farklı çalışmalar arasında karşılaştırma yapılırken çalışmalarda kullanılan standartlara dikkat edilmelidir. Liu ve diğerleri önceden yapılmış çalışmaları çok sayıda kirleticinin olduğu durumlarda sadece azot'u bir kirletici olarak dikkate almaları sebebiyle eksik ve hatalı sonuçlar doğurduğu konusunda eleştirmektedirler. Kendi çalışmalarında ise tek tek bütün kirleticileri dikkate alarak entegre bir su ayak izi hesaplaması yapmışlardır. Yapılan bu hesaplama değerlerin sadece azot için hesaplanan değerlerden çok daha yüksek olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır.

D'Ambrosio ve diğerleri (2018), havza ölçeğinde akış içi ölçümlerle mahsullerin su ayak izini hesaplamak için basit bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu hesaplamada gübre kaynaklı toplam kirletici nitrojeni hesaplayabilmek adına her bir hayvan türünün yıllık ürettiği gübrenin nitrojen oranını toplam hayvan ağırlığı ile çarpmışlardır. Ayrıca nehirle verilen kirletici yükünü bulabilmek adına dahili bir veri kaydedici ile otomatik örneklem alan bir sistem kurmuşlardır. Yazarlar tarafından oluşturulan bu metodoloji, toprak, arazi kullanımı, hava durumu, tarım uygulamaları, nitrojen dengesi ve akarsu verilerinin mevcut olduğu herhangi bir havzaya uygulanabilir. Bu metodolojik yaklaşımın, etkili tarım politikası oluşturma ve su planlaması için karar verme sürecinde yerel yetkilileri destekleyeceği görüşü savunulmuştur.

Makate ve diğerleri (2018), su ayak izi metodolojisi üzerine bir literatür taraması yapmışlardır. Bu kapsamda çalışmada mevcut metodolojilerin avantaj, dezavantaj ve sınırlarından bahsedilmiştir. Bu çalışma sonucunda endirekt su ayak izi tek bir başlık altında toplanırken direkt su ayak izi ile ilgili daha derinlemesine çalışmalar yapıldığı görülmüştür.

Xu ve diğerleri (2018), önceki çalışmaları sanal suyu dikkate almadan sadece fiziksel su akışını dikkate almaları konusunda eleştirmektedir. Kendileri ise endüstriyel üretim süreçleri için optimal bir su dağıtım modeli oluşturmayı hedeflemişlerdir. Bu optimal tahsis modelinin amacı, endüstriyel sektörlerin toplam faydalarını maksimize etmektir. Modelin kısıtlamaları ise bölgesel ekonomik planlamaya göre sırasıyla tüm sektörler için toplam tatlı su temini ve her sektör için minimum su talebidir. Önerilen modelin uygulaması Çin'in Dalian şehrinde gerçekleştirilmiştir.

Mojtabavi ve diğerleri (2018), İran'ın Kazvin Ovasının su kaynaklarının mevcut durumunu belirlemek için su ayak izi muhasebesi ve sanal su ticaretini kullanılmışlardır. Bu çalışmada 2014 yılında Behnam Ababaei ve Hadi Ramezani Etedali tarafından ortaya atılan ve incelenen diğer çalışmalarda görülmeyen "beyaz su ayak izi" kavramına rastlanmıştır. Beyaz su ayak izi, sulama suyu kaybıyla ilgilidir ve sulama verimliliğine bağlıdır. Bu çalışmada en iyi mahsul modellerini belirlemek için on iki senaryo tanımlanmıştır. Oluşturulan senaryolar sonucunda sanal su ticaret konseptini kabul etmenin ve tarımsal su planlaması ve yönetimi için su ayak izi muhasebesini kullanmanın su kıtlığı çeken bölgelerde sürdürülebilir kalkınmayı destekleyebileceğini göstermiştir.

Martínez-Alcalá ve diğerleri (2018), en yaygın dört farmasötik bileşik (karbamazepin (CBZ), diklofenak (DCF), ketoprofen (KTP) ve naproksen (NPX)) için su ayak izinin gri bileşenini hesaplamışlardır. Çalışma İspanya'nın güneydoğusundaki Murcia Bölgesindeki artıma tesisinde uygulanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda geleneksel kirleticilerin haricinde farmasötik bileşikler sebebiyle oluşan kirliliğin azımsanamayacak derecede yüksek olduğunu ve kritik öneme sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Arıtılmış suda dahi izine rastlanan farmasötik bileşik kaynaklı kirleticiler sebebiyle arıtılmış suyun yeniden kullanımının sakıncalı değerlere ulaşabileceği ifade edilmiş ve bu sebeple çalışma sonucunda 2 birim tatlı suya 1 birim arıtılmış su karıştırılarak arıtılmış suda bulunan kirlilik oranının düşürülmesi önerilmiştir.

Papadavid ve Toulios (2018), mahsullerin su ayak izi tahmininde uzaktan algılama yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntem su ayak izi hesaplamasında iki alanda kullanılabilmektedir; bunlar mahsul verimi ve buharlaşma-terleme tahminidir. Yazarlar her iki alan için iki örnek üzerine çalışmışlardır. Uygulama yer fıstığı üzerine yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda önerilen yöntemin mahsul verimi alanında uygulanmasının çok doğru sonuçlar ürettiği ve uygulama kolaylığı sebebiyle tercih edilebileceğini ortaya koymuştur. Fakat buharlaşma-terleme alanı ile ilgili uygulanan diğer yöntemler ile bu çalışmada kullanılan yöntemin arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı ifade edilmiştir.

Li ve diğerleri (2018) Çin, Haihe Nehri Havzasında (HNH) mavi ve gri su miktarlarının incelenmesi için şehir/bölge ve havza ölçekleri kapsamında su ayak izini hesaplamışlardır. Sonuç olarak, HNH'nin tüm şehirlerinin aşırı su kıtlığından muzdarip olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca sanayi sektörünün havzadaki en büyük mavi su ayak izine sahip olduğu görülmüştür. Tarım sektörü ise gri su ayak izinin %54'üne sebep olmaktadır.

Mohlotsane ve diğerleri (2018), Afrika'daki 2 farklı bölgede ekilen buğdayın ve buğdaydan ekmeğe kadar uzanan değer zincirinin su ayak izine odaklanmışlardır. Buğday ekmeğinin ortalama su ayak izinin Bainsvlei'de ton başına 954,53 m3 ve Clovelly'de ton başına 1026,53 m3 olduğu ortaya konmuştur. Buğday ekmeğinin toplam su ayak izinin %99'una buğday ekimi ve hasatının sebep olduğu anlaşılmıştır. Değer zincirindeki diğer aşamalar toplam su ayak izinin sadece %1'ini oluşturmaktadır. Buğday ekmeği su ayak izinin %80'i mavi su ayak izinden oluşmaktadır. Bu da buğdayda sulamanın çok yüksek olduğunu göstermektedir. Bu çalışma sonucunda tarımda sulama sistemleri üzerinde yoğunlaşılması gerekliliği ortaya konmuştur.

Martínez-Paz ve diğerleri (2018), çalışmalarında hidrolojik bir model ve bir karar destek sistemini birleştiren antropize su döngüsünün bir simülasyonu yoluyla, nehir havzası düzeyinde sulu tarım sektörünün su ayak izini (WF) değerlendirmek için bir yöntem önermektedirler. Diğer yöntemlerden temel farkı, bu metodolojinin, sulanan alanların bulunduğu su kaynaklarının kullanımı için sistemin sınırlamalarını içermesi ve kütlenin sürekliliği yasası tarafından yönetilen hidrolojik ilkeleri dikkate almasıdır. Yazarlar önerdikleri yeni yöntemi Güneydoğu İspanya'da bulunan Segura Nehir Havzasında uygulamışlardır. Ayrıca yazarlar kendi kullandıkları yöntem ile literatürdeki mevcut Su

Ayak İzi Topluluğunun önerdiği yaklaşımı karşılaştırmış ve mavi su ayak izinde ciddi farklılıklara rastlamışlardır. Su Ayak İzi Topluluğu yaklaşımının hesaplama yönteminde arz açıkları hesaba katılmadığı için mavi su ayak izini fazla hesapladığı iddia edilmiştir.

Wu ve diğerleri (2019), fiziksel su ile sanal suyu birleştiren bir yaklaşımı benimsemişlerdir. Bu yaklaşım 1985-2013 döneminde Çin'deki "İpek Yolu Ekonomik Kuşağı" boyunca altı batı ili üzerinde uygulanmıştır. Bu çalışma, su kullanımında hem yüksek kaynaklar hem de ekonomik verimlilik elde etmek için fiziksel-sanal su akış değerlendirmelerini entegre ederek mavi su tüketimini mühendislik stratejileri yoluyla azaltmaya odaklanan geleneksel tarımsal su yönetimini iyileştirerek hem yeşil hem de mavi su tasarrufu elde etmenin önemini ve gerekliliğini vurgulamaktadır.

Fan ve diğerleri (2019), çevresel olarak genişletilmiş bir girdi-çıktı (IO) modeli geliştirilerek, 2002-2012 döneminde Çin'deki su ayak izini nihai talep perspektifinden hesaplanmışlardır. Bunun yanı sıra yapısal ayrıştırma analizi kullanılarak kırsal ve kentsel hane halkının su tüketimi farklılıkları ortaya çıkarılmış ve ihracat ile ülkeden çıkan sanal su ayak izini büyüten faktörler araştırılmıştır. Sonuç olarak incelenen dönemde Çin'in su ayak izi %18,3 oranında büyümüştür. Ayrıca su ayak izinin büyük çoğunluğuna tarım sektörünün yol açtığı bulunmuştur ve son olarak ihracata bağlı sanal su transferinin yıllar içerisinde azaldığı ortaya konmuştur.

Bazrafshan ve diğerleri (2019), en büyük Safran üreticisi olan İran'ın il ve ulusal düzeylerde 2008–2014 arasındaki safran su ayak izini hesaplamışlardır. Genelde İranlı yazarların yaptığı çalışmada rastlanılan beyaz su ayak izi de bu çalışmaya dahil edilmiştir. İran'daki Safran üretiminin ortalama su ayak izi 4659 m^3/kg olarak hesaplanmıştır. Lorestan, Doğu Azerbaycan ve İsfahan en düşük ekonomik su ayak izine sahipken, Chaharmahal ve Bakhtiari, Semnan ve Farsın en yüksek değerlere sahip olduğu ortaya konmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda en düşük su ihtiyacının olduğu bölgelere ekim teşvik politikaları ve tavsiyeleri oluşturulabilecektir.

Van der Laan ve diğerleri (2019), tarım için su ayak izi hesaplamalarının genellikle büyük ölçekler ile yapıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca mahsul ve bölgeye özgü su ayak izlerinin tahminin doğru sonuçlar verebilmesinin buharlaşma, verimlilik ve sulama gibi kriterlerin ölçümlerine bağlı olduğunu söylemişlerdir. Bu sebeple bir saha çalışmasında mevcut olan farklı yöntemler ile mısır ekininin su buharlaşma tahminlemesi yapılmıştır. Çalışmada

karşılaştırma yapmak için kullanılan yöntemler; toprak su dengesi muhasebesi, uydu görüntüleri ile uzaktan algılama (SEBAL modeli), girdap kovaryansı ölçümleri ve üç mahsul modeli (SWB, CROPWAT, SAPWAT)'dir. Yapılan çalışmanın sonucunda farklı yöntemler arasında %42'ye kadar bir sapma olabileceği ortaya konmuştur.

Khan ve Khan (2019), Pakistan'daki Peşaver Havzası'nın Kabul Nehrinin gri su ayak izinin çevresel sürdürülebilirliğini analiz etmişlerdir. 1986-2015 döneminde noktasal ve noktasal olmayan kaynaklardan nitrojen (N) ve fosfor (P) salınımı incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda, Kabil Nehri'nin su kalitesinin kötüleştiği doğrulanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarının yetkililerin durumu düzeltmesi için gerekli önlemleri almaları konusunda yardımcı olacağını ifade etmişlerdir.

Farklı sulama teknikleri ile su ayak izinin küçültülebileceği bilinen bir gerçektir. Fakat bu alanda yapılan çalışmaların azlığından söz eden Wang ve diğerleri (2019) bu makaleleri ile bu boşluğu doldurduklarını ifade etmektedirler. Yazarlar Çin'deki buğday alanı için bir vaka çalışması yapmıştır. Bu buğday ekim alanı 2000-2014 yılları arasında gözlemlenmiş ve bu süre içerisinde mikro sulama tekniğinin kullanıldığı alanın 14 kat genişlediği tespit edilmiştir. Çalışmada üç farklı sulama tekniğinin su ayak izine etkisi karşılaştırılmıştır. Bunlar; karık[5], yağmurlama ve mikro sulamadır. Çalışma sonucunda 2014 yılı verilerinden hareketle yağmurlama yönteminin mikro sulamaya kıyasla %21 oranda daha büyük bir su ayak izi ortaya çıkardığı ifade edilmiştir. Çorak bölgelere bakıldığına ise mikro sulama kullanılması durumda su ayak izinin yağmurlamadan %31, karık yönteminde ise %13 oranda daha küçük olduğu belirlenmiştir.

Zhang ve diğerleri (2019), bölge halkının gıda tüketimi sonucunda oluşturdukları su ayak izini incelemişlerdir. Yazarlar Çin'deki gıda tüketiminin su ayak izini; kentsel ve kırsal bölge sakinleri, kişi başına düşen su ayak izi, su ayak izi yapısı ve gıda tüketim yapısı perspektiflerinde analiz etmeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak bölge sakinlerinin gıda tüketiminin ortalama su ayak izinin 605,12 milyar m^3/yıl olduğunu ortaya çıkarmışlar ve tüketim seviyesinin artış eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. İlk sonuçlar kentsel su ayak izinin yüksek ve yükseliş eğiliminde ve kırsal su ayak izinin kentsele kıyasla daha düşük ve düşüş eğiliminde olduğunu göstermiştir. Fakat bu durumun, kırsaldan kente doğru olan göçün bir yan etkisi olduğu gerçeğinin de göz ardı edilmemesi gerektiği ayrıca ifade

[5] bahçe sulamak için açılmış küçük ark

edilmiştir. Gıda kaynaklı su ayak izinin büyük çoğunluğunun tahıl ve et ürünleri tarafından oluşturulduğu sonucu okuyucular ile paylaşılmıştır.

Jamshidi (2019), çoklu kirletici olması durumunda gri su ayak izini ekolojik perspektifle hesaplama yöntemi geliştirmiştir. Geliştirilen bu yöntem İran'ın güneybatısındaki Kabkian Nehri'ndeki alabalık çiftliklerinde uygulanarak gri su ayak izi hesaplanmıştır.

Zhu ve diğerleri (2020), Viskon kumaşın su ayak izi hesaplamasını ISO standartlarına göre yapmışlardır. Sonuç olarak viskon tekstil üretiminin su kıtlığı ayak izi 60.511 m^3 H2O eq/ton olup bunun %85,71'inin viskon elyaf üretiminden kaynaklandığı görülmüştür.

Hua ve diğerleri (2020), gıda ve enerji üretimi için su ayak izi hesaplama yöntemini geliştirmişlerdir. Bu çalışmada 2015 yılında Çin anakarasının 31 ilindeki gıda suyu ayak izlerini (mavi su ayak izi ve yeşil su ayak izi) ve büyük enerji sistemlerinin (kömür, petrol, doğal gaz ve termal enerji üretimi) mavi su ayak izini hesaplamışlardır. Bunun yapılmasındaki ana sebep, su, gıda ve enerjinin birbirine bağlı ve birbirlerini etkileyen alanlar olmasıdır. Sonuç olarak 2015 yılında ulusal gıda suyu ayak izinin 690.8 Gm^3 ve gıdanın mavi su ayak izinin 287.8 Gm^3 olduğu görülmüştür. Enerjinin su ayak izi ise 18.5 Gm^3 olarak hesaplanmıştır.

Bong ve diğerleri (2020), çalışmalarında Malezya'da tempe, lemang, noodle laksam, balık krakerleri ve tuzlu balıklar gibi seçilmiş geleneksel gıda üretim ürünlerinin çevresel etkilerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Yapılan su ayak izi hesaplamaları hem su ayak izi ağının hem de yaşam döngüsü yaklaşımının önerdiği hesaplama yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Bahsedilen ürünler arasında en yüksek su ayak izinin Lemang üretimi için 3.862,13 m^3/ton, en düşük su ayak izinin ise 135,88 m^3/ton ile balık krakeri üretimi için olduğu belirlenmiştir.

Islam ve Murakami (2020), bir açık ocak bakır maden işletmesinin su ayak izini hesaplamışlardır. Sonuç olarak bir ton bakırın yeşil su ayak izi 52,04 m^3, mavi su ayak izi 988,83 m^3 ve gri su ayak izi ise 69,78 m^3'tür. Uygulama yapılan işletme 2013 yılında bir arıtma sistemi kurmuş ve bunun sonucunda gri su ayak izi 13,64 m^3'e düşmüştür. Bu maden işletmesinde mavi suyun en büyük sorumlusu işletmede kullanılan elektriğin hidroelektrik santrallerinde üretilmiş olmasıdır.

Fridman, Biran ve Kissinger (2021), yaptıkları çalışmada mavi su ayak izi değerlendirmesi için genişletilmiş bir çerçeve önermektedirler. Daha önceki yöntemler mavi su hesaplamasında sadece yeraltı ve yerüstünde bulunan tatlı su kaynaklarını dikkate alırken, bu çalışma bunların yanı sıra deniz suyunu, tuzlu suyu, yeniden kullanılan atık suyu da dikkate almaktadır. Önerdikleri bu genişletilmiş bakış açısı ile insan tarafından kullanılan suyun bir bütün olarak daha doğru ele alınabileceğini ve bu su kullanımından kaynaklı olumsuz etkilerin[6] de daha iyi gözlemlenebileceğini iddia etmektedirler.

X. Zhang, Border, Goosen ve Thomsen (2021), bir Güney Afrika makroalg'ı olan Ecklonia Maxima'nın yeşil ekstraksiyon teknolojileri kullanılarak kademeli değerleme stratejilerinin çevresel yaşam döngü değerlemesini yapmışlardır. Kullandıkları örneklemin incelenmesi için organik çözücü içermeyen ekstraksiyon teknolojilerine sahip aljinat üretim sisteminin ülkede kullanılan enerjinin yoğunlukla biyorafineri ve kömür enerji olması sebebiyle kritik su ekstraksiyonu ve sıcak su ekstraksiyonu yöntemine oranla karbon ayak izi yüksek çıkarken, su ayak izi kıyasla düşük çıkmıştır.

Meißner (2021), çalışmasında metal madenciliğinin küresel su stresi ve bölgesel taşıma kapasiteleri üzerindeki etkisini coğrafi bilgi sistemi tabanlı su etkisi yöntemiyle değerlendirmiştir. 147 büyük nehir havzasındaki madencilik faaliyetleri üzerinde araştırma yapan Meißner, sonuç olarak çoğu bölgede madencilik sebebiyle su stresinde %0,1 gibi çok düşük bir oranla artış olabileceği ortaya çıkarmıştır.

Akram, Levia, Herrick, Lydiasari ve Schütze (2022), tarımsal üretim sistemleri simülatörünü kullanarak marjinal arazilerde yağ palmiyesinin su ihtiyacını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak bir ton taze meyve yetiştirebilmek için 8.800 m^3'lük bir mavi su ayak izinin ve 6.200 m^3'lük bir yeşil su ayak izinin ortaya çıktığını tahmin etmişlerdir.

Xiong, Li ve Yang (2022), çalışmalarında Pekin özelinde 42 sektörel girdi-çıktı tablolarını turizm istatistikleri ile birleştirerek girdi-çıktı modelini çevresel anlamda genişletmişlerdir. Bu sayede turizm sektörünün gıda, enerji ve su açısından etkisini

[6] Deniz suyunun tuzdan arındırılmasından kaynaklı enerji tüketimi, tuzlu su ile sulama yapıldığındaki toprak tuzlanması, arıtılmış suyun içerisindeki olası sağlığa olumsuz etki oluşturabilecek farmakolojik kalıntılar

hesaplamış, değerlendirmiş ve turizm endüstrisi için gıda, enerji ve su azaltma stratejisi önermişlerdir.

Chai ve Chen (2022), çalışmalarında 2005-2015 yılları arasında Yangtze Nehri ekonomik kuşağındaki 11 ilin gri su ayak izini hesaplamışlardır. Bu yıllar arasında ortalama gri su ayak izinin 2,4 trilyon m^3 olduğunu ve bunun %73'lük kısmının tarım kaynaklı, %21'lik kısmının kentsel yaşam kaynaklı ve kalan %6'lık kısmının ise endüstriyel kaynaklı olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Polyester kumaş üretimi için iyileştirilmiş bir gri su ayak izi hesaplama ve değerlendirme yöntemi öneren Wang, Wang, Feng, ve Wang (2022), kirleticilerin nehirlerdeki difüzyon ve zayıflama sürecini dikkate almışlardır. Sonuç olarak en şiddetli ötrofikasyona sebep olanın kimyasal oksijen talebinin olduğu, en şiddetli ekotoksisiteye sebep olanın antimon olduğu ve alkali soyma işleminin en yüksek çevresel etkiye neden olduğunu bulmuşlardır.

Türkiye'de gıda ve enerji üretim kaynağı olarak kullanılan ve Ortadoğu'da diplomasi, diyalog ve olası çatışmaların odak noktası olan Yukarı Fırat Nehir havzasını su ayak izi muhasebesi çerçevesinde inceleyen Muratoglu, Iraz ve Ercin (2022), 2008-2019 yılları arasında tarım, evsel ve endüstriyel su temini için su kullanımını mekânsal ve zamansal değişimlerini haritalamışlardır. Sonuç olarak bölgede yetiştirilen pamuk, buğday, Antep fıstığı ve arpa gibi mahsullerin oldukça büyük bir su ayak izine sahip olduklarını ortaya çıkarmışlardır.

Allocca, Marzano, Tramontano ve Celico (2022) çalışmalarında bir park alanındaki rekreasyonel ekosistem hizmetlerinde sığır otlatmanın gri su ayak izi değerlendirmesini yapmışlardır. İnceleme 2001 Kasım sonu ve 2022 Nisan başı yapılmıştır. Bu dönemde herhangi bir otlatma faaliyet olmamasına karşın, Kasım sonunda sığırlar bölgeyi yeni terk etmiş ve Nisan ayında henüz sığırlar bölgeye gelmemiştir. Sonuç olarak sığır birimi başına 2.030 m^3'lük bir ortalama gri su ayak izi oluştuğunu hesaplamışlardır.

Cheng ve Sun (2022) çalışmalarında muson bölgesinde mevsimsel olarak tarımsal gri su ayak izini hesaplamışlardır. Sonuç olarak gri su ayak izini doğal arka plan konsantrasyonu sıfır olarak kabul edildiğinde yağışlı mevsimde bunun 1,60 katı ve kurak mevsimde ise 1,38 katı olarak hesaplamışlardır.

Son olarak Bigdeli Nalbandan, Delavar, Abbasi ve Zaghiyan (2023) çalışmalarında yeni su yönetimi politikalarını değerlendirmek için model tabanlı bir su ayak izi muhasebesi

çerçevesi önermişlerdir. Bunun için toprak ve su değerlendirme aracı modelini ve su ayak izi muhasebesi çerçevesini kullanan bir kombine edilmiş simülasyon yaklaşımını kullanmışlardır. Bu sayede su kaynakları sürdürülebilirliği üzerindeki su yönetimi faaliyetlerinin etkinliğini ve olası sekme etkisini inceleyebilecek bir yöntem ortaya koyduklarını iddia etmektedirler.

Yukarıda kısaca özetlenen makaleler bibliyometrik analize tabi tutulmuş ve atıf haritaları çıkarılmıştır. Bu makalelerin en çok atıf yaptığı iki farklı yaklaşım ilerleyen kısımda tanıtılacaktır. Bunlardan ilki sanal su kavramının öne çıktığı Su Ayak İzi Topluluğunun yaklaşımı, ikincisi ise yaşam döngüsü değerlemesinin benimsendiği yaklaşıma ilişkin çalışmalardır.

2.2. Su Ayak İzi Topluluğunun Yaklaşımı

Son zamanlarda yapılan çalışmalar dikkate alındığında üretim ve tedarik zincirinin tamamını birlikte dikkate alan çalışmaların azlığı göze çarpmaktadır. Bir üretim ve tedarik zinciri organizasyonunun ve özelliklerinin nihai tüketici ürününün su tüketimi ve kirliliğini etkilediği yönündeki farkındalık düşüktür (Hoekstra vd., 2011). Tedarik zinciri boyunca su tüketiminin dikkate alınması Hoekstra ve Hung (2003) tarafından ekolojik ayak izi bağlamında ortaya atılan 'su ayak izi' kavramıyla başlamıştır. Nihai ürün tüketimi sırasında o ürünün tedarik zinciri boyunca farklı ülkelerden geçtiği ve ilgili ülkelerdeki su tüketimini etkilediği gerçeği göz ardı edilmemelidir (Chapagain vd., 2006). Bu da su tüketimini yerel bir mesele olmaktan çıkarıp uluslararası bir platforma taşımaktadır. Su tüketimine tedarik zinciri çerçevesinden bakıldığında, göz ardı edilen nihai tüketiciler, perakendeciler, dağıtıcılar ve tedarik zincirin tüm oyuncuları artık sadece direkt su tüketiminin değil endirekt su tüketiminin de sorumluları ve değişimin ana kaynağı olarak rol oynamaktadır (Hoekstra vd., 2011).

Su ayak izi kavramı ortaya atılmadan yaklaşık 10 yıl öncesine kadar 'sanal su kavramı' ile karşılaşılmaktadır. İlk olarak Tony Allan tarafından 1993 ve 1994 yıllarındaki çalışmalarında kullanılan bu kavram aynı zamanda saklı su ve dış kaynaklı su isimleriyle de literatürde ortaya çıkmaktadır (Hoekstra, 2003). Saklı su kavramı ürünün tükettiği suyun gözle görülemeyen kısmı için kullanılmaktadır. Dış kaynaklı su ise başka ülkelerde üretilen ürünlerin ithalatı ile birlikte sanal suyun da ithal edilmesini yansıtmaktadır. Birçok su kullanımı veri tabanında su kullanımı üç başlık altında verilir. Bunlar: evsel su

kullanımı, tarımsal su kullanımı ve endüstriyel su kullanımıdır. Su ayak izi kavramını içselleştirmemiş kullanıcılar bir ülkenin su ayak izini hesaplamak için bu üç veriyi toplama yanılgısına kapılırlar (Hoekstra vd., 2007). Bu sebeple izleyen kısımda su ayak izi hesaplamasında dikkat edilmesi gereken noktalardan bahsedilmiştir.

2.2.1. Direkt ve Endirekt Su Kavramları

Su ayak izi değerlendirme kılavuzu incelendiğinde direkt ve endirekt su kavramlarının kullanıldığı görülmektedir. Suyun direkt ve endirekt olarak nasıl ayrıştırılması gerektiği konusu incelenmek istendiğinde ise bu konu ile ilgili herhangi bir detaylı bilgiye rastlanmamaktadır. Bu durum üretim süreçleri içerisinde maliyet muhasebesi bakış açısıyla bir direkt ve endirekt su ayrımına gidilmediğini göstermektedir. Kılavuz daha derinlemesine incelendiğinde aslında bu kavramlar kullanılırken direkt ve endirekt su ayak izinden bahsedilmek istendiği anlaşılmaktadır. Endirekt su tanımlanırken bir üreticinin kullandığı tüm girdilerin toplamına eşit olduğundan bahsedilmektedir. Öte yandan direkt su ayak izi tanımına bakıldığında, üretici tarafından kullanılan girdilerin üretimi ile ilişkili olabilecek su tüketimi olarak tanımlandığı görülmektedir (Hoekstra vd., 2012).

Bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere aslında direkt ve endirekt su kavramları arasında bir netlik yoktur. Direkt ve endirekt suyun doğru bir şekilde ayrıştırılması üretim aşamasındaki su yoğun süreçlerin tespit edilmesi ve bu yönde yine Hoekstra ve diğerleri (2012) tarafından ortaya atılan su ayak izi değerlendirmesinin amaçlarından biri olan su kullanımının azaltılmasına yönelik sayısal hedeflerin oluşturulması için önemli bir noktadır.

2.2.2. Su Ayak İzi Hesaplaması

Su ayak izi hesaplaması birçok farklı kapsamda yapılabilir. En küçük birimden başlanarak tüm dünyanın su ayak izine kadar hesaplanabilir. Bu bağlamda en çok kullanılan evreler bir ürünün, bir işletmenin, bir sektörün, bir tüketici grubunun ve belirli bir coğrafi bölgenin su ayak izi hesaplanması olarak ortaya çıkmaktadır. Her biri aynı temele dayansa da, hesaplama aşamaları ve hesaplama esnasında dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan izleyen kısımda bahsedilmiştir.

2.2.2.1. Bir Sürecin Su Ayak İzinin Hesaplanması

Bir ürünün su ayak izi hesaplanabilmesi için öncelikle o ürünün hammaddelerinin ve bu hammaddenin ürün haline gelebilmesi için geçtiği tüm süreçlerin su ayak izi hesaplanmalıdır.

Bir sürecin bir aşamasının mavi su ayak izi 2.1. no'lu formül yardımıyla hesaplanır:

$$\text{SAİ}_{\text{süreç,mavi}} = \text{Buharlaşan}_{\text{Mavi Su}} + \text{İçerilen}_{\text{Mavi Su}} + \text{Kaybedilen Geri Dönüş Su Akışı} \left[\frac{\text{hacim}}{\text{süre}}\right] \quad (2.1)$$

Bu formülde buharlaşan mavi su, içerilen mavi su ve kaybedilen geri dönüş su akışı toplanır. Kaybedilen geri dönüş su akışı ile, süreç içerisinde kullanılan fakat aynı dönemde veya alındığı yere yeniden kullanılmak üzere geri dönmeyen su kastedilmektedir. Yani kullanılan su ya farklı bir dönemde alındığı havzaya geri gönderilir veya farklı bir havzaya gönderilir (örneğin denize).

Su kullanıldıktan sonra iki farklı şekilde tekrar kullanımda olabilir. Bunlardan ilki suyun geri dönüştürülmesi[7] denilen suyu tekrar aynı amaçla kullanmak ve ikincisi suyu başka bir amaçla tekrar kullanmak[8]'tır (Hoekstra et al., 2011).

Hesaplanması gereken bir diğer su ayak izi yeşil su ayak izidir. Yeşil su ayak izi yağış sonucunda toprağa düşen, akıp gitmeyen veya yeraltı suyuna eklenmeyen, toprakta hapsolmuş veya toprağın/ekinin üzerinde duran suyun insan tarafından kullanım göstergesidir. Yeşil su ayak izi daha çok tarım ve orman ürünleri ile ilişkili olarak ortaya çıkmaktadır. 2.2 no'lu formülde görüldüğü gibi hesaplanır (Hoekstra et al., 2011):

$$\text{SAİ}_{\text{süreç,yeşil}} = \text{Buharlaşan}_{\text{Yeşil Su}} + \text{İçerilen}_{\text{Yeşil Su}} \left[\frac{\text{hacim}}{\text{süre}}\right] \quad (2.2)$$

Bu formülde buharlaşan yeşil su, içerilen yeşil su ile toplanır. Kullanılan mavi su ile yeşil suyun ayrışması önemlidir, çünkü her birinin çevreye ve sosyal etkisi farklı olmakla birlikte ekonomik fırsat maliyetleri farklılık göstermektedir.

[7] water recycle
[8] water reuse

Bir üretim sürecinin bir aşaması için su ayak izinin hesaplanması amacıyla gri su ayak izi adı altında bir su ayak izinin daha hesaplanması gerekmektedir. Gri su ayak izi bir üretim süreci aşamasına bağlı olarak kirletilen temiz suyun derecesini gösteren göstergedir. Kirletilmiş suyun tekrar belirli standartlara getirilebilmesi için harcanan tatlı su miktarı olarak ölçülür. Gri su ayak izi hesaplanırken suya yüklenmiş kirleticileri (L ile ifade edilir, kütle/zaman), ilgili kirletici ile alakalı ortalama su kalitesi standardı (maksimum kabul edilebilir yoğunluk cmax ile ifade edilir, kütle/hacim) ile suyun akıtıldığı su kaynağındaki doğal yoğunluk (cnat ile ifade edilir, kütle/hacim) farkına bölünür (Hoekstra et al., 2011).

$$\text{SAİ}_{\text{süreç,gri}} = \text{L}/(\text{cmax} - \text{cnat}) \left[\frac{\text{hacim}}{\text{süre}}\right] \quad (2.3)$$

Bir üretim süreci aşaması için su ayak izinin bulunması hesaplanan 3 su ayak izinin toplanması yoluyla olur. Hangi su ayak izi hesaplanmak istenirse istensin, bu bir grup üreticinin/sektörün su ayak izi olsun, bir grup tüketicinin (toplum, bölge veya belediyenin) su ayak izi olsun veya belirli bir coğrafi bölgenin su ayak izi olsun-hepsinin temelini bir sürecin su ayak izinin hesaplanması oluşturur.

2.2.2.2. Bir Ürünün Su Ayak İzinin Hesaplanması

Bir ürünün su ayak izi o ürün üretilirken tüketilen ve kirletilen suyun toplamından oluşmaktadır. 2.2.2.1.'de bir sürecin su ayak izinin nasıl hesaplandığı açıklanmıştır. Bir ürünün su ayak izinin hesaplanması için o ürünün üretimi sırasındaki tüm süreçlerin su ayak izi toplanır. Bu noktada ürün ağacının önemi ortaya çıkmaktadır. Bir ürünün su ayak izinin doğru hesaplanabilmesi adına ürün ağacının doğru ve detaylı bir şekilde oluşturulması gerekmektedir.

Endüstriyel ürünlerde su ayak izinin ifade edilmesinde birçok farklı yöntem tercih edilebilir. Bunlar örneğin m^3/adet, m^3/Para birimi veya gıda ürünleri için m^3/kcal olabilir. Tarım ürünlerinde ise tarım ürününün cinsine ve büyüklüğüne göre m^3/ton veya m^3/adet şeklinde gösterilebilir. Tüketicinin nihai kararı üzerinde etki gösterip, karşılaştırmasına imkan vermek adına ikame ürünler için aynı gösterim şeklinin tercih edilmesi yararlı olacaktır.

Üretilen bir ürünün su ayak izi hesaplamasında ürünün üretiminde kullanılan parçaların su ayak izinin bilinmesi de önemli bir etmendir. Duruma göre üretimde kullanılan birçok parça farklı ülkelerde üretilmiş veya işlem görmüş olabilir. Ülkeden ülkeye kullanılan

ekipman ve teknikler farklılık göstereceği için, su ayak izi ve su ayak izinin bileşenleri (mavi, yeşil ve gri) de farklılık gösterecek ve bu durum nihai ürünün su ayak izini de etkileyecektir.

En basit düşünce biçimiyle bir ürünün su ayak izinin hesaplanması için o ürünün üretimi esnasındaki tüm süreçlerin su ayak izinin toplanası gerekmektedir. Fakat yine de bir ürünün su ayak izinin hesaplanmasında iki yöntem uygulanabilir. Bunlar zincirleme toplama yaklaşımı (chain-summation approach) veya adım adım biriktirme yaklaşımıdır (stepwise accumulative approach).

Zincirleme Toplama Yaklaşımı (chain-summation approach)

Bu yöntem en basit yöntemdir, fakat basit olduğu için sadece tek ürün üreten üretim sistemlerinde kullanılabilir. Tek bir ürünün üretildiği bir sistemde endirekt suyun dağıtılma gibi bir sorunu olmayacağı için sistemdeki tüm su tek bir ürüne yüklenip, ürünün su ayak izi hesaplanabilir. Bahsedilen bu durum basit bir formülle ifade edilebilir:

$$\text{SAİ}_{\text{ürün}}[p] = \frac{\sum_{s=1}^{k} SA\text{İ}_{\text{süreç}}\,[s]}{P[p]} \qquad (2.4)$$

Bu formülde bir ürünün su ayak izinin ($\text{SAİ}_{\text{ürün}}$ [p]) hesaplanması için her bir sürecin su ayak izinin toplamının ($\sum\text{SAİ}_{\text{süreç}}$[s]) üretilen ürün sayısına (P[p]) bölünmesiyle bulunduğu ifade edilmiştir. Elbette ki günümüz üretim şartları göz önüne alındığında, sadece tek tip ürün üreten bir üretim tesisinin olması çok olası değildir. Bu sebeple daha karmaşık sistemlerde üretilen ve ürün çeşitliliğinin çok olduğu durumlarda kullanılabilecek farklı bir yönteme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle burada adım adım biriktirme yaklaşımını (stepwise accumulative approach) incelemek faydalı olacaktır.

Adım Adım Biriktirme Yaklaşımı (Stepwise Accumulative Approach)

Adım adım biriktirme yaklaşımının birden fazla ürün çıktısı olan üretim sistemleri için uygulanması tavsiye edilir. Bu gibi sistemlerde girdilerin su ayak izlerinin çıktılara nasıl dağıtılması gerektiği sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu işlem çıktıların maddi değerine oranlayarak dağıtım yapılarak veya çıktıların ağırlıkları oranında dağıtım yoluyla yapılabilse de ikincisi çok tercih edilmez. Ayrıca girdilerin çıktılara dönüşmesi esnasında da su kullanılacağı ve bu suyun da su ayak izine eklenmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Bu yöntemde önerilen işlem esnasındaki su ayak izinin girdilere eklendikten sonra girdilerin su ayak izinin çıktılara dağıtılmasıdır (Hoekstra vd., 2011).

Bir ürünün su ayak izi Formül 2.5 yardımıyla hesaplanabilir:

$$\text{SAİ}_{\text{ürün}}\ [\text{p}] = (SA\dot{\text{I}}_{süreç}[p] + \sum_{i=1}^{y} \frac{SA\dot{\text{I}}_{\text{ürün}}[i]}{f_p[p,i]}) * f_v[p] \tag{2.5}$$

Bu formülde $\text{SAİ}_{\text{ürün}}$ [p] ürün p'nin, $\text{SAİ}_{\text{ürün}}$ [i] girdi i'nin, ve $\text{SAİ}_{\text{süreç}}$ [p] girdileri çıktıya çeviren sürecin su ayak izini hacim/kütle cinsinden göstermektedir. Formülde iki parametre yer almaktadır. Bunlar $f_p[p,i]$ ve $f_v[p]$'dir. İlki ürün kesiri (fraksiyonu), ikincisi ise değer kesridir (fraksiyonu).

Ürün kesrinin hesaplanmasında kullanılan 2.6 no'lu formülde i girdisinin bir süreç sonucu p ürününe dönüşümü için her bir girdinin miktarı(w[i]), çıktı ürünün miktarına oranlanarak (w[p]) kütle elde edilir. 2.5 no'lu formülde paydayı oluşturacak olan bu kısım istenen birim olan kütleyi vermektedir.

$$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]} \tag{2.6}$$

Değer kesri birim/para öğesi şeklinde hesaplanır. Bunun için çıktı ürünün piyasa değerinin(pd), aynı girdiden elde edilen tüm çıktıların piyasa değerinin toplamına oranlanması yoluyla elde edilir:

$$f_v[p] = \frac{pd[p] * w[p]}{\sum_{p=1}^{z}(pd[p] * w[p])} \tag{2.7}$$

Her ürün için her zaman bir piyasa değeri bulunamayabilir. Bu gibi durumlarda maliyet değeri kullanmak bir alternatif olabilir. 2.7 no'lu formülün payda kısmında aynı girdiden elde edilen tüm çıktıların piyasa değerlerinin toplamı yer almaktadır. Tek bir girdiden, tek bir çıktı elde edilmesi durumunda bu kısımda yapılacak hesaplama kolaylaşacaktır.

Formül 2.5'in $\sum_{i=1}^{y} \frac{SA\dot{\text{I}}_{\text{ürün}}[i]}{f_p[p,i]}$ kısmı çıktı ürünü oluşturacak tüm girdi ürünler için tekrarlanır ve toplanır. En son 2.5 no'lu formülde yerine yerleştirilip hesaplamaya dahil edilir. Bu şekilde adım adım biriktirme yaklaşımı ile su ayak izi hesaplanmış olur.

Günümüz üretim şartlarında zincirleme toplama yaklaşımının kullanılabileceği alan çok sınırlıdır. Adım adım biriktirme yöntemi her ne kadar zincirleme toplama yaklaşımının ürün çeşitliliği açısından eksiğini giderdiğini iddia etse de, gerek süreçte, gerekse girdi su ayak izlerinin çıktılara yüklenmesi konusunda önerdiği yöntem zayıf kalmaktadır. Buradaki zayıf kısmı güçlendirmek için bu tezde önerilen yönteme üçüncü bölümde yer verilecektir.

2.2.2.3. Belirli Bir Coğrafi Bölgenin Su Ayak İzinin Hesaplanması

Belirli bir coğrafi bölgenin su ayak izi hesaplanırken genellikle ülke sınırları baz alınır ve ülkeler için su ayak izi hesaplanır. Bir ülkenin su ayak izi, o ülkenin nüfusu tarafından tüketilen mal ve hizmetlerin üretimi için ihtiyaç duyulan su miktarı olarak tanımlanır. Ülke su ayak izi hesaplanırken iç ve dış su ayak izi olarak iki başlık altında ele alınır. İç su ayak izi, ülke sınırları içerisinde bulunan su kaynaklarından kullanılan su hacmidir; dış su ayak izi ise, ilgili ülke nüfusu tarafından tüketilmek üzere ithal edilen mal ve hizmetlerin farklı ülkelerde üretim esnasında kullanılan su hacmidir.

İç su ayak izi (İSAİ), yerel su kaynaklarından tarımsal, endüstriyel ve evsel kullanım sebebiyle çekilen su miktarı toplamından, bu kaynaklar kullanılarak üretilen ve ihraç edilen ürünler için kullanılan su miktarının çıkartılması yoluyla hesaplanır.

$$\text{İ}SA\text{İ} = TSK^{9} + EST^{10} + EVST^{11} - \text{SSİH}_{\text{yerel}}{}^{12} \tag{2.8}$$

Daha önce de bahsedildiği üzere iç su ayak izinin hesaplanabilmesi için ülke içerisindeki kullanımlardan ülke içerisinde üretilen ürünlerin ihracı ile birlikte ülkeden çıkan sanal suyun düşülmesi yoluyla bulunur. Burada kullanılan terminolojide önemli bir detay mevcuttur. Tarım ürünleri söz konusu olduğunda "kullanım" kelimesi tercih edilirken, endüstriyel veya evsel durumlarda "tüketim" ifadesi kullanılmıştır. Teknik olarak iki su kullanım/tüketim şekli incelendiğinde, tarım ürünlerinde suyun buharlaşması ve tekrardan su döngüsüne girmesi söz konusu olduğu için burada "tüketim" yerine "kullanım" ifadesi tercih edilmiştir.

[9] Tarımsal Su Kullanımı
[10] Endüstriyel Su Tüketimi
[11] Evsel Su Tüketimi
[12] Sanal Su ihracat - Yurt İçinde üretilen ürünlerin ihraç edilmesiyle ülkeden çıkan sanal su

Her ülkenin iç su ayak izi olduğu gibi, dış su ayak izi de bulunmaktadır. Dış su ayak izi (DSAİ) ülke nüfusu tarafından tüketilen mal ve hizmetlerin ithal edildikleri ülkelerde üretilirken tükettikleri su miktarıdır. İthal ettiği ürünleri yeniden ihraç eden bir ülke için analiz yapılacak olması durumunda bu ürünlerin su tüketen işlem görüp görmemesi durumuna göre değerlendirilerek ancak su tüketimi söz konusu ise hesaplamalara dahil edilmesi gerekir. Genel olarak bir ülkenin dış su ayak izi şu şekilde hesaplanır (Hoekstra ve Chapagain, 2007).

$$DSA\dot{I} = SS\dot{I}T^{13} - SS\dot{I}H_{\text{yeniden ihraç}}{}^{14} \tag{2.9}$$

2.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yaklaşımı

Yabancı literatürde Life Cycle Assessment (LCA) olarak karşılaşılan, yaşam döngüsü değerlendirmesi yaklaşımını savunanlar, bir ürünün su ayak izinin hesaplanmasında sadece m3/birim bilgisinin asla yeterli olmayacağı görüşündedirler. Yaşam döngüsü değerlendirmesi ilgili m3/birim bilgisinin yanı sıra tüketimin yerel etkileri ile de ilgilenmektedir. Bu durumun önemini Ridoutt ve Huang (2012) çalışmalarında su stresi yaşayan bir ülkede üretilen bir ürünün tükettiği su kaynağının toplum refahına ve ekosisteme olan etkisinin su bolluğu içerisinde olan bir ülkede üretildiği takdirde aynı olamayacağını savunarak ortaya koymuşlardır. Dolayısıyla su ayak izi hesaplamasında bir su stresi katsayısının dahil edilmesi gerektiği tezini ortaya koymuş ve yeşil su ayak izinin gerektiğinde yok sayılabileceği çünkü etkisinin olmadığı görüşünü savunmuşlardır (Pfister ve Hellweg, 2009). Bu düşünce tarzı ise Su Ayak İzi Topluluğunun önderliğini yapan Hoekstra ve arkadaşları tarafından suyun global bir kaynak olması ve bu kaynaktan kimin/hangi ürünün ne kadar pay aldığının bilinmesi gerektiği gerçeğini tekrardan ortaya koymuştur. Ayrıca yeşil suyun göz ardı edilmesi durumunun söz konusu olamayacağı belirtilmiştir. Yeşil suyun bir ürün için tüketildiğinde başka bir ürün için tüketilemeyecektir. Bu sebeple ürünün gerçek su ayak izinin ortaya konması için yeşil su ayak izinin önemli bir faktör olduğu tekrardan hatırlatılmıştır (Hoekstra, Gerbens-Leenes, ve Van Der Meer, 2009).

[13] Sanal Su İthalat - ülke nüfusu tarafından tüketilen mal ve hizmetlerin ithal edildikleri ülkelerde üretilirken tükettikleri su miktarıdır.
[14] İthal edildikten sonra ihraç edilen ürünler sebebiyle Sanal Su İhracı

Yaşam döngüsü değerlendirmesi yaklaşımının eleştirilen bir diğer önemli noktası ise, farklı kişilerin aynı ürünler arasında çevresel etki değerlendirmesi yapması durumunda farklı sonuçlara varabilmeleridir. Bunun ana sebebi değerlendirme esnasında ağırlıklandırmalarını farklı şekilde yapmalarıdır. Buna bir örnek verilmesi gerekirse, topluma açık yerlerde kağıt peçete kullanmanın mı yoksa elektrikli üflemeli kurutmaları kullanmanın mı çevreye daha az olumsuz etki yaratacağı sorusudur. Bu konuda öğrencilerine araştırma yaptıran Schnoor (2009) LCA açısından bakıldığında öğrencilerin %40'ı kağıt peçete kullanmanın çevresel etkisinin daha az olacağını savunurken, kalan %60'ın ise tam aksine elektrikli üflemeli kurutucuyu savunduğunu tespit etmiştir. Schnoor bu sonuçtaki ikiliğin sebebinin araçlardaki (örn. hava, katı atıklar, su kirliliği gibi) sorunların kağıt peçete üretiminden kaynaklanan dioksin salınımları (zehirli aromatikler) ve kömür yakıtıyla üretilen elektrikten kaynaklı sera gazı salınımları öğrenciler tarafından farklı ağırlıklandırılmasından kaynaklı olduğunu belirtmiştir. Bu durum LCA yaklaşımının objektivitesinin sorgulanmasına sebep olmaktadır. Aynı çalışmada LCA'nın esas güçlü yönünün, tüm varsayımları ortaya koyması ve herkesin incelemesi için dolar (para birimi), sera gazları, enerji, malzeme gibi çevreye etki edecek tüm faktörleri şeffaf bir şekilde ortaya koyması ve değerlendirmeyi kullanıcılara bırakması olduğu ortaya konmuştur.

Yaşam döngüsü değerlemesi yaklaşımlarındaki görece eski çalışmalara bakıldığında, bu çalışmalarda su olgusuna ağırlığın çok fazla verilmediği ve çevre etkisinin daha çok sera gazı salınımı üzerinden yapıldığı gözlemlenmiştir (Berger ve Finkbeiner, 2010). Su olgusunun yaşam döngüsü değerlemesi yaklaşımında öneminin artması ile birlikte ortak bir dil kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bayart ve diğerleri (2010) bu eksikliği gidermek için Berger ve Finkbeiner'ın da kullanılmasını önerdiği bir terminoloji oluşturmuştur. Genel olarak bir üretim sistemine girdi olan suların toplamı "su kullanımı" olarak adlandırılır. Bu toplam su girdisinin bir kısmı atık su olarak tekrardan sistemden çıkar. Fakat buharlaşma veya ürünün bünyesini oluşturma sebebiyle tekrar kullanılamayacak olan su kısmı ise "su tüketimi" olarak adlandırılır.

Yaşam döngüsü değerlemesi yaklaşımında su olgusunu dikkate alan ilk çalışmalardan biri olarak sayılan Sauer, Hildebrandt, Franklin ve Hunt'ın (1994) çalışmalarında suyu direkt ve endirekt olarak bir ayrıma tabi tutmadıkları açıkça görülmektedir. Daha güncel çalışmalara bakıldığında ise direkt ve endirekt su kavramlarının kullanıldığını ve ancak

maliyet muhasebesi bakış açısının eksik olduğu görülmektedir. Bir istisna olarak Bai, Ren, Khanna, Zhou ve Hu (2018) süt endüstri zincirinin su ayak izi hesaplaması ile ilgili çalışmalarında endirekt su ayak izi için elektrik kullanımının su ayak izini ve beslenme ile ilgili stokun (saman, kepek vb.) su ayak izini endirekt su ayak izi olarak kullanmakla muhasebe bakış açısına yaklaşmışlardır.

BÖLÜM 3. FAALİYET TABANLI SU AYAK İZİ MUHASEBESİ YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA

İkinci bölümde su ayak izi hesaplamasına yön veren iki farklı yöntem detaylıca açıklanmıştır. Literatürde ağırlığı olan ve yol gösterici nitelik taşıyan bu iki yöntemin eksiklikleri yine ikinci bölümde ele alınmıştır. Mevcut kullanımda olan yöntemlerin eksikliklerinin giderilmesi amacıyla bu bölümde su ayak izi muhasebesinde su ayak izinin hesaplanabilmesi için, muhasebe alanında kendini ispat etmiş faaliyet tabanlı maliyetleme yöntemi, su ayak izi muhasebesine uyarlanmıştır.

3.1. Faaliyet Tabanlı Su Ayak İzi Muhasebesi

Faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesinin anlaşılabilmesi adına öncelikle kısaca faaliyet tabanlı maliyetlemeden (FTM) bahsedilmesi gerekmektedir. Her ne kadar FTM Robert Kaplan'a atfedilse de, esas fikir 1980'lerin başında Michael Porter'ın teorisine dayanarak ortaya çıkmıştır. Porter'a göre kâr müşterilerin belirli faaliyetler için ödedikleri fiyat ile ilgili faaliyetin maliyeti arasındaki farktır. Bu düşünce yapısı ile ortaya çıkan FTM'nin en büyük zorluğu ise teoride var olan ölçümlerin işletmelerde yapılabilmesine ilişkindir. 1990'larda FTM işletmeler tarafından çok rağbet görememişti. Fakat işletmelerin kâr etmek için maliyetleri doğru bir şekilde ölçme zorunluluğu, işletmeleri geleneksel maliyetleme yöntemlerinin yetersiz olduğu gerçekliğini kabullenmeye zorlamıştır (Hindle, 2008).

Endirekt maliyetlerin mamullere yüklenmesi konusunda yeni bir yol gösterici olan FTM, maliyet hesaplamasında faaliyetleri odak noktasına alır. Geleneksel yaklaşımların aksine, bu yöntemde faaliyetlerin kaynakları tükettiği gerçeği dikkate alınarak, mamullerin faaliyetleri tüketmeleri sebebiyle maliyet oluşturduğu bilinir (Kapić, 2014). FTM yöntemi yardımıyla endirekt maliyetlerin doğru mamuller ile ilişkisi kurulabilmesi ve doğru maliyetlendirme yapılabilmesi için bir sistem kurmuş olur. İkinci bölümde bahsi geçen yöntemlerde ise endirekt suyun tıpkı geleneksel maliyetlemedeki en eski yöntemler gibi ürün çıktı adedi, ağırlığı gibi kriterlere bölünerek dağıtımı yapıldığı ve bu yöntemin endirekt su dağıtımında yeterince özenli olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Bu sebeple su ayak izi hesaplamasında faaliyet tabanlı yaklaşımın kullanılması bu çalışma kapsamında önerilmiştir. Faaliyet tabanlı yaklaşımın su ayak izi muhasebesine nasıl entegre edileceği ise bir uygulama yardımıyla açıklanacaktır. Faaliyet tabanlı maliyetleme yönteminde maliyet sürücüsü olarak kullanılan ifade, bu çalışmada su sürücüsüne dönüştürülerek kullanılmıştır.

3.2. Faaliyet Tabanlı Su Ayak İzi Muhasebesinin Uygulanması

Faaliyet tabanlı yaklaşımın su ayak izi muhasebesinde nasıl uygulanabileceğini göstermek amacıyla, bir işletme verilerinden hareketle uygulama yapılmıştır. Bu kısımda öncelikle uygulama yapılan işletme tanıtılacak, ardından işletme için faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesinin nasıl uygulanması gerektiği adım adım anlatılacaktır.

Tezin uygulamasının gerçekleştirildiği işletme ambalaj malzemeleri üzerine üretim yapan bir işletmedir ve bundan sonra Ambalaj A.Ş. olarak anılacaktır. Ambalaj A.Ş. 70'li yılların sonuna doğru kurulmuş ve günümüzde dört bağımsız ve üç in-house tesise sahiptir. İşletmenin çeşitli tesislerinde Polipropilen, High-Density Polietilen, Polikarbonat ve PET hammaddelerinden temizlik, kişisel bakım, gıda ve ilaç sektörleri için şişe, damacana, kapak ve enjeksiyon ürünleri üretilmektedir.

İşletmenin kendi web sitesi üzerinden paylaştığı bilgilerden anlaşılacağı üzere işletme sürdürülebilirliğe önem vermekte ve bu alanda kendini geliştirmek istemektedir. Sürdürülebilirlik başlığı altında elektrik tüketimi, yeni kaynak tüketiminin azaltılması, su ve karbon ayak izi gibi ekolojik ayak izlerinin yanı sıra sürdürülebilirliğin çevresel boyutu ile birlikte sosyal tarafını da dikkate alarak sivil toplum kuruluşları ile iş birliklerine önem vermektedirler. İşletmenin sürdürülebilirlik alanındaki bu yaklaşımı, uygulama yapılması için uygun işletme arayışı içerisinde öne çıkmıştır.

İşletmenin bu özelliğinin yanı sıra ürettiği ürünler sebebiyle bulunduğu sektörün özellikleri de, uygulamanın bu işletmede yapılması isteğini güçlendirmiştir. İşletmede üretilen ürünler incelendiğinde ürün reçetelerinde su tüketimine ilişkin bir veri bulunmamaktadır. Bu durum, bu işletmede üretilen ürünler için direkt olarak su tüketilmediğini, dolayısıyla işletmede gerçekleşen su tüketiminin tamamının endirekt olduğunu göstermektedir. Bu durum uygulama yapılacak işletmede faaliyet tabanlı yöntem gibi endirekt suyun ürünlere doğru bir şekilde dağıtılmasını hedefleyen yöntemlerin kullanılması durumunda yöntemden alınacak verimi maksimuma

çıkaracaktır. Bu açıklamalardan hareketle bahsi geçen işletmenin sahip olduğu özelliklerin uygulama için uygun olduğu değerlendirilmiştir.

İşletme ile iletişime geçildikten ve işletme yönetimi tezin konusu hakkında bilgilendirildikten sonra işletmenin Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan 7 tesisten biri olan Gebze fabrikası ziyaret edilmiştir. Uygulamanın işletmenin Gebze fabrikasında yapılması için işletme yönetimiyle anlaşma sağlanmıştır.

Uygulamada faaliyet tabanlı bir yaklaşım kullanılacağından, işletme içerisindeki suyun faaliyet merkezlerine ve son olarak da ürünlere dağıtılabilmesi için öncelikle işletme içerisinde su tüketen faaliyet merkezlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu sebeple birinci adım olarak işletmenin içerisindeki birim, parti, ürün ve tesis düzeyindeki ilgili faaliyetler belirlenip aşağıdaki şekilde listelenmiştir:

A. Birim düzeyindeki faaliyetler
    1. Soğutma Faaliyeti
    2. Etiket Giydirme (Sleevleme) Faaliyeti
B. Parti düzeyindeki faaliyetler
    3. Laboratuvar Faaliyeti
C. Ürün düzeyindeki faaliyetler
    4. Kalıphane Faaliyeti
D. Tesis düzeyindeki faaliyetler
    5. Yemekhane Faaliyeti
    6. Depolama Faaliyeti

Bahsi geçen bu faaliyetlere ilişkin toplam tüketilen suyun doğru dağıtılabilmesi için öncelikle her bir faaliyetin direkt olarak kendinin sebep olduğu su ve işçi sayısı sebebiyle ortaya çıkan su miktarları belirlenmelidir. İçme suyu miktarı hesaplanırken bir kişinin günlük ihtiyaç duyduğu su miktarı 2,5 litre olarak dikkate alınmıştır. Bu veri işletmenin çalışma günü sayısı ile çarpılmıştır (298 gün). İşletmede 3 vardiya çalışıldığı için laboratuvar hariç her faaliyette bir vardiyada çalışan işçi sayısı 3 ile çarpılmıştır. Bu bilgilerden hareketle hesaplanan endirekt su tüketim miktarları faaliyetler itibariyle Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1

Endirekt Suyun Faaliyetlere Tahsisi

Faaliyetler (j)	İşçi Sayısı (EU_j)	İçme Suyu Tüketimi (ton) (WD_j)	Operasyonel Su Tüketimi (ton) (WO_j) [15]	Toplam (WFA_j)
Soğutma Faaliyeti	27	20,12	4.497,3	4.517,42
Etiket Giydirme Faaliyeti	9	6,71	281,63	288,34
Laboratuvar Faaliyeti	4	2,98	1.725,2	1.728,18
Kalıphane Faaliyeti	9	6,71	1,4	8,11
Yemekhane Faaliyeti	6	4,47	95.889,9	95.894,37
Depolama Faaliyeti	12	8,94	-	8,94
Toplam	67	49,93	102.395,43	102.445,36

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Sonraki adım ise bu faaliyetlerin tükettikleri toplam suyun ürünlere farklı seviyelerde (birim seviyesi, parti seviyesi, ürün seviyesi, tesis seviyesi) dağıtılmasıdır. Bu dağıtım faaliyetlere su sürücüsü vasıtası ile yapılmaktadır. Tüm faaliyetlerin su sürücüsü bilgisi Tablo 2'de gösterilmiştir.

[15] Detaylı hesaplamalar ilgili faaliyetten kaynaklanan su ayak izinin hesaplanması kısmında gösterilecektir.

Tablo 2

Faaliyetlerin Su Sürücüleri

Faaliyet	**Su Sürücüsü**
Soğutma Faaliyeti	Soğutma katsayısı[16]
Etiket Giydirme Faaliyeti	İşçilik Saati
Laboratuvar Faaliyeti	Test Sayısı
Kalıphane Faaliyeti	Makine Saati
Yemekhane Faaliyeti	İşçi Sayısı
Depolama Faaliyeti	Desimetreküp

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 1 ve 2'de elde edilen veriler yardımıyla ilgili faaliyetlerin su ayak izi hesaplaması yapılabilecektir.

3.2.1. Soğutma Faaliyetinden Kaynaklanan Su Ayak İzinin Hesaplanması

Soğutma faaliyeti, işletmenin çeşitli makinelerde ürettiği ve şekil vermek için ısıttığı hammaddeyi stabil hale getirmek için yaptığı faaliyettir. Bu soğutma faaliyeti için, işletmedeki makinelerin içerisinden geçen kapalı devre bir soğutma hattı vardır. İşletme bu soğutma hattındaki suyu yılda bir defa değiştirmektedir. Yıl boyunca sekiz ton saf su boru hattının içerisinde dolaşmaktadır ve yılda bir kere boru hattının temizliği için bu su tamamen boşaltıldıktan sonra hattın temizlenmesi için de bir ton su boruların içerisinden geçirilmektedir. Dolayısıyla bir yıllık soğutma faaliyeti için dokuz ton su kullanılmaktadır. Soğutma faaliyeti için kullanılan bu su "saf su" olduğundan mavi su olarak kategorize edilmektedir.

Suyun donmasını önlemek amacıyla sekiz ton saf suya 500 kg antifriz karıştırılmaktadır. Bir yılın sonunda ise borularda dolaşan bu su organize sanayi bölgesinin atık su arıtma tesisine gönderilmektedir. Bahsi geçen bu suyun bir yıllık kirlenme ve suyun donmasını önleyici kimyasallardan arındırılıp yeniden şebeke suyuna karıştırılabilecek seviyeye getirilmesi işlemi atık su artıma tesisinde gerçekleşmektedir. Bu arındırma işlemi için

[16] Soğutma katsayısı, ürünün soğutma süresi, üretildiği makinenin içerisinden geçen soğutma suyu boru hattı metrajı ve makinenin ısınma derecesi göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

harcanan su “gri su” olarak adlandırılacaktır. İşletmenin yıllık olarak değiştirilen bu soğutma suyuna ilişkin bir kirlilik analizinin yapılmadığını bildirmesi sebebiyle bu kısım için gri su ayak izi hesaplanamamıştır.

Soğutma faaliyetinin öncelikle birim seviyesinde dağıtılabilmesi için soğutma suyunun geçtiği makineler dikkatlice incelenmelidir. İşletmede içerisinden soğutma suyu boru hattı geçen üç farklı makine bulunmaktadır. Bu makineler marka ismi vermemek adına M1, M2 ve M3 olarak anılacaktır.

M1 tipi makine granül formundaki hammaddeden önce proform bir ara ürün çıkarıp ardından bu proformdan ilgili ürünün üretildiği bir makinedir. Bu makinenin içerisinden geçen soğutma hattı hem hidrolik yağ sistemini hem de üretilen ürünleri soğutmak için kullanılmaktadır. M1 tipi makinenin içerisinden toplam 35 metre uzunluğunda soğutma suyu hattı geçmektedir ve bu makine 180 dereceye kadar ısınmaktadır. İşletmede bu makineden dört adet bulunmaktadır.

M2 tipi makine için hazır proformlar kullanılmaktadır. Bu makinede bu proformlardan ilgili ürünler üretilmektedir. M2’nin içerisinden geçen soğutma hattı sadece üretilen ürünleri soğutmak için kullanılmaktadır. M2 tipi makinenin içerisinden toplam 16 metre uzunluğunda soğutma suyu hattı geçmektedir ve bu makine 110 dereceye kadar ısınmaktadır. İşletmede bu makineden üç adet bulunmaktadır.

M3 tipi makine damacana gibi daha büyük hacimli ürünlerin üretilmesinde kullanılmaktadır. M3’ün içerisinden geçen soğutma hattı üretilen ürünleri soğutmak için kullanılmaktadır. M3 tipi makinenin içerisinden toplam 50 metre uzunluğunda soğutma suyu hattı geçmektedir ve bu makine 180 dereceye kadar ısınmaktadır. İşletmede bu makineden üç adet bulunmaktadır. M4 tipi makine ise etiket giydirme faaliyetinde kullanılmakta ve içerisinden herhangi bir soğutma boru hattı geçmediği için bu kısımda dikkate alınmayacaktır.

Soğutma suyu hattının geçtiği makinelerin özelliklerine bakıldığında, bu makinelerin hem soğutma suyu hattının uzunluğundan farklı seviyelerde faydalandığını hem de farklı derecelere kadar ısınarak soğutma suyunda farklı seviyelerde yıpranmaya sebep oldukları görülmektedir. Ayrıca üretilen her ürünün soğutma süresi farklı olduğundan yine bu bilgiyi de dikkate almak doğru bir dağıtım yapmak için önem taşımaktadır. Bu sebeple farklı makinelerde üretilen ürünlere soğutma faaliyetinden farklı seviyelerde pay vermek

doğru olacaktır. Dolayısıyla soğutma faaliyeti için su sürücüsü bu işleme uygun olarak hesaplanacak soğutma katsayısı olacaktır.

Aşağıdaki denklemlerde;

M1: *M1 Makinesi*

M2: *M2 Makinesi*

M3: *M3 Makinesi*

M4: *M4 Makinesi*

$\boldsymbol{M4_{mavi}}$***:*** *M4 Makinesinin toplam mavi su tüketimi*

i: *M1 Makinesinde üretilen ürünleri*

j: *M2 Makinesinde üretilen ürünleri*

k: *M3 Makinesinde üretilen ürünleri*

$\boldsymbol{Ürün\ adedi_i}$***:*** *i ürününün üretim adedi*

$\boldsymbol{Soğutma\ süresi_i}$***:*** *i ürününün üretildiği makinedeki soğutulma süresi*

n: *M1 makinesinde üretilen toplam ürün çeşidini*

m: *M2 makinesinde üretilen toplam ürün çeşidini*

p: *M3 makinesinde üretilen toplam ürün çeşidini*

q: *M4 makinesinde üretilen toplam ürün çeşidini*

$\boldsymbol{WD_j}$***:*** *j aktivitesinde çalışan işçilerin içme suyu tüketimi*

$\boldsymbol{WO_j}$***:*** *j aktivitesinin operasyonel su tüketimi*

$\boldsymbol{WFA_j}$*: j aktivitesinin su ayak izi*

göstermektedir.

Su sürücüsünü hesaplayabilmek adına, hem ürünlerin soğutma sürelerini, hem makinelerin ısınma derecelerini, hem de soğutma suyu hattı metrajını ifade edecek bir katsayı belirlemek gerekmektedir. Bu katsayının hesaplanması için öncelikle ilgili dereceler, ilgili metraj ve ilgili makinede üretilen ürünlerin toplam soğutma süreleri ile çarpılarak toplanmıştır. Bir makinede gerçekleşen toplam soğutma süresi hesaplanırken

o makinede üretilen her bir ürünün soğutma süresi ilgili ürün adedi ile çarpıldıktan sonra toplanarak elde edilmiştir.

$$\left(\sum_{i=1}^{n} \text{Ürün } adedi_i \times Soğutma\ süresi_i\right) \times Isınma\ derecesi_{M1} \quad (3.1)$$
$$\times Soğutma\ Suyu\ Boru\ Hattı\ Metrajı_{M1}$$
$$+ \left(\sum_{j=1}^{m} \text{Ürün } adedi_j \times Soğutma\ süresi_j\right) \times Isınma\ derecesi_{M2}$$
$$\times Soğutma\ Suyu\ Boru\ Hattı\ Metrajı_{M2}$$
$$+ \left(\sum_{k=1}^{p} \text{Ürün } adedi_k \times Soğutma\ süresi_k\right) \times Isınma\ derecesi_{M3}$$
$$\times Soğutma\ Suyu\ Boru\ Hattı\ Metrajı_{M3}$$

$$(250.533.604 \times 180 \times 35) + (68.322.355 \times 110 \times 16) + (15.066.944 \times 180 \times 50) = 1.834.211.546.528$$

Daha sonra toplam bir yıllık soğutma suyu kullanımını, elde edilen bu sayıya bölerek bir oran elde edilecektir. Bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için bir yıllık toplam soğutma suyu hesaplanmalıdır. Tablo 1'de gösterilen toplam soğutma faaliyeti suyu o faaliyette çalışan işçilerin çalışma sürelerince ihtiyaç duydukları su miktarı ve operasyonel olarak tüketilen su miktarının toplamından oluşmaktadır.

Bir vardiyada soğutma faaliyetinde dokuz işçi çalışmaktadır. İşletme üç vardiya çalıştığı için bu sayı 27 olarak hesaplanmaktadır. İşletme yılda 52 hafta ve haftada 6 gün çalışmaktadır. Bu sayıdan işletmenin çalışma gününe denk gelen 14 gün resmi tatil çıkarıldığında 298 gün elde edilmektedir. Bir işçinin günlük su ihtiyacının 2,5 litre olduğu durumda içme suyu tüketiminden kaynaklı su ayak izi bu faaliyet için şu şekilde hesaplanacaktır:

$$WD_{Soğutma\ Faliyeti} = 298\ gün \times 27\ işçi \times 2{,}5\ \frac{litre}{gün,işçi} = 20.155\ litre \quad (3.2)$$

Tüm veriler ton cinsinden olduğu için 20.115 litre de 1000'e bölünerek 20,155 ton değeri elde edilir.

Aslında işletmelerde elektrik tüketiminin su ayak izi genellikle su ayak izi hesaplamasına dahil edilmez, fakat bu işletme kapalı devre soğutma sistemi kullanması sebebiyle ve bu kapalı devredeki suyun sürekli soğutulması gerekliliğinden dolayı soğutma faaliyeti için

çok önemli bir etmendir. Bu sebeple sadece bu faaliyet için elektrik tüketiminin su ayak izi dikkate alınacaktır.

Dünya çapında üretilen elektriğin ortalama su ayak izi 4241 m^3/TJ (Mekonnen et al., 2015)'dir. Mekonnen ve diğerlerinin (2015) yaptığı çalışmada ülkeler bazında ortalama değerler verilmiştir. Türkiye için ortalama 1000-2000 m^3/TJ'lük bir mavi ve yeşil su ayak izi olduğu görülmektedir. En büyük su ayak izine sahip elektrik üretim türü biyokütle elektrik üretimi ve hidroelektrik üretiminindir. En küçük su ayak izine sahip elektrik üretim türü ise fotovoltaik güneş enerjisi sisteminden elektrik üretimi ve jeotermik santrallerde elektrik üretiminindir. Mekonnen ve diğerlerinin (2015) yaptığı çalışmada ilgili elektrik üretiminde suyun ne kadar kirletildiğine dair yeterli veri olmaması sebebiyle gri su ayak izi hesaplaması ihmal edilmiştir ve bu sebeple elektrikten kaynaklı bir gri su ayak izi bu kısımda da ortaya çıkmayacaktır. Türkiye'nin elektrik üretimi için hesaplanan ortalama su ayak izi 1000-2000 m^3/TJ olduğundan hesaplamalarda bu miktarların aritmetik ortalaması olarak hesaplanan 1500 m^3/TJ kullanılacaktır.

İşletmede kapalı devre su sistemindeki suyun soğutulması için kullanılan makinenin tükettiği elektrikten kaynaklı su ayak izi de dikkate alınacaktır. Bu makine 6 gün 24 saat çalışmakta ve 111kw/h elektrik tüketmektedir. Öncelikle makinenin bir yılda tükettiği elektriği hesaplamak gerekir:

$$24saat \times 6gün \times 52\, hafta \times 111\, \frac{kw}{h} = 831.168kwh \qquad (3.3)$$

Bir yılda soğutma suyunun soğutulması için toplam 831.168 kwh'lık bir enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Bu enerji tüketimini Mekonnen ve diğerlerinin (2015) yaptığı çalışmada kullandıkları birim olan Terajoule' a (TJ) dönüştürdükten sonra su ayak izi hesaplanabilir.

$$831.168\, kwh \times 3{,}6 \times 10^{-6}\, \frac{TJ}{kwh} = 2{,}992\ 204\ TJ \qquad (3.4)$$

$$1500\, \frac{m^3}{TJ} \times 2{,}992\ 204\ TJ = 4.488{,}307\, m^3 \qquad (3.5)$$

Su tüketimindeki hesaplamalar daha önce ton biriminden yapıldığı için burada m^3 cinsinden ifade edilen birim ton olarak çevrilmelidir. 1m^3 su 1 ton suya eşit olduğundan herhangi bir işlem yapmadan sadece birim değiştirmek yeterli olacaktır. Ayrıca daha önce bahsedilen ve soğutma suyu hattından geçen sekiz ton su ve yıllık temizlik esnasında boşa

akıtılan bir ton su da elde edilen bu su tüketimlerine eklenmelidir. Dolayısıyla soğutma faaliyetinin su ayak izini hesaplamak adına aşağıdaki işlem yapılmıştır.

$$WFA_{Soğutma\ Faaliyeti} = WD_{Soğutma\ Faaliyeti} + WO_{Soğutma\ Faaliyeti} \quad (3.6)$$

$$WFA_{Soğutma\ Faaliyeti} = 20{,}115 + (4.488{,}307 + 9) = 4.517{,}422 \text{ ton} \quad (3.7)$$

Her bir ürünün soğutma faaliyetinden 2020 yılı için alacağı payları hesaplamak için toplam suyu soğutma katsayısına bölmek gerekir. Burada toplam soğutma faaliyeti bilgisi için 4.517,422'yi, bu faaliyetin oluştuğu içme suyu, soğutma suyu ve elektrik tüketiminden kaynaklı su ayak izleri ayrı ayrı izlenmesi için ise ilgili tüketimi, katsayıya bölerek bir oran elde edilir.

$$Soğutma\ Oranı = \frac{4.517{,}422}{1.834.211.546.528} = 0{,}0000000024628686 \quad (3.8)$$

Elde edilen bu oran her bir ürün için birim soğutma süresi, ilgili makinenin ısınma derecesi ve ilgili makinenin soğutma suyu metrajının çarpılarak ilgili ürün için 2020 döneminde birim su tüketimi bulunur.

$$Soğutma\ Oranı \times Soğutma\ süresi_i \times Isınma\ derecesi_{M1} \times Soğutma\ Suyu\ Boru\ Hattı\ Metrajı_{M1} \quad (3.9)$$

$$Soğutma\ Oranı \times Soğutma\ süresi_j \times Isınma\ derecesi_{M2} \times Soğutma\ Suyu\ Boru\ Hattı\ Metrajı_{M2} \quad (3.10)$$

$$Soğutma\ Oranı \times Soğutma\ süresi_k \times Isınma\ derecesi_{M3} \times Soğutma\ Suyu\ Boru\ Hattı\ Metrajı_{M3} \quad (3.11)$$

Bu işlem sonucunda birim bazında tüm ürünlerin soğutma faaliyetinin soğutma suyu kısmının mavi ve yeşil[17] su tüketimi dağıtılmış olacaktır. Bu işlem sonucu elde edilen sonuç birim başına tüketilen ton sudur. Eğer birim başına tüketilen litre su istenirse, elde edilen sonuç 1.000 ile çarpılmalıdır. Parti başına tüketilen su içinse o ürünün üretim miktarı ile çarpılmalıdır. Yapılan bu işlemler sonucunda soğutma faaliyeti için birim bazda, parti bazında ve makineler bazında su ayak izi; içme suyu, soğutma suyu, elektrik kullanımı kaynaklı ve toplam olmak üzere hesaplanmış ve Ek 1 Tablolarında gösterilmiştir.

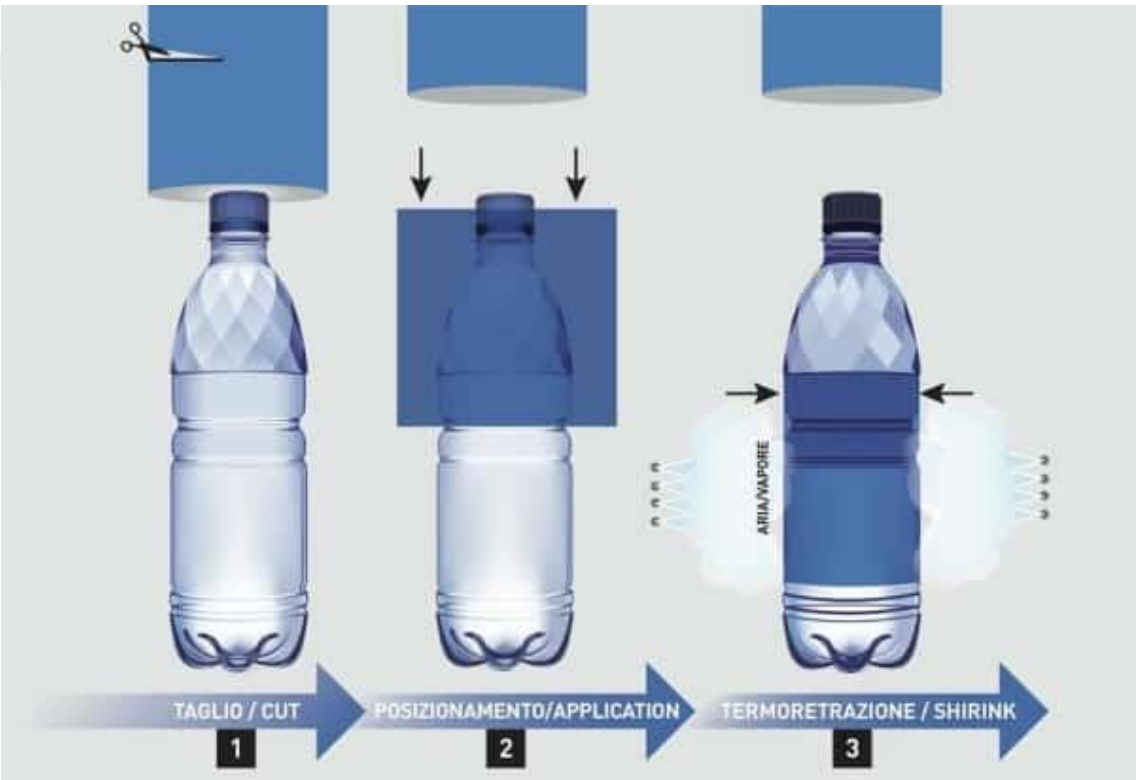
[17] Elektrik tüketiminde kullanılan değer mavi ve yeşil suyun toplamında oluştuğu için burada da mavi ve yeşil su olarak hesaplanmıştır.

3.2.2. Etiket Giydirme (Sleevleme) Faaliyetinden Kaynaklanan Su Ayak İzinin Hesaplanması

İşletmede üretilen bazı ürünler istenilen şekilsel forma ulaştıktan sonra etiket giydirme işlemi için ayrı bir makinede işlem görmektedir. Ürünün dışına onu tamamen kaplayacak ve oturacak şekilde bir ambalajın giydirilmesi etiket giydirme faaliyeti olarak adlandırılmıştır. Şekil 5'de etiket giydirme faaliyeti için örnek bir süreç görülebilmektedir.

Şekil 5

Etiket Giydirme İşleminden Geçen Bir Ürün



Kaynak: IC Filling Systems (2022)

Etiket giydirme işleminin gerçekleştirildiği Makine M4 olarak adlandırılacaktır. Bu makinede işlem gören ürünler makine hattına yerleştirilmeden önce kaplanacakları etiket şişeye geçirilir ve o şekilde makinenin giriş bölümüne yerleştirilir. Etiket geçirme işlemi bir çalışan tarafından yapılmaktadır. Ardından ürün makinenin içerisinde buhara maruz kalır. Bu buharın ısısı ile birlikte şişenin etrafındaki "etiket" büzüşür ve şişe tamamen giydirilmiş olur.

Etiket giydirme faaliyetinden kaynaklı su ayak izinin hesaplanabilmesi için her bir ürünün makinenin içerisinde etiket giydirme faaliyeti için kat ettiği süre dikkate alınmalıdır. Ayrıca bu ürünleri makineye yerleştiren çalışanın günlük su ihtiyacı da hesaba katılmalıdır.

M4 makinesi bir saatte 30 litre su tüketmekte ve bu suyun %50'si yoğuşma yoluyla geri kazanılmaktadır. Makinenin belirli bir saat sonunda tükettiği suyu hesaplayabilmek için toplam su tüketimi zamana bağlı olarak 3.12 no'lu formül kullanılarak hesaplanabilir.

$$M4_{mavi,n} = 30\ t_n - 15 t_{n-1} \quad (3.12)$$

Bu formülde t_n n.saati, $M4_{mavi,n}$ M4 makinesinin n. saatteki toplam mavi su tüketimini göstermektedir. İşletme yılda 52 hafta, haftada 6 gün ve günde 24 saat çalışmaktadır. 2020 yılında Pazar gününe denk gelmeyen toplamda 14 gün resmi tatil mevcuttur. Fakat etiket giydirme makinesi işçi onu beslemeden çalışamayacağından sebep her bir vardiyadaki çalışanlar için 1'er saat yemek ve ihtiyaç sebebiyle duraklamalardan kaynaklı toplam günlük çalışma süresi 21 saate düşmektedir. İşletmede etiket giydirme makinesinden 3 adet bulunmaktadır. Bu durumlar göze alındığında toplam pratik kapasite şu şekilde hesaplanmıştır.

$$Yıllık\ Toplam\ Çalışma\ Süresi = \left(\left(52\frac{hafta}{yıl} \times 6\frac{gün}{hafta}\right) - 14\ \frac{gün}{yıl}\right) \times 21\frac{saat}{gün} \times 3\ Makine = 18.774\ \frac{saat}{yıl} \quad (3.13)$$

2020 yılında üretilen ürünlerin M4 makinesinde buhara maruz kalma süreleri toplandığında 10.215,311[18] saat elde edilir. Her iki sürenin arasında kalan farkı değer katmayan faaliyet olarak nitelendirilebilir. Bu faaliyet için değer katmayan faaliyetler iki çeşit olarak düşünülebilir. Bunlardan ilki atıl kapasite olarak adlandırılan ve kapasitenin kullanılmayan kısmı ve bir diğeri ise işçinin etiketi şişeye geçirme ve banda yerleştirme süresi boyunca boşa geçen süredir. Fakat atıl kapasitenin hesaplanabilmesi için makinenin aktif çalıştığı sürenin bilinmesi gerekmekte ve bu süre ile toplam etiket giydirme süresi arasında kalan kısım işçilik sebebiyle değer katmayan faaliyet, diğer kısım ise atıl kapasite olarak adlandırılmalıdır. Fakat makinenin aktif olarak toplam çalışma süresi bilinmediği için, aradaki farkın tamamı işçilikten kaynaklı değer katmayan

[18] Bu veri her bir ürünün buhara maruz kalma süresinin üretim miktarı ile çarpılıp toplanması sonucunda elde edilmiştir. Verilerin gizliliği sebebiyle detaylara tezde yer verilmemiştir.

faaliyet olarak değerlendirilecektir. 2020 yılı için etiket giydirme faaliyeti içerisindeki toplam değer katmayan faaliyet oranı şu şekilde hesaplanmıştır.

$$Değer\ Katmayan\ Faaliyet\ Oranı_{Etiket\ Giydirme\ Faaliyeti} = \frac{(18.774 - 10.215{,}311) saat}{18.774\ saat} = 0{,}4559 \quad (3.14)$$

Etiket giydirme faaliyetinden kaynaklı toplam su ayak izi için M4 makinesi mavi su ayak izi formülü yardımıyla makinenin tükettiği su ile etiket giydirme faaliyetinde çalışan toplam işçi sayısının içme suyu tüketimi[19] toplanmalıdır.

$$M4_{mavi,n} = 30\ \times 18.774 - 15\ \times 18.773 = 281.625\ litre \quad (3.15)$$

$$WFA_{Etiket\ Giydirme\ Faaliyeti} = 281.625\ litre + 6.705\ litre = 288.330\ litre \quad (3.16)$$

Değer katmayan faaliyete düşen kısmı bulmak için toplam tüketilen su değer katmayan faaliyet oranı ile çarpılmalıdır.

$$Değer\ Katmayan\ Faaliyet\ Mavi\ Su\ Ayak\ İzi_{Etiket\ Giydirme\ Faaliyeti} = 288.330\ litre \times 0{,}4559 = 131.449{,}647\ litre \quad (3.17)$$

Kalan kısım ise ürünlere yüklenecek olan su tüketimi olacaktır. Etiketleme faaliyeti için ürünlere yüklenecek olan su ayak izi şu şekilde hesaplanmıştır:

$$Ürünlere\ Yüklenecek\ Mavi\ Su\ Ayak\ İzi_{Etiket\ Giydirme\ Faaliyeti} = 288.330\ litre - 131.449{,}647\ litre = 156.880{,}353\ litre \quad (3.18)$$

Etiket giydirme faaliyeti işçi olmadan gerçekleşemeyeceği için bu faaliyetin su sürücüsü işçilik saati olarak belirlenmiştir. Her bir ürünün aktif etiket giydirme faaliyeti ile toplam çalışılan işçilik süresi oranlanarak ürün başına düzeltilmiş işçilik saati hesaplanmış ve dağıtım bu değer üzerinden yapılmıştır. Sonuçlar Ek 2'de gösterilmiştir.

3.2.3. Laboratuvar Faaliyetinden Kaynaklanan Su Ayak İzinin Hesaplanması

İşletme ürettiği ürünleri kendi fabrikası içerisinde bulunan bir laboratuvarda hacim ve patlatma testlerine tabi tutmaktadır. Bu testler üretilen ürünlerin gerçekten istenen hacimde ürün alıp alamadığını ve dayanıklılıklarını test etmek için yapılmaktadır. Bu faaliyetten kaynaklanan su ayak izi ilgili ürünler ile ilişkilendirilerek hesaplanmıştır. Laboratuvar faaliyetinin su ayak izinin doğru hesaplanabilmesi için ayrıca burada çalışan 4 laborantın da içme suyu tüketimleri dikkate alınmalıdır. İşletme haftada 6 gün çalıştığı için haftada 6 günlük içme suyu dikkate alınacaktır. Ayrıca 2020 yılı içerisinde 14 iş günü

[19] Bir önceki faaliyette detaylı hesaplaması gösterildiği için bu formülde yeniden gösterilmeyecektir. Değer Tablo 1'de gözüktüğü gibi alınacaktır.

resmi tatil olduğundan bu günler de çalışma sürelerinden düşülecektir. İçme suyundan kaynaklanan su miktarı şu şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{İçme Suyu Miktarı}_{Laboratuvar} = 4 * \big((52 * 6) - 14\big) * 2{,}5 \ = 2.980\ litre \qquad (3.19)$$

Toplam içme suyu miktarı laboratuvarda işlem gören ürünlere test sayısı su sürücüsü vasıtası ile dağıtılmıştır. Bunun haricinde her bir ürünün kendi testine (hacim ve/veya patlatma) ait su miktarı da kendine yüklenmiştir. Laboratuvar faaliyetinden kaynaklı su ayak izi Ek 3'te verilmiştir.

3.2.4. Kalıphane Faaliyetinden Kaynaklanan Su Ayak İzinin Hesaplanması

İşletme makinelerinde kullandığı kalıpları kendi Kalıphane'sinde üretmektedir. Bu Kalıphane'de bir metal üzerine ilgili kalıp şekli oyularak verilmektedir. Kalıp oyma işlemi esnasında aşırı ısınmayı önlemek amacıyla su ile soğutma yapılmaktadır. Bu sebeple Kalıphane faaliyetlerinden de kaynaklı bir su ayak izi ortaya çıkmaktadır.

Kalıphane'de toplamda 27 personel çalışmaktadır. Bu personelin içme suyu daha önceki personellerin içme suyu kullanımı ile aynı mantıkla hesaplanmıştır ve toplamda 6.705 litredir. Kalıphane'de çalışan işçilerin içme suyu tüketiminin yanı sıra kalıp oyma işlemi esnasında oluşacak ısınmayı önlemek için kullanılan soğutma suyunun toplam su ayak izi de hesaplanmalıdır. Makinenin içerisinde kapalı devre soğutma sistemi mevcuttur ve bu su yılda 2 kez değiştirilmektedir. Makine tek seferde 700 litre su almaktadır. Dolayısıyla 2020 yılı için tüketilen toplam su 1400 litredir.

Kalıphane'de her bir kalıbın üretilme süresi birbirinden farklıdır. Toplamda tüketilen bu 8.105 litre suyu her bir ürünün kalıbına dağıtmak için kullanılacak su sürücüsü bu sebeple makine saattir. Kalıphane faaliyetinde toplam 18.847 makine saat çalışılmıştır. Ortak kalıp kullanan ürünlerde ise önce makine saat ile ilgili ürün grubuna düşen su miktarı hesaplanmış ardından aynı kalıptan faydalanan ürün üretilen ürün sayısına oranlanarak dağıtım yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Ek 4'de verilmiştir.

3.2.5. Yemekhane Faaliyetinden Kaynaklı Su Ayak İzi

Yemekhanede toplamda vardiya başına iki kişi çalışmaktadır. Yani bir günde toplam altı kişi çalışmaktadır. Bu altı kişinin toplam günlük su ihtiyacı diğer faaliyetlerde olduğu gibi hesaplanmış ve Tablo 1'de gösterildiği gibi 4.470 litre olarak bulunmuştur.

Yemekhane ayrıca bir yılda 5.320[20] litre mavi su tüketmektedir. Bunların haricinde bir kişinin günlük yemekten kaynaklı su ayak izi 3.785,41178 litredir (Richards, 2014). Tüm fabrikadaki toplam işçi sayısı, çalışılan gün ve bir günlük yemeğin su ayak izi çarpılarak yukarıda verilen diğer su miktarları ile toplanmıştır.

$$Yemek\ Kaynaklı\ Su\ Tüketimi = 3.785{,}41178 \frac{litre}{kişi,gün} \times 298\ gün \times 85\ kişi = 95.884.480{,}39\ litre \quad (3.20)$$

$$WFA_{Yemekhane\ Faaliyeti} = (4.470 + 5.320 + 95.884.480{,}39) litre = 95.894.270{,}39\ litre \quad (3.21)$$

Yemekhane faaliyeti kişi sayısı ile doğru orantılı olduğundan bu faaliyet için işçi sayısı su sürücüsü olarak seçilmiştir. Ve işçi başına düşen su şu şekilde hesaplanmıştır.

$$WFA_{Yemekhane\ Faaliyeti,İşçi} = \frac{95.894.270{,}39\ litre}{85\ kişi} = 1.128.167{,}887\ \frac{litre}{kişi} \quad (3.22)$$

3.2.6. Depolama Faaliyetinden Kaynaklı Su Ayak İzi

Depolama faaliyetinde çalışan toplam 12 işçinin 1 yıllık içme suyu tüketimleri daha önceki faaliyetlerde olduğu gibi hesaplanmış ve 8.940 litre elde edilmiştir. Depolama faaliyeti ürünün kapladığı alan ile doğru orantılı olduğu için ve bir litre bir desimetreküpe eşit olduğu için, bu faaliyetin su sürücüsü olarak desimetreküp kullanılmıştır. Bunun için ilgili üründen üretilen adet ilgili ürünün hacmi ile çarpılmıştır. Bu faaliyette sadece içme suyu olacağı için WD = WFA olacaktır. Su ayak izi sonuçları Ek 5'te gösterilmiştir.

3.3. Su Ayak İzinin Hesaplanması

Bir önceki kısımda faaliyetler kapsamında hesaplanan su ayak izleri, bu kısımda birim bazında, parti bazında, ürün bazında ve tesis bazında hesaplanarak gösterilecektir. Su ayak izi hesaplanırken mavi, yeşil ve gri su ayak izi dikkate alınacaktır. Bu işletmede yapılan analizler sonucunda atık su raporunda herhangi bir yasal sınırın üzerine çıkan bir değer olmadığı için, gri su sıfır olarak kabul edilmiştir. Yeşil su ise şayet kullanılan elektriğin su ayak izinde yeşil su mevcut ise ortaya çıkacaktır. Bu sebeple su ayak izinin büyük çoğunluğu mavi su olacaktır. Ayrıca işletmenin hammadde olarak kullandığı ürünlerin çevresel ürün beyanlarından yola çıkarak bu hammaddelerin gri su ayak izleri hesaplanacaktır.

[20] Bu veri işletme tarafından direkt olarak paylaşılmıştır.

3.3.1. Birim Düzeyinde Su Ayak İzi

Bir ürünün birim bazında su ayak izini hesaplayabilmek için, o ürünün ürün ağacındaki tüm hammaddelerinin su ayak izlerini ve ürün reçetesinde varsa direkt ilk madde olarak kullanılan suyu dikkate almak gerekmektedir. Ambalaj A.Ş.'nin ürettiği ürünlerde direkt ilk madde olarak su kullanılmamaktadır. Bu sebeple ürün reçetesinde yer alan HDPE, Polipropilen, Polikarbonat ve PET direkt ilk maddelerinin su ayak izine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu verileri elde etmek için eğer varsa direkt olarak işletmenin tedarikçisinin çevresel ürün beyanı, yoksa mevcut olan çevresel ürün beyanlarından bir ortalama değer hesaplanır. Bu işletme özelinde nihai ürün olarak Ambalaj A.Ş.'nin girdisi olan HDPE, Polipropilen, Polikarbonat ve PET ürünlerini nihai ürün olarak sunan bir işletmenin çevresel ürün beyanına ulaşılamamıştır.[21]

Bu sistem üzerinden tarama yapıldığında nihai ürün olarak HDPE, Polipropilen, Polikarbonat ve PET sunan bir çevresel ürün beyanı bulunamamıştır. Bu gibi durumlar ile karşılaşıldığında mevcut çevresel ürün beyanları (ÇÜB) arasından mümkünse sadece ilgili ürünü hammadde olarak kullanan bir işletmenin ÇÜB'ü bulunmalıdır ve ilgili raporda girdi olarak verilen su ayak izi değeri bulunup seçilmelidir. İşletmede üretilen ürünlerin hammaddeleri için çevresel ürün beyanlarından bulunan su ayak izleri Tablo 3'de verilmiştir.

[21] Çevresel ürün beyanlarına toplu bir şekilde uluslararası çevresel ürün beyanı sistemi kütüphanesinden ulaşılabilir (https://www.environdec.com/library).

Tablo 3

Hammaddelerin 1kg Başına Düşen Mavi ve Gri Su Ayak İzleri

Hammadde	Çevresel Ürün Beyanı Rapor Sahibi	Mavi Su Ayak İzi (litre/kg)	Gri Su Ayak İzi
HDPE	Tensar International Limited	1.628	4.519.139,42
Polipropilen[22]	Polipropilen Elyaf San. Ve Dış Tic. A.Ş.(Polyfibers®)	1.870	0
Polikarbonat	NUDEC, S. A.	2.629.400	0
PET	NUDEC, S. A.	2.000.700	0

Kaynak: NUDEC S. A., 2022a, 2022b; Polipropilen Elyaf San. Ve Dış Tic. A.Ş.(Polyfibers®), 2022; Tensar International Limited, 2021'den faydalanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.3.1.1. Birim Bazda Mavi Su Ayak İzi Hesaplanması

Birim bazda su ayak izi hesaplaması için hem hammaddeden kaynaklı, hem de işletme içi süreçlerden kaynaklı mavi su ayak izi değerleri belirlenmelidir. Hammadde kaynaklı olanlar ürün hammadde ağırlığı yardımıyla, işletme içi süreçlerde ise ilgili faaliyetlerin faaliyet sürücüleri yardımıyla birimlere dağıtılıp Ek 6'da gösterilmiştir.

3.3.1.2. Birim Bazda Yeşil Su Ayak İzi Hesaplanması

Bir ürün için yeşil su ayak izi hesaplanabilmesi için ya ürünün hammaddesinde yeşil su ayak izi olması gerekmekte ya da işletme içi süreçlerde yağmur suyu kullanılması gerekmektedir. Bu işletmede üretilen ürünlerin hammaddelerinde yeşil su ayak izi bulunmamakta ve işletme içi üretim süreçlerinde ise yağmur suyu kullanılmamaktadır. İşletmede soğutma suyunu soğutmak için kullanılan elektrikte bir yeşil su ayak izi söz konusu olabilir (Mekonnen et al., 2015). Mekonnen'e elektronik posta yoluyla elektriğin

[22] Ne son ürün olarak, ne de tek hammadde olarak polipropilen'in olduğu bir çevresel ürün beyanı bulunamamıştır. Bu sebeple aynı şirketin birden çok ürünü için hazırladığı ÇÜB'ler incelenmiştir. En az %97'lik bir oran ile en yüksek polipropilen içeren ürün olan Polymono® /Polyfibril® 'in ÇÜB'ündeki değerler dikkate alınmış ve oranlanmıştır.

mavi ve yeşil su ayak izi oranlarına nasıl bölünebileceği sorulduğunda yeşil su ayak izinin sadece odun yakıtı sebebiyle ortaya çıktığını ve bu odunun sadece ısı kaynağı oluşturmak sebebiyle kullanıldığını elektrik için tüm su ayak izinin mavi olarak değerlendirilebileceği bilgisi alınmıştır. Bu sebeple bu işletmede yeşil su ayak izi saptanmamıştır.

3.3.1.3. Birim Bazda Gri Su Ayak İzi Hesaplanması

Birim bazda gri su ayak izinin hesaplanabilmesi için daha önce de bahsedildiği gibi ürünlerin hammaddesini oluşturan HDPE, Polipropilen, Polikarbonat ve PET'in çevresel ürün beyanlarındaki değerlerden yola çıkarak bir gri su ayak izi hesaplanmalıdır. Su Ayak İzi Topluluğunun yaklaşımına göre 2.2.2.1 başlığında bahsi geçen formül yardımıyla hesaplanabileceği gibi, kirleticinin atık suyun içinde bulunması durumunda aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanması öngörülmüştür (Hoekstra vd., 2011).

$$WF_{grey} = \frac{Efl \times (C_{efl} - C_{nat})}{(C_{max} - C_{nat})} \quad (3.23)$$

Bu hesaplamanın gerçekleştirilebilmesi için atık su çıkış hacmi (Effl), atık sudaki kirletici konsantrasyonu (C_{effl}), kabul edilebilir maksimum konsantrasyon (C_{max}) ve alıcı ortamdaki doğal konsantrasyon (C_{nat}) değerleri bilinmelidir.

3.3.1.3.1. HDPE gri su ayak izinin hesaplanması. High Density Polyetylene (HDPE) için gri su ayak izinin hesaplanması için bu ürünün çevresel etkiye sebep olabilecek kirleticileri çevresel ürün beyanından yola çıkılarak tespit edilmelidir. Bunlar 1,4 dichlor-benzene (DB), kükürt dioksit (SO_2), hidrojen iyonu (H^+), fosfat (PO_4) ve azot'tur (N). 1,4 dichlor-benzene temiz suyun ve deniz suyunun eko zehirliliğine yol açarken, kükürt dioksit (SO_2) ve hidrojen iyonları (H^+) toprak ve suyun asitlenmesi yol açmaktadır. Fosfat (PO_4) ve azot(N) ise temiz suyun ve deniz suyunun ötrofikasyonuna yol açmaktadır. Ötrofikasyon, doğal su havzalarında bulunan besin değerlerin artması sonucu ile yosun gibi su bitkilerinde meydana gelen artış ve bu sebeple sudaki oksijen oranının azalması ile sudaki diğer canlıların ölmesi durumudur (Cambridge Dictionary, b.t).

Sırasıyla bu kirleticiler için gri su ayak izi hesaplanmalıdır. Öncelikle 1,4 dichlor-benzene (DB) için çıkış hacmi (Effl), atık sudaki kirletici konsantrasyonu (C_{effl}), kabul edilebilir maksimum konsantrasyon (C_{max}) ve alıcı ortamdaki doğal konsantrasyon(C_{nat}) değerleri

bilinmelidir. Atık su çıkış hacmi (Effl) bu ürünün çevresel ürün beyanı raporundan elde edilmiştir ve 1.628,055 litredir. Atık sudaki kirletici konsantrasyonu (C_{effl}) yine aynı rapordan elde edilmiş ve litre başına 0,01165862 kg'dır (Tensar International Limited, 2021).

Kabul edilebilir maksimum konsantrasyon(C_{max}) ve alıcı ortamdaki doğal konsantrasyon (C_{nat}) değerleri için ise yasal sınır değerler olmadığı için Oğuz'un (2015) yaptığı çalışmadaki değerler kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre alıcı ortamdaki doğal konsantrasyon (C_{nat}) 300 µg/l, kabul edilebilir maksimum konsantrasyon ise (C_{max}) 4500 µg/l'dir. Bu veriler ışığında 1,4 dichlor-benzene için gri su ayak izi şu şekilde hesaplanmıştır.

$$WF_{grey} = \frac{1.628{,}055l \times ((0{,}01165862\ kg/l \times 1.000.000.000)) - 300\ \mu g/l)}{(4500\ \frac{\mu g}{l} - 300\ \frac{\mu g}{l})} = 4.519.139{,}42\ l \qquad (3.24)$$

Hesaplanan bu değer 1 kg HDPE içindir ve birim bazda ürünlere dağıtılması için her bir ürünün HDPE miktarı ile oranlanmalıdır. Tek kirletici 1,4 dichlor-benzene değildir. Kükürt dioksit (SO_4) ve Hidrojen iyonları gaz formunda olduğu için ve genellikle yağmur yoluyla toprak ve suya karışması sebebiyle bu iki kirletici için bir gri su ayak izi hesaplama yöntemi bilinmemektedir. Bu iki değer suyun pH değerini etkileyeceği için yoğunluğu kadar beraberinde yağan yağmur miktarı ve düştüğü alandaki su miktarı ile toprak alanı da dikkate alınmalıdır.

Fosfat, fosforun atıksularda bulunan çeşididir (Bartın Üniversitesi, n.d.). Bu sebeple sınır değerlere bakılırken fosfor üzerinden bakılmalıdır. Fosforun içme suyundaki kabul edilebilir sınır değerleri Türk Standartları Enstitüsü ve EC Avrupa birliği standartlarında aynıdır ve 0,4-5,0 mg/l'dir. Tensar International Limited'in (2021) çevresel ürün beyanında verilen değer mg/l cinsinden hesaplandığında 0,0127 mg/l olarak bulunur. Bu değer sınır değerin altında olduğu için gri su ayak izi hesaplamasına gerek yoktur.

Son olarak azot (N) kirleticisine bakıldığında, yüksek kalitede suda bulunabilecek nitrat azotu 5mg/l'dir (Akkurt vd., 2002). Çevresel ürün beyanında azot için verilen değere bakıldığında ve mg/l değerine dönüştürüldüğünde 0,4576 mg/l değeri elde edilir. Bu değer maksimum değerin altında olduğu için gri su ayak izi hesaplanmasına gerek yoktur. Sonuç olarak birim bazda su ayak izi hesaplanmış ve Ek 6'da gösterilmiştir.

3.3.1.3.2 Polipropilen gri su ayak izinin hesaplanması. Polipropilen kaynaklı gri su ayak izinin hesaplanması için bu ürünün çevresel etkiye sebep olabilecek kirleticileri çevresel ürün beyanından yola çıkılarak tespit edilmelidir. Polipropilen Elyaf San. Ve Dış Tic. A.Ş.(Polyfibers®)'nin (2022) çevresel ürün beyanına göre polipropilen hammaddesi sebebiyle oluşan kirleticiler fosfor ve azottur. HDPE örneğindeki gibi fosfor sınır değerleri 0,4-5,0 mg/l arasındadır. İlgili beyandaki hesaplamalara göre polipropilen kaynaklı fosfat kirletici yükü 0,6326 mg/l'dir. Bu değer sınır değerlerin altında olduğu için gri su ayak izi hesaplamasına ihtiyaç yoktur.

Çevresel ürün beyanındaki azot değerine bakıldığında ve mg/l değerine çevrildiğinde 1,19 mg/l elde edilir. Bu değer yine yasal sınır olan 5 mg/l ile karşılaştırıldığına bu değerin altında olduğu gözlemlenir ve dolayısıyla herhangi bir gri su ayak izi hesaplamasına ihtiyaç yoktur.

3.3.1.3.3. Polikarbonat Gri Su Ayak İzinin Hesaplanması. NUDEC'in (2022) çevresel ürün beyanı referans alındığında polikarbonat için herhangi bir kirletici değer bulunamamıştır. Bu sebeple polikarbonat için bir gri su ayak izi hesaplaması yapılmasına ihtiyaç yoktur.

3.3.1.3.4. PET Gri Su Ayak İzinin Hesaplanması. NUDEC'in (2022b) çevresel ürün beyanı referans alındığında PET için herhangi bir kirletici değer bulunamamıştır. Bu sebeple PET için bir gri su ayak izi hesaplaması yapılmasına gerek yoktur.

3.3.2. Parti Düzeyinde Su Ayak İzinin Hesaplanması

Parti düzeyinde su ayak izi hesaplanırken işletmede parti bazında yapılan tüm faaliyetler dikkate alınır. Ambalaj A.Ş.'de parti bazında sadece laboratuvar faaliyeti bulunmaktadır. Bu faaliyetten kaynaklı su ayak izi Ek 3'de gösterilmiştir. Birim baza indirilebilmesi için ürün başına düşen toplam su ayak izi o dönem üretilen birim sayısına bölünmüştür. Parti bazında yapılan bu işlemden kaynaklanan su ayak izi birim bazına indirgenmiş hali Ek 3'ün son sütununda gösterilmiştir.

3.3.3. Ürün Düzeyinde Su Ayak İzinin Hesaplanması

Ambalaj A.Ş.'de yapılan faaliyetler incelendiğinde ürün düzeyinde Kalıphane faaliyetinin olduğu görülmektedir. Bu faaliyet kapsamında hesaplanan su ayak izi Ek 4'de

gösterilmiştir. Kalıphane'de üretilen kalıpların su ayak izi normal şartlar altında ilgili kalıbın baskı sayısına bölünerek birim düzeyine indirilebilir. Fakat Ambalaj A.Ş. bir kalıptan ortalama kaç adet üretilebileceğine dair bir veri sunamadığı için bu durum çalışma için bir kısıt oluşturmuştur. Bu sebeple ilgili kalıbın su ayak izi ilgili yılda üretilen ürün adedine bölünerek birim düzeyine indirgenmeye çalışılmıştır. İndirgenmiş değerler Ek 4'ün son sütununda gösterilmiştir.

3.3.4. Tesis Düzeyinde Su Ayak İzinin Hesaplanması

Yemekhane ve Depolama faaliyetleri tesis düzeyinde su ayak izine sebep olan faaliyetler olarak belirlenmiştir. Depolama faaliyetinden kaynaklanan toplam 8940 litrelik su ayak izi hem parti seviyesinde hem de birim seviyesinde Ek 5'te gösterilmiştir. Depolama faaliyetinin su ayak izinin birim seviyesine indirgenmesi için ürünlerin dm^3 cinsinden kapladıkları alan dikkate alınarak dağıtım yapılmıştır.

Tesis seviyesinde yemekhane faaliyetinin toplam su ayak izi 95.894.270,39 litre; işçi başına düşen yıllık su ayak izinin 1.128.167,887 litre olduğu 3.2.1.5. yemekhane faaliyeti başlığında hesaplanmıştı. Tesis seviyesinde yapılan faaliyetlerin toplam su ayak izi ise yemekhane ve depolama faaliyetlerinin su ayak izlerinin toplanması ile bulunur. Bu da toplamda 1.137.107,887 litrelik bir su ayak izi yapmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesi yönteminin uygulanmasının sonucunda bu yaklaşımın su ayak izi muhasebesinde önemli veriler ortaya koyduğu gösterilmiştir. Faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesi ile hem işletme yöneticileri, hem işletmenin müşterileri, hem de müşterilerin müşterileri olan nihai tüketiciler için karar alma süreçlerine etki edecek veriler üretilmiştir.

Ercin ve diğerleri (2011) şeker içeren gazlı hipotetik bir içecek için su ayak izi hesaplaması yapmıştır. Bu hesaplama esnasında gazlı içeceğin içerisinde bulunduğu 0,5 litrelik bir PET şişenin de su ayak izi hesaplanmıştır. Yapılan bu hesaplamaya göre 0,5 litrelik bir PET şişenin su ayak izi 6,58 litredir. Fakat bu çalışmada kullanılan yönteme göre hesaplandığında bir adet 0,5 litre pet şişenin ortalama su ayak izi yaklaşık olarak 44.000 litredir. Bu su ayak izinin çok büyük bir kısmı hammadde kaynaklıdır. Oysa Ercin ve diğerlerinin yaptığı çalışmada su ayak izinin büyük kısmını üretim süreci oluşturmaktadır. Aradaki bu farkın sebebi, PET şişe hammaddesinin su ayak izi hesaplanırken kullanılan verinin kaynağıdır. Bu çalışmada modern yöntemler kullanılarak hesaplanan ve uzman kişiler tarafından oluşturulan çevresel ürün beyanları esas alınmıştır. Oysa ki Ercin ve diğerlerinin çalışmasında 1990 yılında yayınlanan Van der Leeden ve diğerlerinin su ansiklopedisindeki verileri baz alınmıştır.

Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında birim bazda en küçük su ayak izine sahip ürünlerin Polipropilen hammaddesinden üretildiği görülmektedir. Birim bazda en büyük su ayak izine sahip ürünlerin ise polikarbonattan üretildiği görülmektedir. Polikarbonattan üretilen ürünler genellikle damacanadır ve hacmi büyüktür. Bu sebeple birim seviyesinde bakıldığında daha büyük bir su ayak izi olması karşılaştırılabilirlik açısından çok verimli bir gösterge değildir.

Genellikle daha büyük hacimli ürünlerin hacim birimi seviyesine indirildiğinde daha düşük bir maliyet oluşturduğu nihai tüketici tarafından bilinmektedir. Örneğin market alışverişinde küçük ambalajlarda olan çamaşır suyu 750 ml'lik bir şişede satıldığında litre fiyatı 34,65 ₺ iken, 3 kg pakette satılan 2750 ml'lik bir şişede litre fiyatı 15,63 ₺'ye gelmektedir (Getir.com, 2023b, 2023a). Daha büyük ambalajlarda hacim birime düşen payın azaldığı bilindiği için su ayak izi karşılaştırmasını üretim birimi seviyesinden değil

hacim birimi seviyesinden yapmak karşılaştırılabilirliği arttırmaya yardımcı olacaktır. Bu sebeple tüm ürünler litre seviyesine oranlanmıştır. Bu şekilde 1 litrelik hacim bazında üretilen ürünler incelendiğinde yine polipropilenden üretilen ürünlerin en küçük su ayak izine sahip olduğu görülmektedir. Fakat en yüksek su ayak izine sahip olan ürünler 1 litre bazında incelendiğinde polikarbonattan üretilen damacanalar değil HDPE den üretilmiş ürünlerdir.

Çalışmanın sonuçları faaliyetler açısından değerlendirildiğinde ise etiket giydirme faaliyetinin su ayak izini yükselttiği görülmüştür. Burada etiket giydirme faaliyeti her ne kadar görsel olarak fark yaratsa da, tüketicinin bakış açısıyla etiket giydirilmiş ürün ile yapıştırma etiket yapılmış ürün arasındaki farkın ortaya çıkan su ayak izine oranla anlamlı olup olmadığı pazarlama uzmanları tarafından araştırılmalıdır.

Laboratuvar faaliyetine bakıldığında ortak kalıptan çıkan ürünler için toplama oranla daha küçük bir su ayak izinin ortaya çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla tasarım olarak çok farklılaşmadan şişelerin standart kalıptan çıkması laboratuvar faaliyetinin su ayak izini küçültecektir. Benzer şekilde Kalıphane faaliyetine bakıldığında ortak kalıptan üretilen ürünler için kalıpların faydalı ömrü sonuna kadar kullanılacak, farklı tasarımlardan sebep üretilecek kalıp sayısı azalacaktır. Bunun yanı sıra farklı tasarıma sahip olan kalıpların faydalı ömürleri sonuna kadar kullanılmama ihtimali daha yüksektir. Bu da bir kalıptan alınabilecek maksimum verimin alınamaması anlamına gelmektedir. Tüm bu etmenler su ayak izini yükseltmektedir.

Ambalaj A.Ş. ürettiği ürünlerde hammadde olarak Polipropilen, High-Density Polietilen, Polikarbonat ve PET kullanmaktadır. Bahsi geçen bu ürünler incelendiğinde su ayak izi en büyük olan hammaddenin High-Density Polietilen (HDPE) olduğu görülmektedir. Ayrıca bu hammaddenin bahsi geçen hammaddeler arasında gri su ayak izine sahip tek hammadde olduğu da bilinmektedir. HDPE'yi polikarbonat ve PET izlemektedir. Önemli ölçüde bir farkla en düşük su ayak izine sahip hammadde polipropilendir. Ambalaj A.Ş.'de üretilen polipropilen ürünler incelendiğinde hepsi düşük hacimli olmalarına rağmen (100ml-150 ml) litre birimi seviyesinde hala en küçük su ayak izine sahip olmayı başarmışlardır. Dolayısıyla üretilen ürünlerde olabildiğince polipropilene yönelmek su ayak izini küçültmek açısından daha uygun gözükmektedir.

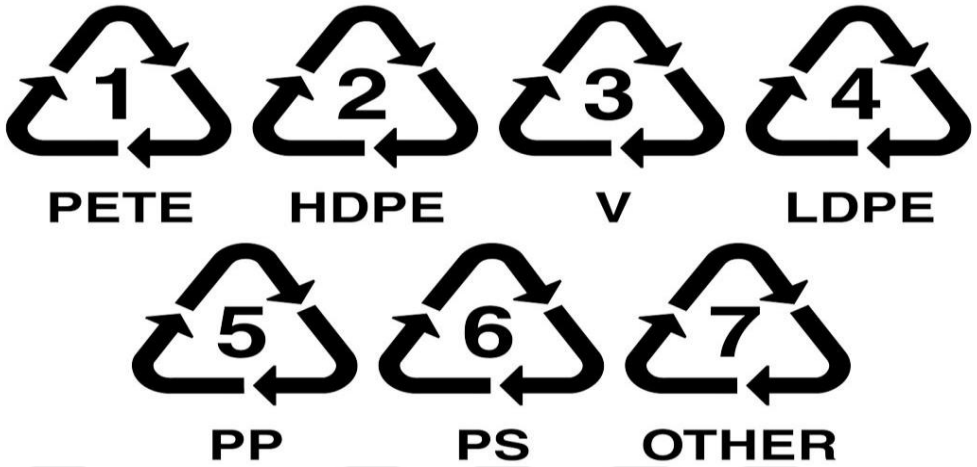
Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında nihai tüketiciler, Ambalaj A.Ş. ve benzer sektördeki işletmeler ve onların müşterileri için çeşitli önerilerde bulunulabilir. Fakat bu önerilerde bulunulurken sadece su ayak izi faktörünün göz önünde bulundurulduğu bilinmelidir. Çünkü ilgili hammaddelerden kaynaklı malzeme mühendisliği konuları, sağlık açısından olumlu/olumsuz etkiler, karbon ayak izi gibi diğer çevresel etkiler, maliyet vb. faktörler dikkate alınmamıştır.

Nihai tüketiciler için öneriler: Nihai tüketici açısından aslında yapılan her alışverişin bir yatırım kararı olduğu ve satın alınan her ürün ile o ürünü satanın ve üretenin finanse edildiği gerçeği göz ardı edilmemelidir. Bu sebeple nihai tüketici seçimlerini çevreye duyarlı ürünlerden yana yaptığı takdirde bu konuları dikkate alacak işletme sayısı artacak ve zincirleme bir etki yaratılmış olacaktır. Her ne kadar yasal yaptırım ve teşvikler işletmeler için bu konuda özendirici bir rol oynasa da, işletmelerin nihai amacının kâr maksimizasyonu olduğu bilinmektedir. Bu sebeple tüketiciyi kendi ürünlerine çekmek ve satın almasını sağlamak en birincil amaçlarındandır. Tüketici, tercihlerinde çevresel etkisi en küçük olan ürünleri tercih ettiğinde, üreticiler de bu yöne doğru yönlendirilecektir. Tüketicinin yaratacağı etki kanun koyucularınkinden daha büyük olacaktır.

Bu sebeple nihai tüketici alışverişinde aynı ürünün farklı ambalajlarını gördüğünde öncelikle ürünün ambalajının hangi hammaddeden üretildiğine bakmalıdır. Çalışmanın sonuçlarından da anlaşılacağı üzere ilk tercihi polipropilen olmalıdır. Nihai tüketici alışveriş esnasında bu ayrımı yapabilmesi için Şekil 6'da mevcut plastik ambalajların üzerinde karşılaşılabilecek numaralar gösterilmiştir. Okların içerisinde yer alan beş numara ve altında yazan PP yazısı polipropilen'i ifade etmektedir. Dolayısıyla nihai tüketici öncelikle bu numaralı ürüne yönelmelidir. Eğer istediği ürünün ambalaj seçenekleri arasında polipropilenden üretilmiş olanı yoksa sırasıyla PET (1 numara) ve polikarbonat (7 numara) tercih etmelidir. Mümkün olduğu durumlarda HDPE (2 numara) tercih edilmemelidir.

Şekil 6

Ambalajlardaki Numaralar ve Anlamları



Kaynak: Bakırcı (2019)

Nihai tüketicinin alışveriş yaparken dikkat etmesi gereken bir diğer husus ise etiket giydirme işleminden geçen ürünleri tercih etmemektir. Etiket giydirme faaliyeti ilave ve su yoğun bir işlem olması sebebiyle aynı faydayı sağlayacak ürünler arasında, etiket giydirilmiş ambalaja sahip olan ürünler tercih edilmemelidir. Ayrıca mümkün olduğunca büyük hacimli ürünleri tercih etmek de yine tüketimde son kullanma tarihi açısından sorun yaratmayacak ürünler için önemli bir noktadır.

Son olarak nihai tüketici satın alacağı ürünün kendisine sağlayacağı faydayı göz önünde bulundurmalıdır, satın aldığı ambalajın görselliği önemsenmemelidir. Mümkün olduğunca en basit ve standart tasarıma sahip olan ambalajlı ürünler nihai tüketicinin ilk tercihi olmalıdır.

Ambalaj A.Ş. ve benzer sektördeki işletmeler için öneriler: Ambalaj A.Ş. soğutma suyu için kapalı devre soğutma sistemine geçerek su ayak izini küçültme konusunda büyük bir adım atmıştır. Kapalı devre soğutma suyu kullanımı hem mavi hem de gri su ayak izini küçülten bir unsurdur. Kapalı devre soğutma suyu ile ilgili Ambalaj A.Ş.'ye yapılabilecek en önemli öneri yıllık soğutma suyu değişiminde ortaya çıkan atık suya bir kirlilik analizinin yaptırılması olacaktır. Bu analiz sonucunda işletme herhangi bir gri su ayak izinin oluşup oluşmadığını görebilecek ve şayet oluşan bir gri su ayak izi var ise bu konu ile ilgili önlemler alabilecektir.

Ambalaj A.Ş. etiket giydirme faaliyeti için yarı otomatik bir sistem kullanmaktadır. Etiket giydirme faaliyeti için bir çalışan etiketleri şişelere giydirdikten sonra üretim bandına koymaktadır. Bu işlem esnasında müşteri açısından değer katmayan bir faaliyet meydana gelmektedir. Bu işlem bir işçi tarafından yapıldığı için bir su ayak izi ortaya çıkmaktadır. Oysa bu işlem makine tarafından otomatik yapılmış olsaydı işçi kaynaklı bir su ayak izi ortaya çıkmayacaktı. Ayrıca işçinin hızının makine hızına olan uyumsuzluğundan kaynaklı olarak bir atıl kapasite ortaya çıkmaktadır, yine makine tam otomatik bir makine olsa idi herhangi bir atıl kapasiteden kaynaklı su ayak izi de ortaya çıkmış olmayacaktı.

Ambalaj A.Ş. ve benzer sektörlerdeki işletmelerin müşterilerini belirli konularda yönlendirmeleri gerekmektedir. Öncelikle ürün ambalaj tasarımları yapılırken olabildiğince sade ve basit tasarımlar yapılmalı ve birçok farklı ürün için aynı ambalaj tasarımı kullanılmalıdır. Bu konuda farklı markalar bir araya gelerek ortak bir tasarım kullanma yönünde anlaşmaya varabilir. Bu durum su ayak izini küçültmenin yanı sıra tasarım ve kalıp maliyetlerinde de düşüş sağlamış olur. Ayrıca etiket giydirilmiş ürün tasarımından vazgeçilmelidir. Etiket giydirme ilave ve su yoğun bir faaliyet olması sebebiyle etiket giydirilmiş ürün tasarımları kullanılmamalıdır. Faaliyetin kendisinden kaynaklı su ayak izinin büyüklüğünün yanı sıra etiket giydirme için daha büyük bir etikete ihtiyaç duyulması sebebiyle hammadde kaynaklı su ayak izinde de yine bir artışa sebep olmaktadır. Yine bu faaliyeti gerektirecek tasarımdan vazgeçilmesi durumunda sadece su ayak izinde bir küçülmeye sebep olması değil aynı zamanda da maliyetlerde de bir düşüş meydana gelmesi muhtemeldir.

Ambalaj A.Ş.'nin müşterileri için öneriler: İşletmeler ürün ambalajlarını tasarlarken çoğu zaman kendilerine has ve müşteri gözünde fark edilebilir tasarımları tercih etme eğiliminde bulunabilmektedirler. Fakat bu durum her farklı ürün için ayrı bir kalıp üretimine sebep olmaktadır. Ayrıca özel tasarım olarak adlandırılan bu ambalajlar genelde o günün modasına göre tasarlandığı için kısa süre içerisinde çekiciliğini kaybetmekte ve işletmeler yeni bir tasarıma ihtiyaç duymaktadır. Her yeni bir tasarım yeni bir kalıp üretimi anlamına gelmektedir. Muhtemeldir ki bir önceki kalıplar faydalı ömürlerini tamamlamadan yeni tasarıma uygun kalıplar üretilip bunlar kullanılmaktadır.

İşletmeler sade ve yalın tasarımlar kullanırlar ise, bu tasarımların demode olma ihtimali minimum seviyeye iner ve kalıplar faydalı ömürlerinin sonuna kadar kullanılabilir.

Ayrıca aynı marka altındaki aynı hacimdeki ürünler ve farklı markalar altındaki aynı hacimdeki ürünler için aynı tasarımın kullanılması ve dolayısıyla kalıpların ortak kullanılması yine hem su ayak izini hem de maliyetleri düşürecektir. Ortak kalıp kullanmak sadece kalıp üretiminden kaynaklı değil aynı zamanda laboratuvar faaliyetinden kaynaklı su ayak izini de küçültecek bir unsurdur. Ortak kalıp olması sebebiyle yapılacak test sayısı düşecek ve bu durum doğrudan su ayak izini etkileyecektir.

Ürün tasarımının etkileyeceği bir diğer unsur ise etiket giydirme faaliyetidir. İşletmeler ürünlerinin ambalajını giydirilmiş bir etiket ile tasarladıkları durumda, üretilen ambalaj ürünleri ayrıca etiket giydirme makinesinden geçmektedir. Etiket giydirme makinesinde gerçekleşen etiket giydirme faaliyeti su yoğun bir faaliyettir. İşletmeler ürün ambalaj tasarımını yaparken giydirme etiket yerine yapıştırma etiketli tasarım yaptıkları takdirde etiket giydirme faaliyeti söz konusu olmayacağı için bu faaliyetten kaynaklı bir su ayak izi ortaya çıkmayacaktır.

Yine ürünün ambalaj tasarımı aşamasında önemli bir konu olan ambalajın hangi hammaddeden üretileceği su ayak izine ciddi bir etki yaratmaktadır. Yapılan çevresel ürün beyanları incelemesi sonucunda en küçük su ayak izine sahip ürünün polipropilen olduğu görülmüştür. Ürün tasarımı aşamasında üretilecek ambalajların polipropilenden üretilmesi önceliklendirilmelidir. Eymen Petrokimya (2020) polipropilenin yüksek dayanıklılığa sahip bir malzeme olduğunu öne sürmüştür. Ayrıca Bakırcı (2019) plastikten üretilen ambalaj malzemeleri arasında sağlık açısından en sakıncasız olanın polipropilenden üretilenler olduğunu ifade etmiştir. Bu bilgiler de göz önüne alındığında ambalaj ürün tasarımı yapılırken polipropilenin önceliklendirilmesi önem taşımaktadır.

Gelecek çalışmalar için öneriler: Sürdürülebilirlik ve kaynakların etkin kullanımı her geçen gün önem kazanmaktadır. Dünya üzerinde birçok farklı kurum çevreyi korumak, küresel ısınmayı yavaşlatmak ve hatta tersine çevirmek ve sürdürülebilir bir gelecek için önemli hedefler koymuştur. Bu hedeflere ulaşma konusunda her bir birey, işletme, kurum ve kuruluş üzerine düşeni yapmalıdır. Tüm krizlerin yönetiminde en önemli kaynak veridir. Bu sebeple elde edilen verilerin karşılaştırılabilir ve kolay elde edilebilir olması gerekmektedir.

Su ayak izi hesaplaması için literatürde birden fazla yöntem vardır. Her bir yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Önemli olan olabildiğince çok ürün ve

hizmet için karşılaştırılabilir bir su ayak izi veri tabanı oluşturmaktır. Hoekstra ve van Heek (2017) bu konuda su ayak izi ürün galerisi çalışmaları ile ilk adımı atmışlardır. Fakat kullandıkları yöntemin eksiklikleri sebebiyle karşılaştırılabilirliği düşüktür. Bu çalışmada önerilmiş olan faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesi her tür işletmede kolaylıkla uygulanabilecek ve karşılaştırılabilirliği yüksek bir yöntemdir. Ayrıca işletmelerin büyük bir çoğunluğunda işleyen bir maliyet sistemi hatta işleyen bir faaliyet tabanlı maliyet sistemi olması yöntemin uygulama kolaylığını en yüksek seviyeye taşımaktadır. Bu sebeple gelecek çalışmalar için bu yöntemi kullanarak tüm sektörler için bir su ayak izi çalışması yapılması ve diğer yöntemlerin elde ettiği sonuçlar ile karşılaştırılması önerilmektedir.

Bunun yanı sıra faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesi yaklaşımı, hedef ve kaizen maliyetleme yöntemlerinden esinlenilerek genişletilebilir ve ürün tasarımı aşamasında hedef su ayak izi muhasebesi ile başlanıp, faaliyet tabanlı su ayak izi muhasebesi ile devam eden süreçte kaizen su ayak izi muhasebesi ile sürekli bir su ayak izi küçültme yoluna gidilebilir. Bu şekilde bir uygulamaya literatürde rastlanmamıştır. Bütüncül bir yaklaşım olarak gelecek çalışmalara öneri niteliğindedir.

KAYNAKÇA

Akkurt, F., Alıcılar, A. ve Şendil, O. (2002). Sularda bulunan nitratın adsorpsiyon yoluyla uzaklaştırılması. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, *17*(4), 83–91.

Akram, H., Levia, D. F., Herrick, J. E., Lydiasari, H. ve Schütze, N. (2022). Water requirements for oil palm grown on marginal lands: A simulation approach. *Agricultural Water Management*, *260*, 107292. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107292

Alagöz, A. ve İrdiren, D. (2013). Maliyet muhasebesi bakış açısı ile işletmelerde çevre maliyetleri ve yönetimi. *Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, *13*(26), 424–449.

Algedik, Ö. (2013). *İklim değişikliği eylem planı değerlendirme raporu Temmuz 2013*. Retrieved from www.tuvikder.org

Aliu, A. (2011). Techniques and benefits of environmental management accounting. *The Asian Business and Management Conference Official Conference Proceedings 2011*, 22–37.

Allan, T. (1993). Fortunately there are substitutes for water: otherwise our hydropolitical futures would be impossible. In *Proceedings of the Conference on Priorities for Water Resources Allocation and Management* (pp. 13–26). London: Overseas Development Administration.

Allan, T. (1994). Overall perspectives on countries and regions. In P. Rogers ve P. Lydon (Eds.), *Water in the Arab World: Perspectives and Prognoses* (pp. 65–100). Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Allocca, V., Marzano, E., Tramontano, M. ve Celico, F. (2022). The impact of cattle grazing on recreational ecosystem services in a park area: a gray water footprint assessment. *Journal of Environmental Accounting and Management*, *10*(3), 269–278. https://doi.org/10.5890/JEAM.2022.09.005

Antonelli, M. ve Ruini, L. F. (2015). Business engagement with sustainable water resource management through water footprint accounting: The case of the Barilla Company. *Sustainability (Switzerland)*, *7*(6), 6742–6758. https://doi.org/10.3390/su7066742

Bai, X., Ren, X., Khanna, N. Z., Zhou, N. ve Hu, M. (2018). Comprehensive water footprint assessment of the dairy industry chain based on ISO 14046: A case study in China. *Resources, Conservation and Recycling*, *132*(August 2017), 369–375. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.021

Bakırcı, Ç. M. (2019). Plastik şişelerin ve kavanozların altındaki sayılar ne anlama geliyor?, https://evrimagaci.org/plastik-siselerin-ve-kavanozlarin-altindaki-sayilar-ne-anlama-geliyor-281

Barbera, M. (1994). *Environmental issues: A challenge for management accountants*. Melbourne: Australian Society of Certified Practising Accountants.

Bartın Üniversitesi. (b.t.). Fosfor ve fosfat. Bartın Üniversitesi website: https://cdn.bartin.edu.tr/cevre/d2a58cf6-55c1-42ad-b4dc-e05c5446656e/fosfor-ve-fosfat.docx

Bayart, J. B., Bulle, C., Deschênes, L., Margni, M., Pfister, S., Vince, F. ve Koehler, A. (2010). A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, *15*(5), 439–453. https://doi.org/10.1007/s11367-010-0172-7

Bazrafshan, O., Ramezani Etedali, H., Gerkani Nezhad Moshizi, Z. ve Shamili, M. (2019). Virtual water trade and water footprint accounting of Saffron production in Iran. *Agricultural Water Management*, *213*(November 2018), 368–374. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.034

Bennett, M. ve James, P. (2000). The green bottom Line. In M. Bennett ve P. James (Eds.), *The Green Bottom Line* (pp. 30–60). Sheffield: Greenleaf Publishing Limited.

Berger, M. ve Finkbeiner, M. (2010). Water footprinting: How to address water use in life cycle assessment? *Sustainability*, *2*(4), 919–944. https://doi.org/10.3390/su2040919

Bertan, S. (2009). *Otel işletmelerinde yönetim aracı olarak kurumsal karne*. *4*(16), 2525–2538.

Bigdeli Nalbandan, R., Delavar, M., Abbasi, H. ve Zaghiyan, M. R. (2023). Model-based water footprint accounting framework to evaluate new water management policies. *Journal of Cleaner Production*, *382*, 135220. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135220

Boks, C. ve Stevels, A. (2003). Theory and practice of environmental benchmarking in a major consumer electronics company. *Benchmarking: An International Journal*, *10*(2), 120–135. https://doi.org/10.1108/14635770310469653

Bong, P. X. H., Malek, M. A., Mardi, N. H. ve Hanafiah, M. M. (2020). Cradle-to-gate water-related impacts on production of traditional food products in Malaysia. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(13). https://doi.org/10.3390/su12135274

Bouten, L. ve Hoozée, S. (2013). On the interplay between environmental reporting and management accounting change. *Management Accounting Research*, *24*(4), 333–348. https://doi.org/10.1016/j.mar.2013.06.005

Brueck, H. ve Lammel, J. (2016). Impact of fertilizer N application on the grey water footprint of winter wheat in a NW-European temperate climate. *Water (Switzerland)*, *8*(8), 1–11. https://doi.org/10.3390/w8080356

Burrit, R. L. ve Carter, A. (2014). International corporate sustainability barometer –

Australia. In S. Schaltegger, S. E. Windolph, D. Harms ve J. Hörisch (Eds.), *Corporate Sustainability in International Comparison: State of Practice, Opportunities and Challenges* (pp. 183–198). https://doi.org/10.1007/978-3-319-06227-3

Burrit, R. L., Hahn, T. ve Schaltegger, S. (2004). An integrative framework of environmental management accounting - consolidating the different approaches of ema into a common framework and terminology. In M. Bennett, J. J. Bouma ve T. Wolters (Eds.), *Environmental Management Accounting: Informational and Institutional Developments*. New York: Kluwe Academic Publishers.

Büyükmirza, K. (2017). *Maliyet ve yönetim muhasebesi* (22nd ed.). Ankara: Gazi Kitabevi.

Cambridge Dictionary. (n.d.). eutrophication. In *Cambridge Dictionary*. Retrieved from https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/eutrophication

Carr, L. P. ve Nanni, A. J. (2009). *Delivering results - managing what matters*. New York: Springer.

Chai, M. ve Chen, Y. (2022). Spatio-temporal variations and driving factors of greywater footprint in the Yangtze river economic belt, China. *Polish Journal of Environmental Studies*, *31*(2), 1577–1586. https://doi.org/10.15244/pjoes/143247

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G. ve Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, *60*(1), 186–203. https://doi.org/10.1016/j.eco

Chen, L., Ding, X. ve Wu, X. (2015). Water management tool of ındustrial products: a case study of screen printing fabric and digital printing fabric. *Ecological Indicators*, *58*, 86–94. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.045

Cheng, P. ve Sun, M. (2022). Calculation of seasonal agricultural grey water footprint in monsoon region based on river reference conditions. *Ecological Indicators*, *145*, 109638. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109638

Coşkun, A. ve Karaca, N. (2008). KOBİ'lerde çevresel maliyetlerin sınıflandırılmasına yönelik bir öneri : metal işleme sektöründen bir uygulama. *Ekoloji*, *69*(18), 59–65.

Coyne, K. L. (2006). Sustainability auditing. *Environmental Qua*, *Winter*, 25–41. https://doi.org/10.1002/tqem

Crutzen, N. (2014). The case of Belgium. In S. Schaltegger, S. E. Windolph, D. Harms ve J. Hörisch (Eds.), *Corporate Sustainability in International Comparison: State of Practice, Opportunities and Challenges*. Springer International Publishing.

D'Ambrosio, E., De Girolamo, A. M. ve Rulli, M. C. (2018). Coupling the water footprint accounting of crops and in-stream monitoring activities at the catchment scale. *MethodsX*, *5*(July), 1221–1240. https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.10.003

Deegen, T. (2001). *Ansatzpunkte zur Integration von Umweltaspekten in die "Balanced Scorecard"*.(Yayımlanmamış Lisans Tezi). Lüneburg Üniversitesi

Dourte, D. R., Fraisse, C. W. ve Uryasev, O. (2014). Water footprint on agro climate: A dynamic, web-based tool for comparing agricultural systems. *Agricultural Systems*, *125*, 33–41. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.11.006

Elmacı, O. ve Tutkavul, K. (2015). Sürdürülebilir üstünlük elde edebilme bağlamında çevresel maliyetlerin analizi ve çevresel maliyetlerin raporlanmasında kaynak tabanlı maliyetleme model önerisi. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, *17*(1), 75–110.

Epstein, M. J. (1996). Improving environmental management with full environmental cost accounting. *Environmental Quality Management*, *6*(1), 11–22. https://doi.org/10.1002/tqem.3310060104

Ercin, A. E., Aldaya, M. M. ve Hoekstra, A. Y. (2011). Corporate water footprint accounting and ımpact assessment: the case of the water footprint of a sugar-containing carbonated beverage. *Water Resources Management*, *25*(2), 721–741. https://doi.org/10.1007/s11269-010-9723-8

Ewing, B. R., Hawkins, T. R., Wiedmann, T. O., Galli, A., Ertug Ercin, A., Weinzettel, J. ve Steen-Olsen, K. (2012). Integrating ecological and water footprint accounting in a multi-regional input-output framework. *Ecological Indicators*, *23*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.025

Eymen Petrokimya. (2020). Polipropilen nedir? Polipropilen nerelerde kullanılır? https://www.eymenpetrokimya.com.tr/polipropilen-nedir-polipropilen-nerelerde-kullanilir/

Fan, J. L., Wang, J. Da, Zhang, X., Kong, L. S. ve Song, Q. Y. (2019). Exploring the changes and driving forces of water footprints in China from 2002 to 2012: A perspective of final demand. *Science of the Total Environment*, *650*, 1101–1111. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.426

Fatih Güner, M. (2008). Bir stratejik yönetim modeli olarak Balanced Scorecard. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *10*(1), 247–265.

Figge, F., Hahn, T., Schaltegger, S. ve Wagner, M. (2002). The sustainability balanced scorecard - Linking sustainability management to business strategy. *Business Strategy and the Environment*, *11*(5), 269–284. https://doi.org/10.1002/bse.339

FOCUS. (b.t.). Verheerende Umweltkatastrophe am Aralsee. Retrieved from https://www.focus.de/wissen/videos/verherrende-umweltkatastrophe-am-aralsee-der-ehemals-viertgroesste-see-der-welt-ist-nahezu-ausgetrocknet_id_4173883.html

Fridman, D., Biran, N. ve Kissinger, M. (2021). Beyond blue: An extended framework of blue water footprint accounting. *Science of The Total Environment*, *777*, 146010. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146010

Friend, A. M. (1992). Environmental Information Systems (EIS) in third world countries:

barriers and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, *20*(2–3), 223–233. https://doi.org/10.1007/BF00407517

Gabel, H. L. ve Sinclair-Desgagneé, B. (1993). Managerial incentives and environmental compliance. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 24, pp. 229–240. https://doi.org/10.1006/jeem.1993.1015

Gary, R., Owen, D. ve Maunders, K. (1987). *Corporate social reporting: accounting and accountability*. London: Prentice-Hall.

Getir.com. (2023a). Ace ultra yoğun kıvamlı çamaşır suyu okaliptüs 3kg. Retrieved from https://getir.com/buyuk/urun/ace-ultra-yogun-kivamli-camasir-suyu-okaliptus-L3I7UeduLl/

Getir.com. (2023b). Ace ultra yoğun kıvamlı çamaşır suyu okaliptüs 750 ml. Retrieved from https://getir.com/buyuk/urun/ace-ultra-yogun-kivamli-camasir-suyu-okaliptus-UMgG7ibJOS/

Gönen, S. ve Güven, Z. (2014). Çevresel maliyetlerin muhasebeleştirilmesine yönelik bir seramik fabrikasında uygulama. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (63), 39–58. https://doi.org/10.25095/mufad.396476

González Perea, R., Camacho Poyato, E., Montesinos, P., García Morillo, J. ve Rodríguez Díaz, J. A. (2016). Influence of spatio temporal scales in crop water footprinting and water use management: Evidences from sugar beet production in Northern Spain. *Journal of Cleaner Production*, *139*, 1485–1495. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.017

Guenther, E., Jasch, C., Schmidt, M., Wagner, B. ve Ilg, P. (2015). Material flow cost accounting - Looking back and ahead. *Journal of Cleaner Production*, *108*, 1249–1254. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.018

Günther, E., & Stechemesser, K. (2011). Instrumente des Green Controllings: ein Blick zurück, ein Blick nach vorn. *Controlling*, *23*(8–9), 417–423. https://doi.org/10.15358/0935-0381-2011-8-9-417

Gwilliam, D. (1987). *A survey of auditing research*. London: PRentice-Hall.

Haftaci, V. ve Soylu, K. (2007). Çevre kirlenmesi ve çevre koruma bağlamında çevre muhasebesinin önemi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (33), 102–121.

Henn, C. L. ve Fava, J. A. (1993). Life cycle analysis and resource management. In R. V. Kolluru (Ed.), *Environmental Strategies Handbook*. New York: McGraw-Hill.

Henri, J. F. ve Journeault, M. (2010). Eco-control: The influence of management control systems on environmental and economic performance. *Accounting, Organizations and Society*, *35*(1), 63–80. https://doi.org/10.1016/j.aos.2009.02.001

Hindle, T. (2008). Guide to management ıdeas and gurus. *The Economist*, 322.

Hoekstra, A. ve van Heek, M. (2017). Product gallery. Water Footprint Network website: https://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/

Hoekstra, A. Y. ve Chapagain, A. K. (2007). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, *21*(1), 35–48. https://doi.org/10.1007/s11269-006-9039-x

Hoekstra, A.Y ve Hung, P. Q. (2003). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. In Arjen Y. Hoekstra (Ed.), *Virtual Water Trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade Value of Water Research Report Series No. 12* (pp. 25–47). IHE DELFT.

Hoekstra, Arjen Y. (2003). Virtual water: An introduction. In Arjen Y. Hoekstra (Ed.), *Virtual Water Trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade Value of Water Research Report Series No. 12* (pp. 13–23). https://doi.org/10.4337/9781785369131.00016

Hoekstra, Arjen Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. ve Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint assessment manual. In *The Water Footprint Assessment Manual*. https://doi.org/10.4324/9781849775526

Hoekstra, Arjen Y., Gerbens-Leenes, W. ve Van Der Meer, T. H. (2009). Reply to Pfister and Hellweg: Water footprint accounting, impact assessment, and life-cycle assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(40), 2009. https://doi.org/10.1073/pnas.0909948106

Hoekstra, Arjen Y, Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. ve Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual* (1st ed.). Retrieved from http://www.hydrology.nl/images/docs/dutch/key/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf%0Ahttp://www.waterfootprint.org/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf

Hua, E., Wang, X., Engel, B. A., Sun, S. ve Wang, Y. (2020). The competitive relationship between food and energy production for water in China. *Journal of Cleaner Production*, *247*, 119103. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119103

International Chamber of Commerce. (1991). *An ICC guide to effective environmental auditing*. Paris.

Islam, K. ve Murakami, S. (2020). Accounting for water footprint of an open- pit copper mine. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(22), 1–18. https://doi.org/10.3390/su12229660

ISO. (2011). ISO 14051:2011. Aralık 28, 2019, https://www.iso.org/standard/50986.html

Jachnik, R. (2006). *Assessing the practical relevancy of environmental cost accounting for industrial waste - Waste accounting, process efficiency and cleaner production*. Lund University.

Jamshidi, S. (2019). An approach to develop grey water footprint accounting. *Ecological Indicators*, *106*(February), 105477. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105477

Jasch, C. (2003). The use of environmental management accounting (EMA) for identifying environmental costs. *Journal of Cleaner Production*, *11*(6), 667–676. https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00107-5

Joa, B., Hottenroth, H., Jungmichel, N. ve Schmidt, M. (2014). Introduction of a feasible performance indicator for corporate water accounting – a case study on the cotton textile chain. *Journal of Cleaner Production*, *82*, 143–153. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.075

Kapić, J. (2014). Activity based costing - ABC. *Poslovni Konsultant*, (32), 9–17.

Kaplan, R. S. ve Norton, D. P. (1992). The balanced scorecard - Measures that drive performance. *Harvard Business Review*, *Jan-Feb*, 71–79.

Kaplan, R. S. ve Norton, D. P. (1997). *The balanced scorecard: Translating strategy into action*. https://doi.org/10.1016/s0024-6301(97)80925-9

Kayaer, M. (2013). Bir çevre koruma aracı olarak çevresel vergilerin, sübvansiyon ve teşviklerin ve dış yardımların kullanılması. *Azerbaycanın Vergi Jurnalı*, 129–142.

Khan, T. ve Khan, H. (2019). Environmental sustainability of grey water footprints in Peshawar Basin: Current and future reduced flow scenarios for Kabul River. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *12*(4), 162–168. https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20191204.4804

Kırlıoğlu, H. ve Can, A. V. (1998). *Çevre Muhasebesi*. Adapazarı: Değişim Yayınları.

Kırlıoğlu, H. ve Fidan, M. E. (2009). Atık yönetimi ve muhasebesi: Sakarya'daki işletmeler üzerinde bir araştırma. *Akademik İncelemeler*, *4*(2), 13–36.

Klink, F. A. (1994). Pigou and Coase reconsidered. *Land Economics*, *70*(3), 386–390.

Köse, H. Ö., Ayaz, S. ve Köroğlu, B. (2007). *Türkiye'de atık yönetimi ulusal düzenlemeler ve uygulama sonuçlarının değerlendirilmesi*. http://www.sayistay.gov.tr/rapor/perdenrap/2007/2007-1AtikYonetimi/2007-Atik_Yonetimi_Raporu.pdf

Li, C., Xu, M., Wang, X. ve Tan, Q. (2018). Spatial analysis of dual-scale water stresses based on water footprint accounting in the Haihe River Basin, China. *Ecological Indicators*, *92*(November 2016), 254–267. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.046

Liu, W., Antonelli, M., Liu, X. ve Yang, H. (2017). Towards improvement of grey water footprint assessment: With an illustration for global maize cultivation. *Journal of Cleaner Production*, *147*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.072

Lopez, L. I. F. ve Bautista-Capetillo, C. (2015). Green and blue water footprint

accounting for dry beans (phaseolus vulgaris) in primary region of Mexico. *Sustainability (Switzerland)*, *7*(3), 3001–3016. https://doi.org/10.3390/su7033001

Makate, C., Wang, R. ve Tatsvarei, S. (2018). Water footprint concept and methodology for warranting sustainability in human-induced water use and governance. *Sustainable Water Resources Management*, *4*(1), 91–103. https://doi.org/10.1007/s40899-017-0143-2

Maltby, J. (1995). Environmental audit: Theory and practices. *Managerial Auditing Journal*, *10*(8), 15–26. https://doi.org/10.1108/02686909510147372

Manzardo, A., Loss, A., Fialkiewicz, W., Rauch, W. ve Scipioni, A. (2016). Methodological proposal to assess the water footprint accounting of direct water use at an urban level: A case study of the Municipality of Vicenza. *Ecological Indicators*, *69*, 165–175. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.04.016

Manzardo, A., Ren, J., Piantella, A., Mazzi, A., Fedele, A. ve Scipioni, A. (2014). Integration of water footprint accounting and costs for optimal chemical pulp supply mix in paper industry. *Journal of Cleaner Production*, *72*, 167–173. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.014

Martínez-Alcalá, I., Pellicer-Martínez, F. ve Fernández-López, C. (2018). Pharmaceutical grey water footprint: Accounting, influence of wastewater treatment plants and implications of the reuse. *Water Research*, *135*, 278–287. https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.02.033

Martínez-Paz, J. M., Gomariz-Castillo, F. ve Pellicer-Martínez, F. (2018). Appraisal of the water footprint of irrigated agriculture in a semi-arid area: The Segura River basin. *PLoS ONE*, *13*(11), 1–20. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206852

Meißner, S. (2021). The Impact of metal mining on global water stress and regional carrying capacities—A GIS-based water ımpact assessment. *Resources*, *10*(12), 120. https://doi.org/10.3390/resources10120120

Mekonnen, M. M., Gerbens-Leenes, P. W. ve Hoekstra, A. Y. (2015). The consumptive water footprint of electricity and heat: A global assessment. *Environmental Science: Water Research and Technology*, *1*(3), 285–297. https://doi.org/10.1039/c5ew00026b

Milling, P. (1995). Integrierter Umweltschutz im Produktionsprozess. In P. Eichhorn (Ed.), *Ökosozialie Marktwirtschaft: Ziele Und Wege* (pp. 145–162). Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Mohlotsane, P. M., Owusu-Sekyere, E., Jordaan, H., Barnard, J. H. ve van Rensburg, L. D. (2018). Water footprint accounting along the wheat-bread value chain: Implications for sustainable and productive water use benchmarks. *Water (Switzerland)*, *10*(9), 1–16. https://doi.org/10.3390/w10091167

Mojtabavi, S. A., Shokoohi, A., Ramezani Etedali, H. ve Singh, V. (2018). Using regional virtual water trade and water footprint accounting for optimizing crop patterns to

mitigate water crises in dry regions. *Irrigation and Drainage*, *67*(2), 295–305. https://doi.org/10.1002/ird.2170

Morillo, J. G., Díaz, J. A. R., Camacho, E. ve Montesinos, P. (2015). Linking water footprint accounting with irrigation management in high value crops. *Journal of Cleaner Production*, *87*(1), 594–602. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.043

Muratoglu, A., Iraz, E. ve Ercin, E. (2022). Water resources management of large hydrological basins in semi-arid regions: Spatial and temporal variability of water footprint of the Upper Euphrates River basin. *Science of The Total Environment*, *846*, 157396. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157396

Nitkin, D. ve Brooks, L. J. (1998). Sustainability Auditing and Reporting: The Canadian experience. *Journal of Business Ethics*, *17*(13), 1499–1507. Retrieved from https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0032187296&partnerID=40&md5=5f82e70824884461a75a8747d5acfc86

NUDEC S. A. (2022a). *Environmental product declaration for transparent plastic sheets NUDEC®PC Clear 230*.

NUDEC S. A. (2022b). *Environmental product declaration for transparent plastic sheets NUDEC®PETG Clear*.

OECD. (2019). *OECD Çevresel performans incelemeleri: Türkiye 2019*. https://doi.org/https://doi.org/10.1787/653318da-tr

Oğuz, T. C. (2015). İçme suyu arıtımında yaygın olarak karşılaşılan su kalite problemleri ve arıtımı için çözüm önerileri. T.C. Orman ve Su İşleri Başkanlığı.

Owens, J. W. (2001). Water resources in life-cycle impact assessment: Considerations in choosing category indicators. *Journal of Industrial Ecology*, *5*(2), 37–54. https://doi.org/10.1162/10881980152830123

Palhares, J. C. P. ve Pezzopane, J. R. M. (2015). Water footprint accounting and scarcity indicators of conventional and organic dairy production systems. *Journal of Cleaner Production*, *93*, 299–307. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.035

Papadavid, G. ve Toulios, L. (2018). The use of earth observation methods for estimating regional crop evapotranspiration and yield for water footprint accounting. *The Journal of Agricultural Science*, *156*(5), 599–617.

Pezzey, J. (1992). Sustainability: An interdisciplinary guide. *Environmental Values 1*, (4), 321–362. https://doi.org/10.4324/9781315240084-9

Pfister, S. ve Hellweg, S. (2009). The water ‘“ shoesize ”’ vs . footprint of bioenergy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(35), E93–E94.

Pigou, A. C. (1932). *The economics of welfare* (fourth edi). https://doi.org/10.4324/9781351304368

Polipropilen Elyaf San. ve Dış Tic. A.Ş.(Polyfibers®). (2022). *Polymono® & Polyfibril Environmental Product Declaration*.

Pondeville, S., Swaen, V. ve De Rongé, Y. (2013). Environmental management control systems: The role of contextual and strategic factors. *Management Accounting Research*, *24*(4), 317–332. https://doi.org/10.1016/j.mar.2013.06.007

Qian, W., Hörisch, J. ve Schaltegger, S. (2018). Environmental management accounting and its effects on carbon management and disclosure quality. *Journal of Cleaner Production*, *174*, 1608–1619. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.092

Reichel, A., De Schoenmakere, M. ve Gillabel, J. (2016). *The Circular Economy in Europe*. https://doi.org/doi:10.2800/51444

Richards, J. (2014). Food's water footprint. Retrieved from Green Eatz website: https://www.greeneatz.com/1/post/2014/03/foods-water-footprint.html#:~:text=Water Footprint%3A Food Waste&text=Their water footprint for food,water being wasted every year!

Ridoutt, B. G. ve Huang, J. (2012). Environmental relevance - The key to understanding water footprints. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(22), 2012. https://doi.org/10.1073/pnas.1203809109

Russell, W. G., Skalak, S. L. ve Miller, G. (1994). Environmental cost accounting: The bottom line for environmental quality management. *Environmental Quality Management*, *3*(3), 255–268. https://doi.org/10.1002/tqem.3310030302

Sauer, B. J., Hildebrandt, C. C., Franklin, W. E. ve Hunt, R. G. (1994). Resource and environmental profile analysis of children's diaper systems. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *13*(6), 1003–1009. https://doi.org/10.1002/etc.5620130618

Schaltegger, S. (2011). Sustainability as a driver for corporate economic success. *Society and Economy*, *33*(1), 15–28. https://doi.org/10.1556/SocEc.33.2011.1.4

Schnoor, J. L. (2009). LCA and environmental intelligence? *Environmental Science and Technology*, *43*(9), 2997. https://doi.org/10.1021/es900867c

Shao, L. ve Chen, G. Q. (2013). Water footprint assessment for wastewater treatment: method, ındicator, and application. *Environmental Science & Technology*, *47*(14), 7787–7794.

Tarım, M. (2004). Sağlık organizasyonlarında performans ölçme ve dengeli puan cetveli (Balanced Scorecard). *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, *7*(2).

Tensar International Limited. (2021). Environmental product declaration Tensar International Limited. In *Kiwa-Ecobility Experts*.

Todd, R. (1994). Zero-loss environmental accounting systems. In B. R. Allenby & D. J. Richards (Eds.), *The Greening of Industrial Ecosystems* (pp. 191–200). Washington:

National Academy Press.

Tuna, B. (2019). Türkiye'nin iki katı olan bu dev ada hiç kimsenin ve herkesin. Retrieved from Sıfır Atık website: https://sifiratik.gov.tr/kutuphane/haberler/turkiye-nin-iki-kati-olan-bu-dev-ada-hic-kimsenin-ve-herkesin

United Nations. (2001). Environmental management accounting procedures and principles. In *Outlook* (Vol. 145). https://doi.org/10.1210/en.2004-0807 en.2004-0807

United States Environmental Protection Agency. (b.t.). Deepwater Horizon – BP Gulf of Mexico oil spill. https://www.epa.gov/enforcement/deepwater-horizon-bp-gulf-mexico-oil-spill

van der Laan, M., Jarmain, C., Bastidas-Obando, E., Annandale, J. G., Fessehazion, M. ve Haarhoff, D. (2019). Are water footprints accurate enough to be useful? A case study for maize (Zea mays L.). *Agricultural Water Management*, *213*(November 2018), 512–520. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.026

Van der Leeden, F., Troise, F. ve Todd, D. (1990). *The water encyclopaedia*. USA: Lewis.

VDI Guideline 3800. (2001). *Ermittlung der Aufwendungen für Maßnahmen zum betrieblichen Umweltschutz* (Vol. 1).

Velkavrh, A. P., Martin, J. ve Lung, T. (2019). The European environment: state and outlook 2020. In *European Environment Agency*. https://doi.org/10.2800/96749

Wang, K., Wang, X., Feng, X. ve Wang, L. (2022). Improved gray water footprint calculation and assessment method for polyester fabric production. *AATCC Journal of Research*, *9*(2), 74–80. https://doi.org/10.1177/24723444221081455

Wu, P., Zhuo, L., Liu, Y., Gao, X., Wang, Y., Zhao, X. ve Sun, S. (2019). Assessment of regional crop-related physical-virtual water coupling flows. *Kexue Tongbao/Chinese Science Bulletin*, *64*(18), 1953–1966. https://doi.org/10.1360/N972018-00997

WWAP. (2009). *The United Nations world water development report 3: Water in a changing world*. https://doi.org/10.1039/F19726800017

Xiong, J., Li, Y. ve Yang, Y. (2022). Study on food-energy-water nexus and synergistic control of tourism in Beijing. *Polish Journal of Environmental Studies*, *31*(4), 3359–3371. https://doi.org/10.15244/pjoes/145996

Xu, M., Li, C., Wang, X., Cai, Y. ve Yue, W. (2018). Optimal water utilization and allocation in industrial sectors based on water footprint accounting in Dalian City, China. *Journal of Cleaner Production*, *176*, 1283–1291. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.203

Yang, M., Hens, L., De Wulf, R. ve Ou, X. (2011). Measuring tourist's water footprint in a mountain destination of Northwest Yunnan, China. *Journal of Mountain Science*,

8(5), 682–693. https://doi.org/10.1007/s11629-011-2062-2

Yılmaz, B. ve Akmeşe, H. (2018). *Çevre muhasebesi*. Eğitim Yayınevi.

Zhang, X., Border, A., Goosen, N. ve Thomsen, M. (2021). Environmental life cycle assessment of cascade valorisation strategies of South African macroalga Ecklonia maxima using green extraction technologies. *Algal Research*, *58*, 102348. https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102348

Zhang, Y., Tian, Q., Hu, H. ve Yu, M. (2019). Water footprint of food consumption by Chinese residents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(20), 1–15. https://doi.org/10.3390/ijerph16203979

Zhao, C., Chen, B., Hayat, T., Alsaedi, A. ve Ahmad, B. (2014). Driving force analysis of water footprint change based on extended STIRPAT model: Evidence from the Chinese agricultural sector. *Ecological Indicators*, *47*, 43–49. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.048

Zhao, X., Yang, H., Yang, Z., Chen, B. ve Qin, Y. (2010). Applying the input-output method to account for water footprint and virtual water trade in the Haihe River Basin in China. *Environmental Science & Technology*, *44*(23), 9150–9156.

Zhu, J., Yang, Y., Yi, L. I., Pinghua, X. U. ve Wang, L. (2020). Water footprint calculation and assessment of viscose textile. *Industria Textila*, *71*(1), 33–40. https://doi.org/10.35530/IT.071.01.1642

Zhuo, L., Mekonnen, M. M. ve Hoekstra, A. Y. (2014). Sensitivity and uncertainty in crop water footprint accounting: A case study for the Yellow River basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, *18*(6), 2219–2234. https://doi.org/10.5194/hess-18-2219-2014

Zhuo, La, Mekonnen, M. M. ve Hoekstra, A. Y. (2016). The effect of inter-annual variability of consumption, production, trade and climate on crop-related green and blue water footprints and inter-regional virtual water trade: A study for China (1978-2008). *Water Research*, *94*, 73–85. https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.037

EKLER

Ek 1. *Soğutma Faaliyeti Kaynaklı Su Ayak İzi*

Ek 1.1. *M1 Makinesinde Üretilen Ürünlerin Soğutma Faaliyeti Kaynaklı Su Ayak İzi*

Ürün	Soğutma suyu (birim/litre)	Soğutma suyu (parti/litre)	Elektrikten kaynaklı su (birim/litre)	Elektrikten kaynaklı su (parti/litre)	WD (birim/litre)	WD (parti/litre)
DAN***N 2**	0,0001236499	881,3762	0,0616642838	439.543,0153	0,000276357	**1.969,8758**
PLA***80)**	0,0003864058	1.537,0296	0,1927008870	766.517,8804	0,000863617	**3.435,2611**
DAN***ADE**	0,0001236499	349,9291	0,0616642838	174.509,9233	0,000276357	**782,0915**
DAN***UDU**	0,0001236499	324,4572	0,0616642838	161.807,0808	0,000276357	**725,1619**
DAN***CFL**	0,0001236499	193,8830	0,0616642838	96.689,5971	0,000276357	**433,3285**
PIN***61)**	0,0003709496	322,3552	0,1849928515	160.758,7880	0,000829072	**720,4638**
PIN***72)**	0,0004018620	335,6030	0,2004089225	167.365,4994	0,000898162	**750,0728**
PIN***33)**	0,0003709496	305,6625	0,1849928515	152.434,1097	0,000829072	**683,1556**
PIN***77)**	0,0003709496	268,1965	0,1849928515	133.749,8317	0,000829072	**599,4193**

CC *****7)	0,0004018620	245,9396	0,2004089225	122.650,2606	0,000898162	**549,6749**
DAN***OJI**	0,0003709496	189,9262	0,1849928515	94.716,3400	0,000829072	**424,4850**
DAN***CHA**	0,0003709496	170,6368	0,1849928515	85.096,7117	0,000829072	**381,3733**
DAN***ALİ**	0,0001236499	55,3951	0,0616642838	27.625,5992	0,000276357	**123,8081**
CC *****34)	0,0004018620	172,6399	0,2004089225	86.095,6731	0,000898162	**385,8503**
PIN***siz**	0,0003709496	155,7424	0,1849928515	77.668,8787	0,000829072	**348,0844**
DAN***UDU**	0,0001236499	48,8417	0,0616642838	24.357,3921	0,000276357	**109,1612**
DAN***AYA**	0,0003709496	142,4446	0,1849928515	71.037,2550	0,000829072	**318,3638**
PLA***Z****	0,0004327745	156,3182	0,2158249935	77.955,9876	0,000967251	**349,3711**
DAN*** PE**	0,0003709496	118,7039	0,1849928515	59.197,7125	0,000829072	**265,3031**
DAN*** PE**	0,0003709496	117,2201	0,1849928515	58.457,7411	0,000829072	**261,9868**
DAN*** PE**	0,0003709496	108,3173	0,1849928515	54.017,9126	0,000829072	**242,0891**
TOR***YAZ**	0,0004636870	119,3938	0,2312410644	59.541,7992	0,00103634	**266,8452**
PLA***AZ***	0,0004018620	95,1641	0,2004089225	47.458,4361	0,000898162	**212,6919**
BET***6)**	0,0004636870	101,8479	0,2312410644	50.791,6373	0,00103634	**227,6301**

CC *****02)	0,0004018620	85,8377	0,2004089225	42.807,3458	0,000898162	**191,8473**
PLA***.P.**	0,0003864058	80,6815	0,1927008870	40.235,9452	0,000863617	**180,3232**
DAN***ORY**	0,0001236499	25,5955	0,0616642838	12.764,5068	0,000276357	**57,2060**
CC *****02)	0,0004018620	80,0509	0,2004089225	39.921,4574	0,000898162	**178,9138**
CC *****38)	0,0004018620	75,2286	0,2004089225	37.516,5503	0,000898162	**168,1359**
KAT***YAZ**	0,0004018620	64,6098	0,2004089225	32.220,9449	0,000898162	**144,4028**
TİB***İŞE**	0,0004327745	64,9508	0,2158249935	32.391,0150	0,000967251	**145,1650**
TİB***SİZ**	0,0004018620	46,8877	0,2004089225	23.382,9114	0,000898162	**104,7939**
CC *****27)	0,0004018620	42,4366	0,2004089225	21.163,1822	0,000898162	**94,8459**
DAN***EFL**	0,0001236499	12,8596	0,0616642838	6.413,0855	0,000276357	**28,7412**
CC *****98)	0,0004018620	41,4722	0,2004089225	20.682,2008	0,000898162	**92,6903**
CC *****00)	0,0004018620	40,5077	0,2004089225	20.201,2194	0,000898162	**90,5347**
DAN***LİS**	0,0001236499	12,2413	0,0616642838	6.104,7641	0,000276357	**27,3594**
TİB***İŞE**	0,0004327745	40,9093	0,2158249935	20.401,5050	0,000967251	**91,4323**
TİB***İŞE**	0,0004327745	37,8072	0,2158249935	18.854,4714	0,000967251	**84,4990**

CC *****32)	0,0004018620	30,8630	0,2004089225	15.391,4052	0,000898162	**68,9788**
CC *****96)	0,0004018620	29,8985	0,2004089225	14.910,4238	0,000898162	**66,8232**
CC *****71)	0,0004018620	29,8985	0,2004089225	14.910,4238	0,000898162	**66,8232**
PLA***RBA**	0,0004636870	31,2989	0,2312410644	15.608,7718	0,00103634	**69,9530**
BET***7)**	0,0004636870	31,0485	0,2312410644	15.483,9017	0,00103634	**69,3934**
DAN***NAS**	0,0003709496	23,7408	0,1849928515	11.839,5425	0,000829072	**53,0606**
DAN***ALİ**	0,0003709496	23,7408	0,1849928515	11.839,5425	0,000829072	**53,0606**
TİB***SNG**	0,0004018620	20,9121	0,2004089225	10.428,8795	0,000898162	**46,7385**
TİB***79)**	0,0004018620	20,5577	0,2004089225	10.252,1188	0,000898162	**45,9464**
CC *****36)	0,0004018620	19,2894	0,2004089225	9.619,6283	0,000898162	**43,1118**
PLA***NES**	0,0004018620	18,6191	0,2004089225	9.285,3462	0,000898162	**41,6136**
TİB***SNG**	0,0004018620	16,6082	0,2004089225	8.282,4999	0,000898162	**37,1192**
TİB***SNG**	0,0004018620	16,3043	0,2004089225	8.130,9908	0,000898162	**36,4402**
PLA***YAZ**	0,0003400371	13,3839	0,1695767806	6.674,5421	0,000759983	**29,9129**
CC *****40)	0,0004018620	15,4315	0,2004089225	7.695,7026	0,000898162	**34,4894**

TİB***SNG**	0,0004018620	14,5321	0,2004089225	7.247,1875	0,000898162	**32,4793**
PIN***75)**	0,0003709496	12,9832	0,1849928515	6.474,7498	0,000829072	**29,0175**
TİB***78)**	0,0004018620	12,7599	0,2004089225	6.363,3841	0,000898162	**28,5184**
PIN*** PE**	0,0004018620	11,9530	0,2004089225	5.960,9630	0,000898162	**26,7149**
PLA***REL**	0,0006800742	19,8310	0,3391535612	9.889,7178	0,001519966	**44,3222**
TİB***80)**	0,0004018620	10,9877	0,2004089225	5.479,5808	0,000898162	**24,5575**
PLA***YAZ**	0,0003400371	7,1612	0,1695767806	3.571,2870	0,000759983	**16,0052**
PLA***NCU**	0,0003400371	7,1612	0,1695767806	3.571,2870	0,000759983	**16,0052**
TİB***SNG**	0,0004018620	8,1522	0,2004089225	4.065,4954	0,000898162	**18,2201**
TİB***SNG**	0,0004018620	8,1522	0,2004089225	4.065,4954	0,000898162	**18,2201**
TİB***SNG**	0,0004018620	6,9369	0,2004089225	3.459,4588	0,000898162	**15,5041**
TİB***81)**	0,0004018620	5,6711	0,2004089225	2.828,1707	0,000898162	**12,6749**
DAN*** PE**	0,0003709496	4,4514	0,1849928515	2.219,9142	0,000829072	**9,9489**
CC *****95)	0,0004018620	3,1827	0,2004089225	1.587,2387	0,000898162	**7,1134**

Ek 1.2. *M2 Makinesinde Üretilen Ürünlerin Soğutma Faaliyeti Kaynaklı Su Ayak İzi*

Ürün	Soğutma suyu (birim/litre)	Soğutma suyu (parti/litre)	Elektrikten kaynaklı su (birim/litre)	Elektrikten kaynaklı su (parti/litre)	WD (birim/litre)	WD (parti/litre)	WFA toplam (litre)
PLA***2 G**	0,0000172717	91,8334	0,0086134238	45.797,3933	3,86023E-05	205,2477	**46.094,4724**
ALT***YAZ**	0,0000172717	73,0988	0,0086134238	36.454,4212	3,86023E-05	163,3758	**36.690,8941**
ANA***,5G**	0,0000172717	37,3500	0,0086134238	18.626,4945	3,86023E-05	83,4773	**18.747,3210**
TİB***5GR**	0,0000215897	42,5859	0,0107667797	21.237,6022	4,82529E-05	95,1794	**21.375,3665**
ANA***,3G**	0,0000189989	28,4680	0,0094747662	14.196,9896	4,24625E-05	63,6259	**14.289,0828**
EST***8 G**	0,0000129538	18,3447	0,0064600678	9.148,5413	2,89517E-05	41,0005	**9.207,8862**
PLA***AVİ**	0,0000189989	23,1350	0,0094747662	11.537,4227	4,24625E-05	51,7066	**11.612,2638**
EKE***REL**	0,0000172717	19,4692	0,0086134238	9.709,3097	3,86023E-05	43,5137	**9.772,2921**
PLA***BYZ**	0,0000189989	21,3396	0,0094747662	10.642,0573	4,24625E-05	47,6939	**10.711,0904**
PLA***16G**	0,0000155446	13,5549	0,0077520814	6.759,8150	3,47421E-05	30,2951	**6.803,6646**
BES***27G**	0,0000155446	13,1031	0,0077520814	6.534,5395	3,47421E-05	29,2855	**6.576,9278**
VEF***27G**	0,0000155446	13,0961	0,0077520814	6.531,0511	3,47421E-05	29,2699	**6.573,4167**

KÜK***2 G**	0,0000129538	8,6469	0,0064600678	4.312,2245	2,89517E-05	19,3259	**4.340,1971**
PLA***,5G**	0,0000155446	10,2848	0,0077520814	5.129,0484	3,47421E-05	22,9866	**5.162,3195**
PLA***50G**	0,0000155446	9,1601	0,0077520814	4.568,1465	3,47421E-05	20,4728	**4.597,7792**
PLA***,3G**	0,0000155446	9,0300	0,0077520814	4.503,2616	3,47421E-05	20,1820	**4.532,4734**
KÜK***32G**	0,0000155446	8,7746	0,0077520814	4.375,8949	3,47421E-05	19,6112	**4.404,2805**
PLA***27G**	0,0000155446	7,8917	0,0077520814	3.935,5767	3,47421E-05	17,6379	**3.961,1060**
PLA***50G**	0,0000172717	8,5911	0,0086134238	4.284,3859	3,86023E-05	19,2011	**4.312,1779**
PLA***27G**	0,0000172717	7,0544	0,0086134238	3.518,0324	3,86023E-05	15,7666	**3.540,8532**
PLA***REL**	0,0000949945	38,2949	0,0473738308	19.097,7176	0,000212313	85,5892	**19.221,6009**
BES***,3G**	0,0000155446	6,2514	0,0077520814	3.117,5771	3,47421E-05	13,9719	**3.137,8002**
ANA***,5G**	0,0000172717	6,6854	0,0086134238	3.334,0152	3,86023E-05	14,9419	**3.355,6423**
KÜK***50G**	0,0000189989	6,5058	0,0094747662	3.244,4631	4,24625E-05	14,5405	**3.265,5093**
ALT***YAZ**	0,0000172717	4,7117	0,0086134238	2.349,7420	3,86023E-05	10,5307	**2.364,9843**
PLA***6 G**	0,0000155446	3,8906	0,0077520814	1.940,2685	3,47421E-05	8,6956	**1.952,8546**
PLA***28G**	0,0000172717	4,0416	0,0086134238	2.015,5412	3,86023E-05	9,0329	**2.028,6156**

PLA***,5G**	0,0000138174	3,2096	0,0068907390	1.600,6360	3,08818E-05	7,1735	**1.611,0190**
ANA***,3G**	0,0000155446	3,2233	0,0077520814	1.607,4716	3,47421E-05	7,2041	**1.617,8990**
PLA***K.)**	0,0000172717	3,4621	0,0086134238	1.726,5436	3,86023E-05	7,7378	**1.737,7433**
PLA*** GR**	0,0000172717	3,2830	0,0086134238	1.637,2396	3,86023E-05	7,3375	**1.647,8601**
PLA***YAZ**	0,0000172717	3,2830	0,0086134238	1.637,2396	3,86023E-05	7,3375	**1.647,8601**
KÜK***2 G**	0,0000129538	2,3346	0,0064600678	1.164,2657	2,89517E-05	5,2178	**1.171,8181**
PLA***27G**	0,0000129538	2,2720	0,0064600678	1.133,0442	2,89517E-05	5,0779	**1.140,3941**
PLA***50G**	0,0000172717	2,9481	0,0086134238	1.470,2081	3,86023E-05	6,5890	**1.479,7450**
PLA***22G**	0,0000129538	2,1349	0,0064600678	1.064,6709	2,89517E-05	4,7715	**1.071,5772**
TOR***REL**	0,0000172717	2,6927	0,0086134238	1.342,8672	3,86023E-05	6,0183	**1.351,5781**
TOR***YAZ**	0,0000172717	2,0602	0,0086134238	1.027,4092	3,86023E-05	4,6045	**1.034,0738**
SEĞ***32G**	0,0000172717	1,7970	0,0086134238	896,1406	3,86023E-05	4,0162	**901,9537**
TİB***48G**	0,0000172717	1,7327	0,0086134238	864,0987	3,86023E-05	3,8726	**869,7039**
TİB***,5G**	0,0000172717	1,7301	0,0086134238	862,8067	3,86023E-05	3,8668	**868,4035**
KÜK***,5G**	0,0000129538	1,2087	0,0064600678	602,8018	2,89517E-05	2,7015	**606,7121**

PLA***20G**	0,0000129538	1,1620	0,0064600678	579,4681	2,89517E-05	2,5970	**583,2270**
PLA***,5G**	0,0000172717	1,5147	0,0086134238	755,3628	3,86023E-05	3,3853	**760,2627**
EKE***REL**	0,0000172717	1,4838	0,0086134238	739,9792	3,86023E-05	3,3163	**744,7793**
PLA***,5G**	0,0000129538	1,1114	0,0064600678	554,2738	2,89517E-05	2,4841	**557,8693**
PLA***47G**	0,0000172717	1,1645	0,0086134238	580,7515	3,86023E-05	2,6027	**584,5187**
KÜK***19G**	0,0000129538	0,8083	0,0064600678	403,1082	2,89517E-05	1,8066	**405,7231**
PLA***REL**	0,0000129538	0,8016	0,0064600678	399,7490	2,89517E-05	1,7915	**402,3421**
EST***YAZ**	0,0000129538	0,7862	0,0064600678	392,0615	2,89517E-05	1,7571	**394,6047**
EXO***NAT**	0,0000172717	0,9658	0,0086134238	481,6627	3,86023E-05	2,1586	**484,7871**
PLA***5 G**	0,0000172717	0,9241	0,0086134238	460,8526	3,86023E-05	2,0654	**463,8421**
KÜK***19G**	0,0000155446	0,7612	0,0077520814	379,6349	3,47421E-05	1,7014	**382,0976**
ED.***,3G**	0,0000172717	0,7834	0,0086134238	390,7049	3,86023E-05	1,7510	**393,2393**
PLA***2 G**	0,0000172717	0,7461	0,0086134238	372,0999	3,86023E-05	1,6676	**374,5136**
KÜK***,5G**	0,0000172717	0,7312	0,0086134238	364,6579	3,86023E-05	1,6343	**367,0234**
TOR***REL**	0,0000189989	0,7405	0,0094747662	369,2885	4,24625E-05	1,6550	**371,6840**

EST***HVE**	0,0000189989	0,7248	0,0094747662	361,4623	4,24625E-05	1,6199	**363,8071**
PLA***28G**	0,0000155446	0,5256	0,0077520814	262,1211	3,47421E-05	1,1747	**263,8215**
DOA***5 G**	0,0000215897	0,7018	0,0107667797	350,0065	4,82529E-05	1,5686	**352,2769**
DOA***78G**	0,0000215897	0,4352	0,0107667797	217,0583	4,82529E-05	0,9728	**218,4663**
JUI***27G**	0,0000155446	0,3022	0,0077520814	150,7005	3,47421E-05	0,6754	**151,6780**
KÜK***34G**	0,0000172717	0,2189	0,0086134238	109,1493	3,86023E-05	0,4892	**109,8573**
EST***HVE**	0,0000189989	0,0414	0,0094747662	20,6550	4,24625E-05	0,0926	**20,7890**
PLA***BYZ**	0,0000189989	0,0219	0,0094747662	10,9149	4,24625E-05	0,0489	**10,9857**

Ek 1.3. *M3 Makinesinde Üretilen Ürünlerin Soğutma Faaliyeti Kaynaklı Su Ayak İzi*

Ürün	Soğutma suyu (birim/litre)	Soğutma suyu (parti/litre)	Elektrikten kaynaklı su (birim/litre)	Elektrikten kaynaklı su (parti/litre)	WD (birim/litre)	WD (parti/litre)	WFA (litre)
SCA***06)**	0,0004416066	199,3695	0,2202295852	99.425,7294	0,000986991	445,5908	**100.070,6853**
SCA***92)**	0,0004857673	46,0741	0,2422525437	22.977,1693	0,00108569	102,9755	**23.126,2178**
PLA*A*SG**ANA**	0,0011040166	52,6395	0,5505739629	26.251,3666	0,002467477	117,6493	**26.421,6542**
PLA***P)**	0,0006182493	24,7201	0,3083214192	12.327,9236	0,001381787	55,2494	**12.407,8925**
PLAA*S*G***ANA**	0,0011040166	43,7191	0,5505739629	21.802,7289	0,002467477	97,7121	**21.944,1591**
PLA***0GR**	0,0004416066	17,3110	0,2202295852	8.632,9997	0,000986991	38,6900	**8.689,0004**
PLAA*P**ANA**	0,0011040166	37,8898	0,5505739629	18.895,6984	0,002467477	84,6838	**19.018,2712**
PLA***DAĞ**	0,0011040166	33,4208	0,5505739629	16.666,9750	0,002467477	74,6955	**16.775,0905**
PLA***95G**	0,0004416066	10,8812	0,2202295852	5.426,4570	0,000986991	24,3195	**5.461,6574**
PLAG*Ş**ANA**	0,0011040166	20,5789	0,5505739629	10.262,6987	0,002467477	45,9938	**10.329,2709**
PLAA*S**ANA**	0,0011040166	20,4022	0,5505739629	10.174,6068	0,002467477	45,5990	**10.240,6076**
PLA*A*L*ANA**	0,0011040166	12,2325	0,5505739629	6.100,3595	0,002467477	27,3396	**6.139,9314**

PLAA**G**ANA**	0,0011040166	11,6584	0,5505739629	5.814,0610	0,002467477	26,0566	**5.851,7758**
PLA*A*K*UANA**	0,0011040166	11,6584	0,5505739629	5.814,0610	0,002467477	26,0566	**5.851,7758**
PLA*A*S*LAM.**	0,0011040166	8,8321	0,5505739629	4.404,5917	0,002467477	19,7398	**4.433,1635**
PLA*A*S*BANA**	0,0011040166	8,7438	0,5505739629	4.360,5458	0,002467477	19,5424	**4.388,8318**
PLA*A*K*VANA**	0,0011040166	8,7438	0,5505739629	4.360,5458	0,002467477	19,5424	**4.388,8318**
PLA*A*İ*ANA**	0,0011040166	7,6398	0,5505739629	3.809,9718	0,002467477	17,0749	**3.834,6864**
PLA*A*A*ZANA**	0,0011040166	6,3591	0,5505739629	3.171,3060	0,002467477	14,2127	**3.191,8777**
PLA*A*C*ANA**	0,0011040166	6,0059	0,5505739629	2.995,1224	0,002467477	13,4231	**3.014,5512**
PLAA*Ü**ANA**	0,0011040166	5,8292	0,5505739629	2.907,0305	0,002467477	13,0283	**2.925,8879**
PLA*A*R*ANA**	0,0011040166	5,8292	0,5505739629	2.907,0305	0,002467477	13,0283	**2.925,8879**
PLAA*E**ANA**	0,0011040166	5,8292	0,5505739629	2.907,0305	0,002467477	13,0283	**2.925,8879**
PLA*A*E*ÇANA**	0,0011040166	5,8292	0,5505739629	2.907,0305	0,002467477	13,0283	**2.925,8879**
PLA*A*A*YANA**	0,0011040166	3,2679	0,5505739629	1.629,6989	0,002467477	7,3037	**1.640,2705**
PLA*A*A*FANA**	0,0011040166	3,0912	0,5505739629	1.541,6071	0,002467477	6,9089	**1.551,6072**
PLA*A*H*ANA**	0,0011040166	3,0912	0,5505739629	1.541,6071	0,002467477	6,9089	**1.551,6072**

PLA*A*E*ANA**	0,0011040166	3,0029	0,5505739629	1.497,5612	0,002467477	6,7115	**1.507,2756**
PLA*A*M*ANA**	0,0011040166	2,9146	0,5505739629	1.453,5153	0,002467477	6,5141	**1.462,9439**
PLAA*T*U*ANA**	0,0011040166	2,9146	0,5505739629	1.453,5153	0,002467477	6,5141	**1.462,9439**
PLA*A*T*RANA**	0,0011040166	2,9146	0,5505739629	1.453,5153	0,002467477	6,5141	**1.462,9439**
PLAA*Y**ANA**	0,0011040166	2,9146	0,5505739629	1.453,5153	0,002467477	6,5141	**1.462,9439**
PLA*A*V*ANA**	0,0011040166	2,9146	0,5505739629	1.453,5153	0,002467477	6,5141	**1.462,9439**
PLA*A*K*NANA**	0,0011040166	2,9146	0,5505739629	1.453,5153	0,002467477	6,5141	**1.462,9439**
PLAA*S*K*ANA**	0,0011040166	2,9146	0,5505739629	1.453,5153	0,002467477	6,5141	**1.462,9439**
PLA*A*K*ANA**	0,0011040166	2,9146	0,5505739629	1.453,5153	0,002467477	6,5141	**1.462,9439**
PLA*A*A*ANA**	0,0011040166	2,7380	0,5505739629	1.365,4234	0,002467477	6,1193	**1.374,2807**
PLA*A*G*ANA**	0,0011040166	2,2080	0,5505739629	1.101,1479	0,002467477	4,9350	**1.108,2909**
PLA*A*B*ANA**	0,0011040166	2,2080	0,5505739629	1.101,1479	0,002467477	4,9350	**1.108,2909**
PLAA*K*Ş*ANA**	0,0011040166	1,6781	0,5505739629	836,8724	0,002467477	3,7506	**842,3011**
PLA*A*Ç*KANA**	0,0011040166	1,5898	0,5505739629	792,8265	0,002467477	3,5532	**797,9694**
PLAA*Ç*L*ANA**	0,0011040166	1,5898	0,5505739629	792,8265	0,002467477	3,5532	**797,9694**

PLA*A*B*ANA**	0,0011040166	1,5898	0,5505739629	792,8265	0,002467477	3,5532	**797,9694**
PLAA*A**ANA**	0,0011040166	1,5015	0,5505739629	748,7806	0,002467477	3,3558	**753,6378**
PLA*A*L*ANA**	0,0011040166	1,1040	0,5505739629	550,5740	0,002467477	2,4675	**554,1454**
PLAK*S**ANA**	0,0011040166	1,1040	0,5505739629	550,5740	0,002467477	2,4675	**554,1454**
PLAA*S**ANA**	0,0011040166	0,0883	0,5505739629	44,0459	0,002467477	0,1974	**44,3316**

Ek 2. *Etiket Giydirme Faaliyetinden Kaynaklanan Su Ayak İzi*

Ürün	Etiket giydirme faaliyeti (birim/saniye)	Düzeltilmiş etiket giydirme faaliyeti (birim/saniye)	Fark (birim/saniye)	Etiket Giydirme Faaliyeti (birim/litre)	Değer Katmayan Faaliyet (birim/litre)	Etiket Giydirme Faaliyeti (parti/litre)	Değer Katmayan Faaliyet (parti/litre)	WFA (litre)
DAN***N 2**	1,33	2,44431322	1,11431322	0,005673906	0,004753766	40.443,6040	33.884,8441	**74.328,4481**
DAN***ADE**	1,33	2,44431322	1,11431322	0,005673906	0,004753766	16.057,1548	13.453,1578	**29.510,3126**
DAN***UDU**	1,33	2,44431322	1,11431322	0,005673906	0,004753766	14.888,3301	12.473,8820	**27.362,2121**
DAN***CFL**	1,33	2,44431322	1,11431322	0,005673906	0,004753766	8.896,6851	7.453,9051	**16.350,5902**
PIN***61)**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	6.042,7955	5.062,8323	**11.105,6278**
PIN***72)**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	16.032,1555	13.432,2126	**29.464,3681**
PIN***33)**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	5.729,8775	4.800,6603	**10.530,5378**
PIN***77)**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	5.027,5502	4.212,2299	**9.239,7801**
DAN***OJI**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	3.560,3122	2.982,9346	**6.543,2468**
DAN***CHA**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	3.198,7180	2.679,9803	**5.878,6983**
DAN***ALİ**	1,33	2,44431322	1,11431322	0,005673906	0,004753766	2.541,9100	2.129,6872	**4.671,5972**
PIN***siz**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	8.060,0015	6.752,9069	**14.812,9084**

DAN***UDU**	1,33	2,44431322	1,11431322	0,005673906	0,004753766	2.241,1930	1.877,7376	**4.118,9306**
DAN***AYA**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	2.670,2342	2.237,2009	**4.907,4351**
DAN*** PE**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	2.225,1951	1.864,3341	**4.089,5292**
DAN*** PE**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	2.197,3802	1.841,0299	**4.038,4101**
DAN*** PE**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	2.030,4906	1.701,2049	**3.731,6954**
DAN***ORY**	1,33	2,44431322	1,11431322	0,005673906	0,004753766	1.174,4986	984,0296	**2.158,5282**
TİB***İŞE**	3	5,513488467	2,513488467	0,012798285	0,01072278	1.920,7666	1.609,2749	**3.530,0415**
DAN***EFL**	1,33	2,44431322	1,11431322	0,005673906	0,004753766	590,0863	494,3917	**1.084,4779**
DAN***LİS**	1,33	2,44431322	1,11431322	0,005673906	0,004753766	561,7167	470,6228	**1.032,3396**
TİB***İŞE**	3	5,513488467	2,513488467	0,012798285	0,01072278	1.209,7963	1.013,6030	**2.223,3993**
TİB***İŞE**	3	5,513488467	2,513488467	0,012798285	0,01072278	1.118,0582	936,7421	**2.054,8003**
DAN***NAS**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	445,0390	372,8668	**817,9058**
DAN***ALİ**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	445,0390	372,8668	**817,9058**
TİB***SNG**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	998,9957	836,9881	**1.835,9838**
TİB***79)**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	982,0636	822,8018	**1.804,8654**
TİB***SNG**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	793,3913	664,7266	**1.458,1179**
TİB***SNG**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	778,8780	652,5670	**1.431,4450**

TİB***SNG**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	694,2174	581,6358	**1.275,8531**
PIN***75)**	1,63	2,995662067	1,365662067	0,006953735	0,005826044	243,3807	203,9115	**447,2923**
TİB***78)**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	609,5567	510,7046	**1.120,2613**
PIN*** PE**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	571,0083	478,4076	**1.049,4159**
TİB***80)**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	524,8961	439,7734	**964,6695**
TİB***SNG**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	389,4390	326,2835	**715,7225**
TİB***SNG**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	389,4390	326,2835	**715,7225**
TİB***SNG**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	331,3860	277,6450	**609,0309**
TİB***81)**	4,5	8,270232701	3,770232701	0,019197427	0,016084171	270,9141	226,9798	**497,8939**
Toplam						**156.886,1539**	**131.443,8461**	**288.330,0000**

Ek 3. *Laboratuvar Faaliyeti Kaynaklı Su Ayak İzi*

Ürün	Hacim/ Patlatma (litre)	Laborant (litre)	Toplam WFA (litre/ürün)	Birim WFA (litre/adet)
ALT***YAZ**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00000417**
ALT***YAZ**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00000417**
ANA***,5G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00000816**
ANA***,5G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00000816**
ANA***,3G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00008993**
ANA***,3G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00008993**
BES***27G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00002094**
BES***,3G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00004637**
BET***6)**	**0,3**	**16,64804469**	**16,94804469**	**0,00007716**
BET***7)**	**0,6**	**16,64804469**	**17,24804469**	**0,00025759**
CC *****95)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00212097**
CC *****7)	**0,07**	**16,64804469**	**16,71804469**	**0,00002732**
CC *****32)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00021872**
CC *****00)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00016665**
CC *****02)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00007864**
CC *****02)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00007864**
CC *****38)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00008973**
CC *****27)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00015907**
CC *****40)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00043745**
CC *****98)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00016277**
CC *****36)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00034996**
CC *****71)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00022578**
CC *****96)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00022578**
CC *****34)	**0,15**	**16,64804469**	**16,79804469**	**0,00003910**
DAN*** PE**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00140400**

DAN*** PE**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00140400**
DAN*** PE**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00140400**
DAN*** PE**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00140400**
DAN***OJI**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00003291**
DAN***CHA**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00003663**
DAN***AYA**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00004388**
DAN***NAS**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00026325**
DAN***ALİ**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00003738**
DAN***ALİ**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00003761**
DAN***UDU**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00000638**
DAN***UDU**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00000638**
DAN***CFL**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00001068**
DAN***ADE**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00000592**
DAN***N 2**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00000235**
DAN***ORY**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00008091**
DAN***LİS**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00016917**
DAN***EFL**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00016104**
DOA***5 G**	**2,5**	**16,64804469**	**19,14804469**	**0,00058903**
DOA***78G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00092500**
ED.***,3G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00041111**
EKE***REL**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00001566**
EKE***REL**	**1,5**	**16,64804469**	**18,14804469**	**0,00001610**
EST***8 G**	**0,5**	**16,64804469**	**17,14804469**	**0,00001211**
EST***YAZ**	**0,5**	**16,64804469**	**17,14804469**	**0,00028255**
EST***HVE**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00045604**
EST***HVE**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00045604**
EXO***NAT**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00031112**
JUI***27G**	**0,5**	**16,64804469**	**17,14804469**	**0,00088210**
KAT***YAZ**	**0,9**	**16,64804469**	**17,54804469**	**0,00010915**
KÜK***19G**	**0,25**	**16,64804469**	**16,89804469**	**0,00027080**
KÜK***19G**	**0,33**	**16,64804469**	**16,97804469**	**0,00027208**

KÜK***2 G**	**0,5**	**16,64804469**	**17,14804469**	**0,00002569**
KÜK***2 G**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00002606**
KÜK***32G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00003126**
KÜK***34G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00139268**
KÜK***50G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00005446**
KÜK***,5G**	**0,375**	**16,64804469**	**17,02304469**	**0,00018243**
KÜK***,5G**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00018645**
PIN***61)**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00001939**
PIN***75)**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00048137**
PIN***77)**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00002330**
PIN***33)**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00002045**
PIN*** PE**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00059333**
PIN***72)**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00002113**
PIN***siz**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00004203**
PLA***6 G**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00006951**
PLA***16G**	**0,1**	**16,64804469**	**16,74804469**	**0,00001921**
PLA***20G**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00018783**
PLA***2 G**	**0,2**	**16,64804469**	**16,84804469**	**0,00000317**
PLA***2 G**	**0,25**	**16,64804469**	**16,89804469**	**0,00000318**
PLA***REL**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00030136**
PLA***REL**	**0,3**	**16,64804469**	**16,94804469**	**0,00027389**
PLA***REL**	**5**	**16,64804469**	**21,64804469**	**0,00034984**
PLA***22G**	**0,4**	**16,64804469**	**17,04804469**	**0,00010344**
PLA***AVİ**	**0,465**	**16,64804469**	**17,11304469**	**0,00001405**
PLA***28G**	**0,4**	**16,64804469**	**17,04804469**	**0,00050419**
PLA***28G**	**0,5**	**16,64804469**	**17,14804469**	**0,00050714**
PLA***,5G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00020569**
PLA***,5G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00020569**
PLA***,5G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00020569**
PLA***,5G**	**0,5**	**16,64804469**	**17,14804469**	**0,00019986**
PLA***NCU**	**0,7**	**16,64804469**	**17,34804469**	**0,00082374**

PLA***47G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00026175**
PLA***BYZ**	**1,5**	**16,64804469**	**18,14804469**	**0,00001616**
PLA***Z****	**1,5**	**16,64804469**	**18,14804469**	**0,00001616**
PLA***BYZ**	**1,5**	**16,64804469**	**18,14804469**	**0,00001616**
PLA***.P.**	**1,5**	**16,64804469**	**18,14804469**	**0,00008692**
PLA***80)**	**1,5**	**16,64804469**	**18,14804469**	**0,00000456**
PLA*A*A*FANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,01951716**
PLA*A*Ç*KANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,03795003**
PLA*A*E*ÇANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,01035001**
PLAA*Ç*L*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,01035001**
PLAG*Ş**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00293176**
PLAA*P**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00114614**
PLAA**G**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00114614**
PLA*A*C*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00114614**
PLAA*Ü**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00114614**
PLA*A*R*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00114614**
PLA*A*M*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00114614**
PLA*A*A*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00114614**
PLA*A*G*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00114614**
PLAA*A**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00114614**
PLA*A*K*VANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00690001**
PLA*A*V*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00690001**
PLAA*K*Ş*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,03595266**
PLA*A*K*UANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00517500**
PLAK*S**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00517500**
PLA*A*L*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00493213**
PLA*A*A*ZANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00493213**
PLA*A*L*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00493213**
PLAA*S*K*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00295715**
PLA*A*K*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00295715**
PLA*A*SG**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00690001**

PLAA*S*G***ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00690001**
PLA*A*S*BANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00690001**
PLA*A*B*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00690001**
PLA*A*B*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00690001**
PLA*A*S*LAM.**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00683101**
PLAA*S**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00138000**
PLA*A*İ*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00138000**
PLAA*E**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00138000**
PLA*A*A*YANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00138000**
PLA*A*H*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00138000**
PLA*A*E*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00138000**
PLAA*Y**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00138000**
PLAA*S**ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00138000**
PLA***DAĞ**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,00180523**
PLAA*T*U*ANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,02070002**
PLA*A*T*RANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,02070002**
PLA*A*K*NANA**	**38**	**16,64804469**	**54,64804469**	**0,02070002**
PLA***RBA**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00026145**
PLA***5 G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00032985**
PLA***NES**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00038090**
PLA***27G**	**0,5**	**16,64804469**	**17,14804469**	**0,00009777**
PLA***27G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00010062**
PLA***27G**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00010062**
PLA***AZ***	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00009285**
PLA***YAZ**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00009285**
PLA***YAZ**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00009153**
PLA***YAZ**	**0,7**	**16,64804469**	**17,34804469**	**0,00009127**
PLA*** GR**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00009811**
PLA***50G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00003165**
PLA***50G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00003165**
PLA***50G**	**1,8**	**16,64804469**	**18,44804469**	**0,00003131**

PLA***K.)**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00009303**
PLA***,3G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00003210**
PLA***P)**	**4,5**	**16,64804469**	**21,14804469**	**0,00052891**
PLA***95G**	**4**	**16,64804469**	**20,64804469**	**0,00083799**
PLA***0GR**	**5**	**16,64804469**	**21,64804469**	**0,00055225**
SCA***06)**	**4**	**16,64804469**	**20,64804469**	**0,00004574**
SCA***92)**	**4**	**16,64804469**	**20,64804469**	**0,00021770**
SEĞ***32G**	**0,5**	**16,64804469**	**17,14804469**	**0,00016482**
TİB***İŞE**	**0,435**	**16,64804469**	**17,08304469**	**0,00011383**
TİB***İŞE**	**0,435**	**16,64804469**	**17,08304469**	**0,00011383**
TİB***İŞE**	**0,432**	**16,64804469**	**17,08004469**	**0,00011381**
TİB***80)**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00063631**
TİB***78)**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00054794**
TİB***81)**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00123285**
TİB***79)**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00034010**
TİB***SNG**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00033433**
TİB***SNG**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00033433**
TİB***SNG**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00033433**
TİB***SNG**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00033433**
TİB***SNG**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00033433**
TİB***SNG**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00033433**
TİB***SNG**	**0,75**	**16,64804469**	**17,39804469**	**0,00033433**
TİB***SİZ**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00015126**
TİB***48G**	**1,25**	**16,64804469**	**17,89804469**	**0,00017841**
TİB***5GR**	**1,8**	**16,64804469**	**18,44804469**	**0,00000935**
TİB***,5G**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00018616**
TOR***YAZ**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00015634**
TOR***YAZ**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00014795**
TOR***REL**	**1**	**16,64804469**	**17,64804469**	**0,00011320**
TOR***REL**	**2**	**16,64804469**	**18,64804469**	**0,00011961**
VEF***27G**	**0,5**	**16,64804469**	**17,14804469**	**0,00002035**

Ek 4. *Kalıphane Faaliyeti Su Ayak İzi*

Ürün	Kalıp Üretim (litre)	WD (litre)	WFA(Toplam/litre)	WFA(birim/litre)
PLA*****BYZ	10,6967	51,2294	61,9260	0,05376
EST*****HVE	10,6967	51,2294	61,9260	0,02841
CC *****95)	20,7991	99,6127	120,4117	0,01520
PLA*****REL	30,4558	145,8614	176,3172	0,00605
PLA*****95G	23,7704	113,8431	137,6134	0,00558
KÜK*****34G	10,3995	49,8063	60,2059	0,00475
PLA*****0GR	29,7130	142,3038	172,0168	0,00439
PIN***** PE	20,7991	99,6127	120,4117	0,00405
PIN*****75)	21,5419	103,1703	124,7122	0,00356
PLA*****P)	22,2847	106,7279	129,0126	0,00323
JUI*****27G	10,3995	49,8063	60,2059	0,00310
DOA*****78G	10,3995	49,8063	60,2059	0,00299
PLA*****YAZ	10,3995	49,8063	60,2059	0,00286
PLA*****NCU	10,3995	49,8063	60,2059	0,00286
PLA*****NES	22,2847	106,7279	129,0126	0,00278
PLA*****NES	22,2847	106,7279	129,0126	0,00278
PLA*****5 G	22,2847	106,7279	129,0126	0,00241
DOA*****5 G	10,9938	52,6524	63,6462	0,00196
PLA*****28G	10,6967	51,2294	61,9260	0,00183
EST*****HVE	11,1424	53,3639	64,5063	0,00169
BET*****7)	18,5706	88,9399	107,5105	0,00161
PLA*****YAZ	10,6967	51,2294	61,9260	0,00157
TOR*****REL	10,5481	50,5179	61,0660	0,00157
KÜK*****,5G	10,5481	50,5179	61,0660	0,00144
PLA*****2 G	10,6967	51,2294	61,9260	0,00143
KÜK*****19G	10,6967	51,2294	61,9260	0,00126
ED.*****,3G	9,8796	47,3160	57,1956	0,00126
SCA*****92)	18,5706	88,9399	107,5105	0,00113
EXO*****NAT	10,6967	51,2294	61,9260	0,00111
TİB*****SİZ	22,2847	106,7279	129,0126	0,00111
EST*****YAZ	10,6967	51,2294	61,9260	0,00102

PLA***REL**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00100**
KÜK***19G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00099**
PLA***47G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00092**
PLA***RBA**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00092**
KAT***YAZ**	**23,0275**	**110,2855**	**133,3130**	**0,00083**
PLA***DAĞ**	**4,0586**	**19,4378**	**23,4963**	**0,00078**
PLA*A*L*ANA**	**1,4855**	**7,1145**	**8,6000**	**0,00078**
PLA*A*S*LAM.**	**1,0726**	**5,1368**	**6,2094**	**0,00078**
PLA*A*S*BANA**	**1,0618**	**5,0855**	**6,1473**	**0,00078**
PLA*A*K*VANA**	**1,0618**	**5,0855**	**6,1473**	**0,00078**
PLA*A*A*ZANA**	**0,7722**	**3,6985**	**4,4708**	**0,00078**
PLA*A*G*ANA**	**0,2681**	**1,2842**	**1,5523**	**0,00078**
PLA*A*B*ANA**	**0,2681**	**1,2842**	**1,5523**	**0,00078**
PLAA*K*Ş*ANA**	**0,2038**	**0,9760**	**1,1798**	**0,00078**
PLA*A*Ç*KANA**	**0,1931**	**0,9246**	**1,1177**	**0,00078**
PLAA*Ç*L*ANA**	**0,1931**	**0,9246**	**1,1177**	**0,00078**
PLA*A*B*ANA**	**0,1931**	**0,9246**	**1,1177**	**0,00078**
PLA*A*L*ANA**	**0,1341**	**0,6421**	**0,7762**	**0,00078**
PLAK*S**ANA**	**0,1341**	**0,6421**	**0,7762**	**0,00078**
PLAA*S**ANA**	**0,0107**	**0,0514**	**0,0621**	**0,00078**
PLA*A*SG**ANA**	**6,3925**	**30,6155**	**37,0080**	**0,00078**
PLAA*S*G***ANA**	**5,3092**	**25,4273**	**30,7365**	**0,00078**
PLAA*P**ANA**	**4,6013**	**22,0370**	**26,6383**	**0,00078**
PLAG*Ş**ANA**	**2,4991**	**11,9688**	**14,4679**	**0,00078**
PLAA*S**ANA**	**2,4776**	**11,8661**	**14,3437**	**0,00078**
PLAA**G**ANA**	**1,4158**	**6,7806**	**8,1964**	**0,00078**
PLA*A*K*UANA**	**1,4158**	**6,7806**	**8,1964**	**0,00078**
PLA*A*İ*ANA**	**0,9278**	**4,4434**	**5,3711**	**0,00078**
PLA*A*C*ANA**	**0,7293**	**3,4930**	**4,2224**	**0,00078**
PLAA*Ü**ANA**	**0,7079**	**3,3903**	**4,0982**	**0,00078**
PLA*A*R*ANA**	**0,7079**	**3,3903**	**4,0982**	**0,00078**
PLAA*E**ANA**	**0,7079**	**3,3903**	**4,0982**	**0,00078**
PLA*A*E*ÇANA**	**0,7079**	**3,3903**	**4,0982**	**0,00078**

PLA*A*A*FANA**	**0,3754**	**1,7979**	**2,1733**	**0,00078**
PLA*A*H*ANA**	**0,3754**	**1,7979**	**2,1733**	**0,00078**
PLA*A*E*ANA**	**0,3647**	**1,7465**	**2,1112**	**0,00078**
PLA*A*M*ANA**	**0,3539**	**1,6952**	**2,0491**	**0,00078**
PLAA*T*U*ANA**	**0,3539**	**1,6952**	**2,0491**	**0,00078**
PLA*A*T*RANA**	**0,3539**	**1,6952**	**2,0491**	**0,00078**
PLAA*Y**ANA**	**0,3539**	**1,6952**	**2,0491**	**0,00078**
PLA*A*V*ANA**	**0,3539**	**1,6952**	**2,0491**	**0,00078**
PLA*A*K*NANA**	**0,3539**	**1,6952**	**2,0491**	**0,00078**
PLAA*S*K*ANA**	**0,3539**	**1,6952**	**2,0491**	**0,00078**
PLA*A*K*ANA**	**0,3539**	**1,6952**	**2,0491**	**0,00078**
PLA*A*A*ANA**	**0,3325**	**1,5924**	**1,9249**	**0,00078**
PLAA*A**ANA**	**0,1823**	**0,8733**	**1,0556**	**0,00078**
PLA*A*A*YANA**	**0,3968**	**1,9006**	**2,2975**	**0,00078**
PLA***,5G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00072**
EKE***REL**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00072**
PLA***,5G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00071**
PLA***20G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00070**
KÜK***,5G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00067**
TİB***,5G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00062**
TİB***48G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00062**
PLA***.P.**	**22,2847**	**106,7279**	**129,0126**	**0,00062**
SEĞ***32G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00060**
BET***6)**	**22,2847**	**106,7279**	**129,0126**	**0,00059**
TOR***YAZ**	**23,7704**	**113,8431**	**137,6134**	**0,00053**
TOR***YAZ**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00052**
TİB***İŞE**	**10,4106**	**49,8591**	**60,2697**	**0,00040**
TİB***İŞE**	**6,5571**	**31,4038**	**37,9609**	**0,00040**
TİB***İŞE**	**6,0599**	**29,0225**	**35,0824**	**0,00040**
TOR***REL**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00040**
PLA***22G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00038**
PLA***50G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00037**
PLA***27G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00036**

KÜK***2 G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00035**
PLA*** GR**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00033**
PLA***YAZ**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00033**
PLA***K.)**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00031**
ANA***,3G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00030**
TİB***79)**	**2,4809**	**11,8816**	**14,3624**	**0,00028**
TİB***SNG**	**2,0042**	**9,5989**	**11,6031**	**0,00028**
TİB***78)**	**1,5398**	**7,3748**	**8,9146**	**0,00028**
TİB***80)**	**1,3260**	**6,3505**	**7,6765**	**0,00028**
TİB***81)**	**0,6844**	**3,2777**	**3,9620**	**0,00028**
TİB***SNG**	**2,5236**	**12,0864**	**14,6100**	**0,00028**
TİB***SNG**	**1,9676**	**9,4233**	**11,3909**	**0,00028**
TİB***SNG**	**1,7537**	**8,3990**	**10,1527**	**0,00028**
TİB***SNG**	**0,9838**	**4,7117**	**5,6954**	**0,00028**
TİB***SNG**	**0,9838**	**4,7117**	**5,6954**	**0,00028**
TİB***SNG**	**0,8371**	**4,0093**	**4,8464**	**0,00028**
PLA***,5G**	**10,7709**	**51,5851**	**62,3561**	**0,00027**
PLA***28G**	**10,3995**	**49,8063**	**60,2059**	**0,00026**
PLA***6 G**	**10,3995**	**49,8063**	**60,2059**	**0,00024**
ALT***YAZ**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00023**
CC *****7)	**20,7991**	**99,6127**	**120,4117**	**0,00020**
SCA***06)**	**14,8565**	**71,1519**	**86,0084**	**0,00019**
KÜK***50G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00018**
PLA***Z****	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00017**
ANA***,5G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00016**
BES***,3G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00015**
PLA***REL**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00015**
PLA***27G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00015**
PIN***siz**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00015**
PIN***72)**	**20,7991**	**99,6127**	**120,4117**	**0,00014**
PIN***61)**	**20,7991**	**99,6127**	**120,4117**	**0,00014**
PLA***50G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00012**
PLA***27G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00012**

KÜK***32G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00011**
PLA***,3G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00011**
PLA***50G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00011**
PLA***,5G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00009**
KÜK***2 G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00009**
PIN***33)**	**11,0785**	**53,0581**	**64,1366**	**0,00008**
PIN***77)**	**9,7206**	**46,5546**	**56,2752**	**0,00008**
VEF***27G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00007**
BES***27G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00007**
CC *****34)	**5,4114**	**25,9167**	**31,3281**	**0,00007**
CC *****02)	**2,6906**	**12,8859**	**15,5765**	**0,00007**
CC *****02)	**2,5092**	**12,0172**	**14,5264**	**0,00007**
CC *****38)	**2,3580**	**11,2933**	**13,6513**	**0,00007**
CC *****27)	**1,3302**	**6,3706**	**7,7008**	**0,00007**
CC *****98)	**1,2999**	**6,2258**	**7,5257**	**0,00007**
CC *****00)	**1,2697**	**6,0810**	**7,3507**	**0,00007**
CC *****32)	**0,9674**	**4,6331**	**5,6005**	**0,00007**
CC *****96)	**0,9372**	**4,4884**	**5,4255**	**0,00007**
CC *****71)	**0,9372**	**4,4884**	**5,4255**	**0,00007**
CC *****36)	**0,6046**	**2,8957**	**3,5003**	**0,00007**
CC *****40)	**0,4837**	**2,3166**	**2,8003**	**0,00007**
PLA***16G**	**8,9139**	**42,6911**	**51,6050**	**0,00006**
PLA***BYZ**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00006**
EKE***REL**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00005**
PLA***AVİ**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00005**
DAN*** PE**	**2,7458**	**13,1502**	**15,8959**	**0,00005**
DAN***CHA**	**3,9470**	**18,9034**	**22,8504**	**0,00005**
DAN***AYA**	**3,2949**	**15,7802**	**19,0751**	**0,00005**
DAN*** PE**	**2,7114**	**12,9858**	**15,6972**	**0,00005**
DAN*** PE**	**2,5055**	**11,9995**	**14,5050**	**0,00005**
DAN*** PE**	**0,1030**	**0,4931**	**0,5961**	**0,00005**
DAN***OJI**	**4,3932**	**21,0403**	**25,4335**	**0,00005**
DAN***NAS**	**0,5492**	**2,6300**	**3,1792**	**0,00005**

DAN***ALİ**	**0,5492**	**2,6300**	**3,1792**	**0,00005**
EST***8 G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00004**
ANA***,3G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00004**
PLA***80)**	**23,0275**	**110,2855**	**133,3130**	**0,00003**
TİB***5GR**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00003**
ANA***,5G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00003**
ALT***YAZ**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00001**
PLA***2 G**	**10,6967**	**51,2294**	**61,9260**	**0,00001**
DAN***N 2**	**9,9001**	**47,4145**	**57,3147**	**0,00001**
DAN***ADE**	**3,9306**	**18,8248**	**22,7554**	**0,00001**
DAN***UDU**	**3,6445**	**17,4545**	**21,0990**	**0,00001**
DAN***CFL**	**2,1778**	**10,4301**	**12,6079**	**0,00001**
DAN***ALİ**	**0,6222**	**2,9800**	**3,6023**	**0,00001**
DAN***UDU**	**0,5486**	**2,6275**	**3,1761**	**0,00001**
DAN***ORY**	**0,2875**	**1,3769**	**1,6644**	**0,00001**
DAN***EFL**	**0,1444**	**0,6918**	**0,8362**	**0,00001**
DAN***LİS**	**0,1375**	**0,6585**	**0,7960**	**0,00001**
Toplam	**1.401,4856**	**6.712,1152**	**8.113,6008**	

Ek 5. *Depolama Faaliyetinden Kaynaklı Su Ayak İzi*

Ürün	Üretim miktarı	Hacim (dm3)	WD=WFA (birim/litre)	WD=WFA (parti/litre)
DAN***N 2**	7.128.000	0,1	0,0000165598	**118,0385**
PLA***2 G**	5.316.979	0,2	0,0000331197	**176,0966**
ALT***YAZ**	4.232.280	1	0,0001655983	**700,8585**
PLA***80)**	3.977.760	1,5	0,0002483975	**988,0656**
DAN***ADE**	2.830.000	0,1	0,0000165598	**46,8643**
DAN***UDU**	2.624.000	0,1	0,0000165598	**43,4530**
ANA***,5G**	2.162.496	1	0,0001655983	**358,1057**
TİB***5GR**	1.972.512	1,85	0,0003063569	**604,2926**
DAN***CFL**	1.568.000	0,1	0,0000165598	**25,9658**
ANA***,3G**	1.498.400	2	0,0003311966	**496,2650**
EST***8 G**	1.416.168	0,5	0,0000827992	**117,2575**
PLA***AVİ**	1.217.700	0,465	0,0000770032	**93,7668**
EKE***REL**	1.127.230	1	0,0001655983	**186,6674**
PLA***BYZ**	1.123.200	1,5	0,0002483975	**279,0000**
PLA***16G**	872.000	0,1	0,0000165598	**14,4402**
PIN***61)**	869.000	0,2	0,0000331197	**28,7810**
BES***27G**	842.940	1	0,0001655983	**139,5894**
VEF***27G**	842.490	0,5	0,0000827992	**69,7575**
PIN***72)**	835.120	1	0,0001655983	**138,2945**
PIN***33)**	824.000	0,2	0,0000331197	**27,2906**
PIN***77)**	723.000	0,2	0,0000331197	**23,9455**
KÜK***2 G**	667.520	0,5	0,0000827992	**55,2701**

PLA***,5G**	661.635	1	0,0001655983	**109,5656**
CC *****7)	612.000	0,07	0,0000115919	**7,0942**
PLA***50G**	589.280	2	0,0003311966	**195,1676**
PLA***,3G**	580.910	2	0,0003311966	**192,3954**
KÜK***32G**	564.480	1	0,0001655983	**93,4769**
DAN***OJI**	512.000	0,2	0,0000331197	**16,9573**
PLA***27G**	507.680	0,5	0,0000827992	**42,0355**
PLA***50G**	497.408	2	0,0003311966	**164,7399**
DAN***CHA**	460.000	0,2	0,0000331197	**15,2350**
SCA***06)**	451.464	4	0,0006623933	**299,0467**
DAN***ALİ**	448.000	0,1	0,0000165598	**7,4188**
CC *****34)	429.600	0,15	0,0000248397	**10,6712**
PIN***siz**	419.848	1	0,0001655983	**69,5261**
PLA***27G**	408.436	1	0,0001655983	**67,6363**
PLA***REL**	403.128	2	0,0003311966	**133,5146**
BES***,3G**	402.160	2	0,0003311966	**133,1940**
DAN***UDU**	395.000	0,1	0,0000165598	**6,5411**
ANA***,5G**	387.072	1	0,0001655983	**64,0985**
DAN***AYA**	384.000	0,2	0,0000331197	**12,7180**
PLA***Z****	361.200	1,5	0,0002483975	**89,7212**
KÜK***50G**	342.432	2	0,0003311966	**113,4123**
DAN*** PE**	320.000	0,2	0,0000331197	**10,5983**
DAN*** PE**	316.000	0,2	0,0000331197	**10,4658**
DAN*** PE**	292.000	0,2	0,0000331197	**9,6709**
ALT***YAZ**	272.800	1	0,0001655983	**45,1752**

TOR***YAZ**	257.488	2	0,0003311966	**85,2792**
PLA***6 G**	250.290	0,75	0,0001241987	**31,0857**
PLA***AZ***	236.808	1	0,0001655983	**39,2150**
PLA***28G**	234.000	0,4	0,0000662393	**15,5000**
PLA***,5G**	232.288	1	0,0001655983	**38,4665**
BET***6)**	219.648	0,3	0,0000496795	**10,9120**
CC *****02)	213.600	0,15	0,0000248397	**5,3058**
PLA***.P.**	208.800	1,5	0,0002483975	**51,8654**
ANA***,3G**	207.360	2	0,0003311966	**68,6769**
DAN***ORY**	207.000	0,1	0,0000165598	**3,4279**
PLA***K.)**	200.448	2	0,0003311966	**66,3877**
CC *****02)	199.200	0,15	0,0000248397	**4,9481**
PLA*** GR**	190.080	2	0,0003311966	**62,9539**
PLA***YAZ**	190.080	1	0,0001655983	**31,4769**
CC *****38)	187.200	0,15	0,0000248397	**4,6500**
KÜK***2 G**	180.225	0,75	0,0001241987	**22,3837**
PLA***27G**	175.392	1	0,0001655983	**29,0446**
PLA***50G**	170.688	1,8	0,0002980770	**50,8782**
PLA***22G**	164.808	0,4	0,0000662393	**10,9168**
KAT***YAZ**	160.776	0,9	0,0001490385	**23,9618**
TOR***REL**	155.904	1	0,0001655983	**25,8174**
TİB***İŞE**	150.080	0,435	0,0000720353	**10,8111**
TOR***YAZ**	119.280	1	0,0001655983	**19,7526**
TİB***SİZ**	116.676	1	0,0001655983	**19,3213**
CC *****27)	105.600	0,15	0,0000248397	**2,6231**

SEĞ***32G**	104.040	0,5	0,0000827992	**8,6144**
DAN***EFL**	104.000	0,1	0,0000165598	**1,7222**
CC *****98)	103.200	0,15	0,0000248397	**2,5635**
CC *****00)	100.800	0,15	0,0000248397	**2,5038**
TİB***48G**	100.320	1,25	0,0002069979	**20,7660**
TİB***,5G**	100.170	2	0,0003311966	**33,1760**
DAN***LİS**	99.000	0,1	0,0000165598	**1,6394**
SCA***92)**	94.848	4	0,0006623933	**62,8267**
TİB***İŞE**	94.528	0,435	0,0000720353	**6,8093**
KÜK***,5G**	93.312	0,375	0,0000620994	**5,7946**
PLA***20G**	89.700	0,2	0,0000331197	**2,9708**
PLA***,5G**	87.696	1	0,0001655983	**14,5223**
TİB***İŞE**	87.360	0,435	0,0000720353	**6,2930**
EKE***REL**	85.910	1,5	0,0002483975	**21,3398**
PLA***,5G**	85.800	0,5	0,0000827992	**7,1042**
CC *****32)	76.800	0,15	0,0000248397	**1,9077**
CC *****96)	74.400	0,15	0,0000248397	**1,8481**
CC *****71)	74.400	0,15	0,0000248397	**1,8481**
PLA***RBA**	67.500	1	0,0001655983	**11,1779**
PLA***47G**	67.424	1	0,0001655983	**11,1653**
BET***7)**	66.960	0,6	0,0000993590	**6,6531**
DAN***NAS**	64.000	0,2	0,0000331197	**2,1197**
DAN***ALİ**	64.000	0,2	0,0000331197	**2,1197**
KÜK***19G**	62.400	0,25	0,0000413996	**2,5833**
PLA***REL**	61.880	0,3	0,0000496795	**3,0742**

EST***YAZ**	60.690	0,5	0,0000827992	**5,0251**
EXO***NAT**	55.920	0,75	0,0001241987	**6,9452**
PLA***5 G**	53.504	1	0,0001655983	**8,8602**
TİB***SNG**	52.038	0,75	0,0001241987	**6,4631**
TİB***79)**	51.156	0,75	0,0001241987	**6,3535**
KÜK***19G**	48.972	0,33	0,0000546474	**2,6762**
CC *****36)	48.000	0,15	0,0000248397	**1,1923**
PLA*A*SG**ANA**	47.680	19	0,0031463681	**150,0188**
PLA***NES**	46.332	1	0,0001655983	**7,6725**
ED.***,3G**	45.360	2	0,0003311966	**15,0231**
PLA***2 G**	43.200	0,25	0,0000413996	**1,7885**
KÜK***,5G**	42.336	0,75	0,0001241987	**5,2581**
TİB***SNG**	41.328	0,75	0,0001241987	**5,1329**
TİB***SNG**	40.572	0,75	0,0001241987	**5,0390**
PLA***P)**	39.984	4,5	0,0007451924	**29,7958**
PLAA*S*G***ANA**	39.600	19	0,0031463681	**124,5962**
PLA***YAZ**	39.360	0,75	0,0001241987	**4,8885**
PLA***0GR**	39.200	5	0,0008279916	**32,4573**
TOR***REL**	38.976	2	0,0003311966	**12,9087**
CC *****40)	38.400	0,15	0,0000248397	**0,9538**
EST***HVE**	38.150	0,75	0,0001241987	**4,7382**
TİB***SNG**	36.162	0,75	0,0001241987	**4,4913**
PIN***75)**	35.000	0,2	0,0000331197	**1,1592**
PLAA*P**ANA**	34.320	19	0,0031463681	**107,9834**
PLA***28G**	33.813	0,5	0,0000827992	**2,7997**

DOA***5 G**	32.508	2,5	0,0004139958	**13,4582**
TİB***78)**	31.752	0,75	0,0001241987	**3,9436**
PLA***DAĞ**	30.272	19	0,0031463681	**95,2469**
PIN*** PE**	29.744	1	0,0001655983	**4,9256**
PLA***REL**	29.160	5	0,0008279916	**24,1442**
TİB***80)**	27.342	0,75	0,0001241987	**3,3958**
PLA***95G**	24.640	4	0,0006623933	**16,3214**
PLA***YAZ**	21.060	0,7	0,0001159188	**2,4413**
PLA***NCU**	21.060	0,7	0,0001159188	**2,4413**
TİB***SNG**	20.286	0,75	0,0001241987	**2,5195**
TİB***SNG**	20.286	0,75	0,0001241987	**2,5195**
DOA***78G**	20.160	2	0,0003311966	**6,6769**
JUI***27G**	19.440	0,5	0,0000827992	**1,6096**
PLAG*Ş**ANA**	18.640	19	0,0031463681	**58,6483**
PLAA*S**ANA**	18.480	19	0,0031463681	**58,1449**
TİB***SNG**	17.262	0,75	0,0001241987	**2,1439**
TİB***81)**	14.112	0,75	0,0001241987	**1,7527**
KÜK***34G**	12.672	1	0,0001655983	**2,0985**
DAN*** PE**	12.000	0,2	0,0000331197	**0,3974**
PLA*A*L*ANA**	11.080	19	0,0031463681	**34,8618**
PLAA**G**ANA**	10.560	19	0,0031463681	**33,2256**
PLA*A*K*UANA**	10.560	19	0,0031463681	**33,2256**
PLA*A*S*LAM.**	8.000	19	0,0031463681	**25,1709**
PLA*A*S*BANA**	7.920	19	0,0031463681	**24,9192**
PLA*A*K*VANA**	7.920	19	0,0031463681	**24,9192**

CC *****95)	7.920	0,1	0,0000165598	**0,1312**
PLA*A*İ*ANA**	6.920	19	0,0031463681	**21,7729**
PLA*A*A*ZANA**	5.760	19	0,0031463681	**18,1231**
PLA*A*C*ANA**	5.440	19	0,0031463681	**17,1162**
PLAA*Ü**ANA**	5.280	19	0,0031463681	**16,6128**
PLA*A*R*ANA**	5.280	19	0,0031463681	**16,6128**
PLAA*E**ANA**	5.280	19	0,0031463681	**16,6128**
PLA*A*E*ÇANA**	5.280	19	0,0031463681	**16,6128**
PLA*A*A*YANA**	2.960	19	0,0031463681	**9,3132**
PLA*A*A*FANA**	2.800	19	0,0031463681	**8,8098**
PLA*A*H*ANA**	2.800	19	0,0031463681	**8,8098**
PLA*A*E*ANA**	2.720	19	0,0031463681	**8,5581**
PLA*A*M*ANA**	2.640	19	0,0031463681	**8,3064**
PLAA*T*U*ANA**	2.640	19	0,0031463681	**8,3064**
PLA*A*T*RANA**	2.640	19	0,0031463681	**8,3064**
PLAA*Y**ANA**	2.640	19	0,0031463681	**8,3064**
PLA*A*V*ANA**	2.640	19	0,0031463681	**8,3064**
PLA*A*K*NANA**	2.640	19	0,0031463681	**8,3064**
PLAA*S*K*ANA**	2.640	19	0,0031463681	**8,3064**
PLA*A*K*ANA**	2.640	19	0,0031463681	**8,3064**
PLA*A*A*ANA**	2.480	19	0,0031463681	**7,8030**
EST***HVE**	2.180	0,75	0,0001241987	**0,2708**
PLA*A*G*ANA**	2.000	19	0,0031463681	**6,2927**
PLA*A*B*ANA**	2.000	19	0,0031463681	**6,2927**
PLAA*K*Ş*ANA**	1.520	19	0,0031463681	**4,7825**

PLA*A*Ç*KANA**	1.440	19	0,0031463681	**4,5308**
PLAA*Ç*L*ANA**	1.440	19	0,0031463681	**4,5308**
PLA*A*B*ANA**	1.440	19	0,0031463681	**4,5308**
PLAA*A**ANA**	1.360	19	0,0031463681	**4,2791**
PLA***BYZ**	1.152	1,5	0,0002483975	**0,2862**
PLA*A*L*ANA**	1.000	19	0,0031463681	**3,1464**
PLAK*S**ANA**	1.000	19	0,0031463681	**3,1464**
PLAA*S**ANA**	80	19	0,0031463681	**0,2517**
TOPLAM	**64.199.116**			**8.940,0000**

Ek 6. *Birim Seviyesinde Su Ayak İzi*

Ürün	Hammaddesi	Hammadde kaynaklı su ayak izi(mavi)	Hammadde kaynaklı su ayak izi(gri)	Soğutma Faaliyetinden kaynaklı su ayak izi	Etiket Giydirme faaliyetinden kaynaklı su ayak izi	WFA (birim/litre)
CC *****34)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****02)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****02)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****38)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****27)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****98)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****00)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****32)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****96)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****71)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**

CC *****36)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****40)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
CC *****95)	**POLİPROPİLEN**	**24,31000**	**0,00000**	**0,20171**	**0,00000**	**24,51171**
DAN***N 2**	**HDPE**	**11,39639**	**31.633,97597**	**0,06206**	**0,00567**	**31.645,44010**
DAN***ADE**	**HDPE**	**11,39639**	**31.633,97597**	**0,06206**	**0,00567**	**31.645,44010**
DAN***UDU**	**HDPE**	**11,39639**	**31.633,97597**	**0,06206**	**0,00567**	**31.645,44010**
DAN***CFL**	**HDPE**	**11,39639**	**31.633,97597**	**0,06206**	**0,00567**	**31.645,44010**
DAN***ALİ**	**HDPE**	**11,39639**	**31.633,97597**	**0,06206**	**0,00567**	**31.645,44010**
DAN***UDU**	**HDPE**	**11,39639**	**31.633,97597**	**0,06206**	**0,00567**	**31.645,44010**
DAN***ORY**	**HDPE**	**11,39639**	**31.633,97597**	**0,06206**	**0,00567**	**31.645,44010**
DAN***EFL**	**HDPE**	**11,39639**	**31.633,97597**	**0,06206**	**0,00567**	**31.645,44010**
DAN***LİS**	**HDPE**	**11,39639**	**31.633,97597**	**0,06206**	**0,00567**	**31.645,44010**
PLA***16G**	**PET**	**32.011,20000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**32.011,20780**
KÜK***19G**	**PET**	**38.013,30000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**38.013,30650**
KÜK***19G**	**PET**	**38.013,30000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**38.013,30780**

PLA***REL**	**PET**	**39.013,65000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**39.013,65650**
PLA***REL**	**PET**	**39.013,65000**	**0,00000**	**0,04768**	**0,00000**	**39.013,69768**
PLA***20G**	**PET**	**40.014,00000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**40.014,00650**
KÜK***2 G**	**PET**	**44.015,40000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**44.015,40650**
KÜK***2 G**	**PET**	**44.015,40000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**44.015,40650**
PLA***22G**	**PET**	**44.015,40000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**44.015,40650**
PLA***2 G**	**PET**	**44.015,40000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**44.015,40867**
PLA***2 G**	**PET**	**44.015,40000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**44.015,40867**
CC *****7)	**HDPE**	**16,28055**	**45.191,39425**	**0,20171**	**0,00000**	**45.207,87651**
BET***6)**	**HDPE**	**16,28055**	**45.191,39425**	**0,23274**	**0,00000**	**45.207,90754**
KÜK***,5G**	**PET**	**46.016,10000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**46.016,10650**
PLA***,5G**	**PET**	**46.016,10000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**46.016,10650**
PLA***,5G**	**PET**	**46.016,10000**	**0,00000**	**0,00694**	**0,00000**	**46.016,10694**
PLA***,5G**	**PET**	**46.016,10000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**46.016,10780**
PLA***,5G**	**PET**	**46.016,10000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**46.016,10867**

KÜK***,5G**	**PET**	**46.016,10000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**46.016,10867**
PLA***6 G**	**PET**	**50.017,50000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**50.017,50780**
TOR***REL**	**PET**	**52.018,20000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**52.018,20867**
TOR***REL**	**PET**	**52.018,20000**	**0,00000**	**0,00954**	**0,00000**	**52.018,20954**
PLA***27G**	**PET**	**54.018,90000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**54.018,90650**
BES***27G**	**PET**	**54.018,90000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**54.018,90780**
VEF***27G**	**PET**	**54.018,90000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**54.018,90780**
PLA***27G**	**PET**	**54.018,90000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**54.018,90780**
JUI***27G**	**PET**	**54.018,90000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**54.018,90780**
PLA***27G**	**PET**	**54.018,90000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**54.018,90867**
EXO***NAT**	**PET**	**54.018,90000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**54.018,90867**
EST***8 G**	**PET**	**56.019,60000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**56.019,60650**
EST***YAZ**	**PET**	**56.019,60000**	**0,00000**	**0,00650**	**0,00000**	**56.019,60650**
PLA***28G**	**PET**	**56.019,60000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**56.019,60780**
PLA***28G**	**PET**	**56.019,60000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**56.019,60867**

PLA***AVİ**	**PET**	**56.019,60000**	**0,00000**	**0,00954**	**0,00000**	**56.019,60954**
KÜK***32G**	**PET**	**64.022,40000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**64.022,40780**
TOR***YAZ**	**PET**	**64.022,40000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**64.022,40867**
SEĞ***32G**	**PET**	**64.022,40000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**64.022,40867**
ANA***,5G**	**PET**	**65.022,75000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**65.022,75867**
ANA***,5G**	**PET**	**65.022,75000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**65.022,75867**
KÜK***34G**	**PET**	**68.023,80000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**68.023,80867**
EST***HVE**	**PET**	**74.025,90000**	**0,00000**	**0,00954**	**0,00000**	**74.025,90954**
EST***HVE**	**PET**	**74.025,90000**	**0,00000**	**0,00954**	**0,00000**	**74.025,90954**
ALT***YAZ**	**PET**	**80.028,00000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**80.028,00867**
EKE***REL**	**PET**	**80.028,00000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**80.028,00867**
ALT***YAZ**	**PET**	**80.028,00000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**80.028,00867**
EKE***REL**	**PET**	**80.028,00000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**80.028,00867**
PLA***BYZ**	**PET**	**80.028,00000**	**0,00000**	**0,00954**	**0,00000**	**80.028,00954**
PLA***BYZ**	**PET**	**80.028,00000**	**0,00000**	**0,00954**	**0,00000**	**80.028,00954**

DAN*** PE**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00000**	**81.374,00083**
PIN***33)**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
PIN***77)**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
DAN***OJI**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
DAN***CHA**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
DAN***AYA**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
DAN*** PE**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
DAN*** PE**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
DAN*** PE**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
DAN***NAS**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
DAN***ALİ**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
PIN***75)**	**HDPE**	**29,30499**	**81.344,50964**	**0,18619**	**0,00695**	**81.374,00778**
PLA***YAZ**	**PET**	**84.029,40000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**84.029,40867**
PLA***5 G**	**PET**	**90.031,50000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**90.031,50867**
PLA***47G**	**PET**	**94.032,90000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**94.032,90867**

TİB***48G**	**PET**	**96.033,60000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**96.033,60867**
PIN***61)**	**HDPE**	**35,81721**	**99.421,06734**	**0,18619**	**0,00695**	**99.457,07770**
PLA***50G**	**PET**	**100.035,00000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**100.035,00780**
PLA***50G**	**PET**	**100.035,00000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**100.035,00867**
PLA***K.)**	**PET**	**100.035,00000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**100.035,00867**
PLA***50G**	**PET**	**100.035,00000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**100.035,00867**
KÜK***50G**	**PET**	**100.035,00000**	**0,00000**	**0,00954**	**0,00000**	**100.035,00954**
PLA***,3G**	**PET**	**108.638,01000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**108.638,01780**
BES***,3G**	**PET**	**108.638,01000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**108.638,01780**
ANA***,3G**	**PET**	**108.638,01000**	**0,00000**	**0,00780**	**0,00000**	**108.638,01780**
ED.***,3G**	**PET**	**108.638,01000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**108.638,01867**
ANA***,3G**	**PET**	**108.638,01000**	**0,00000**	**0,00954**	**0,00000**	**108.638,01954**
TİB***,5G**	**PET**	**120.042,00000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**120.042,00867**
PLA*** GR**	**PET**	**125.043,75000**	**0,00000**	**0,00867**	**0,00000**	**125.043,75867**
PLA***RBA**	**HDPE**	**47,21360**	**131.055,04331**	**0,23274**	**0,00000**	**131.102,48965**

TİB***5GR**	**PET**	**135.047,25000**	**0,00000**	**0,01084**	**0,00000**	**135.047,26084**
SCA***06)**	**PET**	**150.052,50000**	**0,00000**	**0,22166**	**0,00000**	**150.052,72166**
SCA***92)**	**PET**	**150.052,50000**	**0,00000**	**0,24382**	**0,00000**	**150.052,74382**
DOA***78G**	**PET**	**156.054,60000**	**0,00000**	**0,01084**	**0,00000**	**156.054,61084**
PLA***NES**	**HDPE**	**56,98193**	**158.169,87986**	**0,20171**	**0,00000**	**158.227,06350**
PLA***NES**	**HDPE**	**56,98193**	**158.169,87986**	**0,20171**	**0,00000**	**158.227,06350**
TİB***İŞE**	**HDPE**	**56,98193**	**158.169,87986**	**0,21723**	**0,01280**	**158.227,09181**
TİB***İŞE**	**HDPE**	**56,98193**	**158.169,87986**	**0,21723**	**0,01280**	**158.227,09181**
TİB***İŞE**	**HDPE**	**56,98193**	**158.169,87986**	**0,21723**	**0,01280**	**158.227,09181**
DOA***5 G**	**PET**	**170.059,50000**	**0,00000**	**0,01084**	**0,00000**	**170.059,51084**
PLA***0GR**	**PET**	**180.063,00000**	**0,00000**	**0,22166**	**0,00000**	**180.063,22166**
PLA***95G**	**PET**	**190.066,50000**	**0,00000**	**0,22166**	**0,00000**	**190.066,72166**
PLA***P)**	**PET**	**190.066,50000**	**0,00000**	**0,31032**	**0,00000**	**190.066,81032**
PLA***YAZ**	**PET**	**73,26248**	**203.361,27411**	**0,17068**	**0,00000**	**203.434,70726**
PLA***80)**	**HDPE**	**81,40275**	**225.956,97123**	**0,19395**	**0,00000**	**226.038,56793**

PLA***.P.**	**HDPE**	**81,40275**	**225.956,97123**	**0,19395**	**0,00000**	**226.038,56793**
PIN***siz**	**HDPE**	**81,40275**	**225.956,97123**	**0,18619**	**0,01920**	**226.038,57937**
PLA***Z****	**PET**	**81,40275**	**225.956,97123**	**0,21723**	**0,00000**	**226.038,59121**
PIN***72)**	**HDPE**	**81,40275**	**225.956,97123**	**0,20171**	**0,01920**	**226.038,59489**
PIN*** PE**	**HDPE**	**81,40275**	**225.956,97123**	**0,20171**	**0,01920**	**226.038,59489**
BET***7)**	**HDPE**	**81,40275**	**225.956,97123**	**0,23274**	**0,00000**	**226.038,60672**
KAT***YAZ**	**HDPE**	**86,28692**	**239.514,38951**	**0,20171**	**0,00000**	**239.600,87813**
TİB***SİZ**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,00000**	**248.642,41309**
TİB***SNG**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
TİB***79)**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
TİB***SNG**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
TİB***SNG**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
TİB***SNG**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
TİB***78)**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
TİB***80)**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**

TİB***SNG**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
TİB***SNG**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
TİB***SNG**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
TİB***81)**	**HDPE**	**89,54303**	**248.552,66836**	**0,20171**	**0,01920**	**248.642,43229**
PLA***YAZ**	**PET**	**97,68330**	**271.148,36548**	**0,17068**	**0,00000**	**271.246,21946**
PLA***NCU**	**HDPE**	**97,68330**	**271.148,36548**	**0,17068**	**0,00000**	**271.246,21946**
TOR***YAZ**	**PET**	**100,93941**	**280.186,64433**	**0,23274**	**0,00000**	**280.287,81648**
PLA***REL**	**PET**	**325,61100**	**903.827,88493**	**0,34135**	**0,00000**	**904.153,83728**
PLA*A*SG**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*S*G***ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*P**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA***DAĞ**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAG*Ş**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*S**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*L*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**

PLAA**G**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*K*UANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*S*LAM.**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*S*BANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*K*VANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*İ*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*A*ZANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*C*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*Ü**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*R*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*E**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*E*ÇANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*A*YANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*A*FANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*H*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**

PLA*A*E*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*M*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*T*U*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*T*RANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*Y**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*V*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*K*NANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*S*K*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*K*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*A*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*G*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*B*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*K*Ş*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*Ç*KANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*Ç*L*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**

PLA*A*B*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*A**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLA*A*L*ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAK*S**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**
PLAA*S**ANA**	**POLİKARBONAT**	**2.011.491,00000**	**0,00000**	**0,55415**	**0,00000**	**2.011.491,55415**

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Bilge KATANALP

ÖĞRENİM DURUMU

Doktora	Sakarya Üniversitesi/İşletme Enstitüsü/Muhasebe ve Finansman	2017- Devam Ediyor
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü/Muhasebe ve Finansman	2015-2017
Lisans	Sakarya Üniversitesi/ İşletme Bölümü	2011-2015

İŞ DENEYİMİ

YIL	YER	GÖREV
2016-	Sakarya Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2016-2016	Kocaeli Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YABANCI DİL

Almanca, İngilizce, İspanyolca, Latince

ESERLER

Can, A. V. ve Katanalp, B. (2022). Accounting and Auditing in Turkish Public Economic Enterprises: Assessment and Evaluation from the Foundation of the Republic to Present. *Cumhuriyet Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 18(35), 205 - 231.

Koç, T. , Katanalp, B. ve Akbıyık, A. (2022). Workforce Analysis from an Accounting Perspective: What Do the Determinants Really Demand? . *Istanbul Business Research* , 51 (1) , 69-93 . DOI: 10.26650/ibr.2022.51.972067

Can, A. V. ve Önal, B. (2017). İşletme fakültelerinin akredite olmak için tercih ettiği kurumların karşılaştırılması: Türkiye Cumhuriyeti ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti örneği. *Journal of Human Sciences, 14*(4), 3521–3534.

Önal, B. ve Çevik, Z. (2017). *Does Unregistered Employment Really Reduce The Labour Costs? A Study in Turkey.* Unregistered Employment,21.

Demirci, Ş. D. ve Önal, B. (2016). Uluslararası Finansal Raporlama Standartlarının Kapsamı: Seçilmiş 7 Sektör Bazında İnceleme. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, ICAFR16 Özel Sayısı*, 589-603.