



# Journal of Turkish Operations Management

## Türkiye orman ürünleri sektörünün döngüsel ekonomi ve endüstriyel simbiyoz bağlamında değerlendirilmesi

Murat Yeşilkaya<sup>1\*</sup>, Gülesin Sena Daş<sup>2</sup> Mehmet Fatih Yaşin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Niksar Meslek Yüksekokulu, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

e-mail: murat.yesilkaya@gop.edu.tr, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-4440-1311>

<sup>2</sup>Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye

e-mail: senadas@kku.edu.tr, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-7865-3162>

<sup>3</sup>Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM), Ankara, Türkiye,

e-mail: mfyasin@gmail.com, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-8656-7264>

\*Sorumlu Yazar

### Makale Bilgisi

#### Makale Geçmişi:

Geliş: 31.08.2022

Revize: 23.03.2023

Kabul: 10.04.2023

#### Anahtar Kelimeler:

Endüstriyel simbiyoz,  
Eko-endüstriyel park,  
Orman ürünleri endüstrisi,  
SWOT analizi

### Özet

Dünya nüfusunun artması ve teknolojik gelişmeler hızlı kentleşme ve sanayileşmeye yol açmıştır. Ancak artan sanayileşme nedeniyle ortaya çıkan çevre sorunları daha büyük bir endişe haline gelmiştir. Günümüzde birçok ülke, üretime bağlı çevre sorunlarını ortadan kaldırmak için Döngüsel Ekonomi politikalarıyla temiz ve sürdürülebilir üretimi desteklemektedir. Bu ülkeler, Döngüsel Ekonomi bağlamında çeşitli endüstrilerde Endüstriyel Simbiyoz (ES) uygulamalarını desteklemektedir. Orman ürünleri endüstrisi, Dünya'daki başarılı ES uygulamalarının odak noktasındaki sektörlerden biridir. Bu sektörün doğal hammaddelere bağımlılığı, orman varlığının yüksek olduğu ülkeler için bu sektöre daha kritik hale getirmiştir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki orman ürünleri endüstrisinin ES'nin uygulanabilirliğini tartışmaktır. İlk olarak orman ürünleri endüstrisine dayalı Dünya'da yapılmış iyi ES uygulamalarını incelenmiştir. Ardından, bu ES ağlarındaki iş birlikleri ve potansiyel malzeme, yan ürün ve atık akışlarını belirlenmiştir. Bu değerlendirmenin ışığında, ES'nin Türk orman endüstrisi için uygulanabilirliğine ilişkin bir SWOT analizi sunulmuştur. SWOT analizi sonuçları, Türkiye orman ürünleri sektörüne dayalı ES ağları kurmanın mümkün olduğunu göstermektedir. Ancak işletmeler, ES hakkında farkındalık yaratarak bu ağlara katılmaya teşvik edilmelidir. Bu ağlara katılımı artırmak için vergi muafiyetleri, girdi fiyatlarında indirim gibi destekler tasarlanmalıdır.

## Evaluation of the Turkish forest products industry in the context of circular economy and industrial symbiosis

### Article Info

#### Article History:

Received: 31.08.2023

Revised: 23.03.2023

Accepted: 10.04.2023

#### Keywords:

Industrial symbiosis,  
Eco-industrial park,  
Forest product industry,  
SWOT analysis

### Abstract

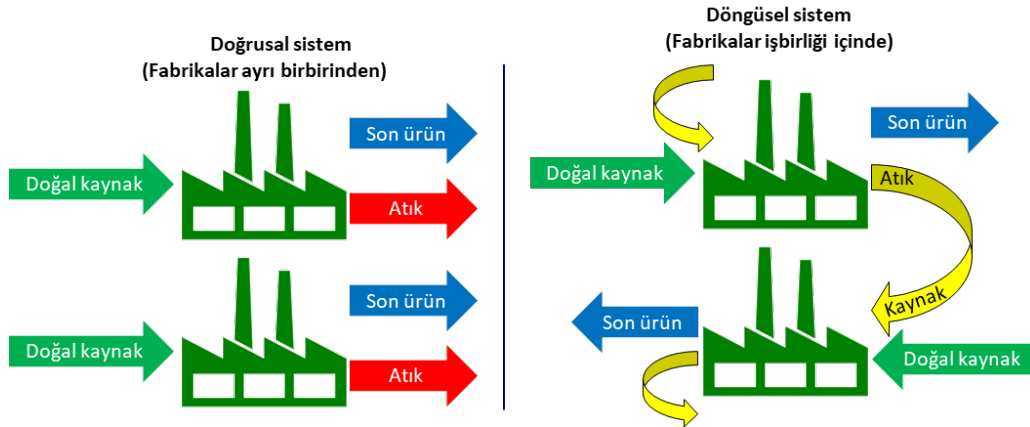
The increase in the world population and technological developments have led to rapid urbanization and industrialization. However, environmental problems arising due to increased industrialization have become a greater concern. Today, many countries support clean and sustainable production with Circular Economy policies to eliminate environmental problems related to production. These countries support Industrial Symbiosis (ES) applications across various industries in the context of the Circular Economy. The forest products industry is one of the sectors in the focus of successful ES applications in the world. The dependency of this sector on natural raw materials has made this sector more critical for countries with high forest existence. The aim of this study is to discuss the applicability of ES in the forest products industry in Turkey. First, good ES examples in the world based on the forest products industry are reviewed. Then, collaborations and potential material, by-product and waste flows in these ES networks are determined. In the light of this evaluation, a SWOT analysis on the applicability of ES for the Turkish forest industry is presented. The SWOT analysis results show that it is possible to establish ES networks based on the Turkish forest products sector. However, businesses should be encouraged to participate in these networks by raising awareness about ES. In order to increase participation in these networks, supports such as tax exemptions and reductions in input prices should be designed.

## 1. Giriş

Son yıllarda dünya nüfusundaki artış ve teknolojik gelişmeler hızlı kentleşme ve sanayileşmeye yol açmıştır. Bu hızlı değişimlere bağlı olarak ortaya çıkan çevre sorunları günümüzde giderek artan bir endişeyi de beraberinde getirmektedir. Zira, büyük miktarlarda malzeme ve enerji tüketmeye başlayan ülkelerin ortaya çıkardıkları atık miktarı da önemli ölçüde artmıştır (Satterthwaite, 2008; Grimm vd., 2008). Dünya Bankası verilerine göre, Dünya’da 2040 yılına kadar fosil enerjinin %80’inin kullanılacağı (Shell, 2014) ve 2025 yılına kadar atık üretiminin ikiye katlanacağı öngörülmektedir (World Bank, 2012). Avrupa Komisyonu raporlarına (2016) göre Avrupa Birliği ülkeleri her yıl, potansiyel olarak geri dönüştürülebilecek veya yeniden kullanılabilir atıkları bertaraf ederek yaklaşık 600 milyon ton değerli malzemeyi kaybetmektedir. Avrupa Birliği Atık Veri Merkezi’ne göre (2016) ise, ortaya çıkan bu atıkların yaklaşık %60’tan fazlası geri dönüştürülebilecek özelliktedir. Amerika ve birçok Avrupa ülkesinin bu atıkları bertaraf etmek için düzenli depolama alanlarını yoğun bir şekilde kullanmaktadır (EPA, 2014; EUROSTAT, 2014). Fakat bu depolama alanları metan gazı emisyonlarından, hava, su, topraktaki kimyasal ve mikrobiyolojik kirleticilere kadar birçok çevresel sorunu ortaya çıkarmaktadır (Kjeldsen vd., 2002). Dolayısıyla atıkları bertaraf için kullanılan depolama alanları da çevresel sürdürülebilirlik sorunlarına çözüm olmamıştır.

Atıkların yeniden kullanımı, sürdürülebilirlik ve temiz üretim bakımından yetersiz kalan Doğrusal Ekonomi modelindeki “al-yap-at” (take-make-dispose) düşüncesi Döngüsel Ekonomide yerini “azalt-yeniden kullan-geri dönüştür” (reduce-reuse-recycle) düşüncesine bırakmıştır (Kirchherr vd., 2017). Döngüsel ekonomi modelinin merkezindeki bu yaklaşım kaynak kullanımında verimlilik, atıkların azaltılması, yeniden kullanılması ve geri dönüşüm gibi yollarla sürdürülebilir kalkınmaya hizmet etmektedir (Polverini ve Miretti, 2019).

Avrupa Çevre Ajansı (EEA, 2016) kaynak-yoğun endüstrilerde atık emisyonlarının ve birincil kaynak kullanımının azaltılmasını, sürdürülebilir kalkınmayı hızlandırmanın kritik yollarından biri olarak önermektedir. Bu anlamda endüstriyel ekoloji (EE) ve endüstriyel simbiyoz (ES) doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçişte israfın nasıl azaltılacağına dair bir bakış açısı sunmaktadır. Şekil 1’de doğrusal ve döngüsel sistemlerin işleyişi ve potansiyel akışı verilmiştir.



Şekil 1. Doğrusal ve döngüsel sistem (Kim vd., 2018)

Döngüsel Ekonomi modelindeki kaynak yönetimi ve sürdürülebilirlik çabalarının temelinde EE kavramı vardır. Ayres (1989) EE kavramıyla ilişkili diğer bir kavram olan endüstriyel metabolizma kavramını ortaya atmıştır. Bu kavram, endüstride kullanılan malzeme, enerji ve diğer etmenlerin son ürüne ve atığa dönüştürülme sürecini doğal organizmaların yaşam şekillerine benzetmektedir. Frosch ve Gallopoulos (1989) ise endüstriyel metabolizma tanımından yola çıkarak EE kavramını ortaya koymuştur. Bu sayede işletmeler üretim süreçlerinde biyolojik ekosisteme benzer şekilde hareket ederek doğal kaynakların yok olma tehdidine karşı konumlanabilirler.

EE, sürdürülebilir kalkınma ve kaynak kullanımını destekleyen ve endüstri-doğa ilişkilerinden esinlenen bir çevre yönetim modelidir (Frosch ve Gallopoulos 1989; O’Rourke vd., 1996). EE kapsamında ele alınabilecek ES kavramı ise işletmeler arası seviyede gerçekleşir. Avrupa Komisyonu, ES’yi Döngüsel Ekonomiye kolaylaştırmak için potansiyel bir bileşen olarak tanımlamıştır. Aslında Avrupa uyum politikalarında ve yenilik programlarında,

ES'nin fosil yakıt ve doğal kaynakların tüketilmesiyle ilgili sorunların çözümünde kilit bir rol oynayacağı vurgulanmıştır (Iacondini vd., 2015).

ES kavramı doğadaki simbiyotik yaşamın birbirinden bağımsız hareket eden endüstriyel işletmelere uyarlanması olarak tanımlanabilir. ES hammaddenin, enerjinin, suyun ve/veya yan ürünlerin fiziksel olarak işletmeler arası değişimiyle meydana gelir (Chertow, 2000). ES ağları, kapalı ve sürdürülebilir yaşam döngüleri aracılığıyla kaynakları, varlıkları ve hizmetleri değiş tokuş eder (Cecelja vd., 2014). Birçok araştırmacıya göre bu sistemin temel taşları işletmelerin fiziksel yakınlığı, işletmeler arası iş birliği ve sinerjidir.

EE ve ES kavramları klasik endüstriyel parkları daha sürdürülebilir ve çevreci parklara dönüştürmek için de yenilikçi yollar sunmaktadır. Bu durumda Eko-Endüstriyel Park (EEP) kavramı ortaya çıkmıştır. EEP'ler ES fikrini uygulamanın en yaygın yoludur. Lowe, (1997)'a göre EEP, enerji, su ve malzemelerin değişimi yoluyla gelişmiş çevresel ve ekonomik fayda arayan üretim ve hizmet işletmelerinden oluşan bir sanayi parkı olarak ifade edilir. EEP'leri geliştirmede amaç; ağa dahil olacak üye işletmelerin ekonomik faydalarını artırırken çevresel faydalarını da en aza indirmektir. EEP'lerde ES çalışmalarının yürütülebilmesi için park altyapısının ve tesislerinin stratejik tasarımı yapılmalı, çevresel zararların önlenmesini sağlayacak destekler tasarlanmalı, enerji tasarrufu teşvik edilmeli ve katılımcılar arası iş birliği desteklenmeli ve kolaylaştırılmalıdır. Ancak bu şekilde bu parklarda yer alan işletmeler topluluğu bir endüstriyel ekosistem haline gelebilir.

Bir EEP'de yer alan ilk ve en gelişmiş ES örneği, 1961 yılında Danimarka sahilinde küçük bir sanayi bölgesinde kurulan Kalundborg EEP'sidir. 1989 yılına kadar Kalundborg ES bölgesi Dünya'da çok fazla ilgi uyandırmamıştır. Ancak, bu tarihten sonra bölgenin sürdürülebilirlik ve çevre yönetimi için önemi anlaşılmış ve bölgeye çeşitli ülkelerden ES'yi anlamak için araştırmacılar gönderilmiştir (Grann, 1997). Bu proje ile üye işletmeler arasında atık yönetimi sayesinde sanayi ortaklığı başlatılmış, su kaynaklarını daha etkin kullanmanın yeni yolları aranmış ve maliyet azaltma çabaları geliştirilmiştir (Dunn ve Steinemann, 1998). Sonuç olarak bu parkta yaklaşık 20 farklı yan ürün değişimi sağlanmıştır (Jacobsen, 2006).

ES'nin uygulandığı en önemli sektörlerinden biri orman ürünleri endüstrisidir. Sektördeki ana hammadde olan odun doğal bir kaynak olduğundan üretim sürecinde oluşan atık ve yan ürünler birçok sektörde enerji veya yan ürün olarak kullanılabilir (Paixao vd., 2017). Son yıllarda, sınırlı orman kaynakları ve çevresel faktörler dikkate alındığında odun yan ürünlerinin veya atıklarının verimli kullanımını zorunlu hale gelmiştir (Pokharel vd., 2017). Küresel pazarda, düşük değerli odun atıkları biyoenerji veya katma değerli ahşap mühendislik levha üretiminde kullanılabilir (Jahan ve Roohnia 2010). Bu durum orman ürünleri endüstrisinde ES sinerjilerini ortaya çıkartmıştır. Orman endüstrisindeki ilk ES örneği, 1990'ların sonlarında Avustralya'nın Styria bölgesindeki bir sanayi parkıdır. Orman endüstrisi temelli diğer EEP'ler ise Finlandiya'daki Uimaharju ve Kymi ile Çin'de Guitang parklarıdır.

Ahşap malzemenin mobilya, kereste gibi orman ürünleri endüstrilerinde işlenmesi sürecinde yonga, atık odun, odun tozu, kabuk gibi birçok yan ürün/atık malzeme ortaya çıkar. Bu yan ürünler farklı veya benzer sektörlerde enerji kaynağı ya da hammaddeye alternatif bir ürün olarak değerlendirilebilir. Örneğin, mobilya endüstrisinde 1 ton ahşabın işlenmesi sürecinde, hammaddenin yaklaşık yarısı (0,5 ton) atık odun ortaya çıkmaktadır. (Kauppi, vd., 2018). Bu yüksek atık miktarı ile sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak mümkün değildir. Dolayısıyla orman endüstrisinde atık ve yan ürünlerin kullanımını benimseyen ES uygulamaları önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı; temiz üretim ve sürdürülebilir kaynak yönetimini destekleyen ES uygulamalarının odağındaki orman ürünleri endüstrisinde yer almış olan uygulamaları incelemek ve sektörü analiz etmektedir. Bu kapsamda ilk olarak orman ürünleri endüstrisini içeren ve genellikle bir EEP'de yer alan ES ağları incelenmiş ve bu ağlardaki muhtemel yan ürün, enerji, su vb. akışlar belirlenmiştir. Sonrasında ise orman endüstrisindeki olası iş birlikleri tartışılmıştır. Son olarak ise incelenen iyi ES uygulama örneklerinden hareketle Türkiye orman ürünleri endüstrisi için yapılmış bir SWOT analizi sunulmuştur.

## 2. Orman Ürünleri Endüstrisine Bakış

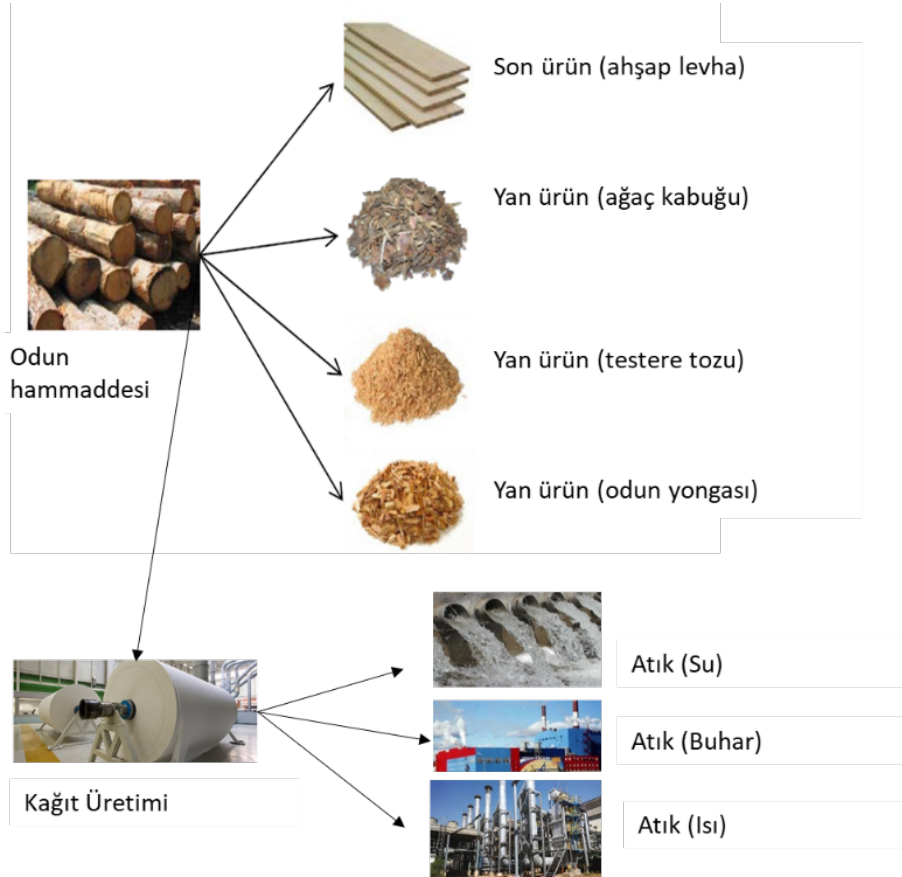
Orman ürünleri endüstrisi üretim süreçlerinde odun hammaddesini çeşitli mekanik (biçme, kesme, bükme, yongalama, soyma, vb.) veya kimyasal (liflendirme, pişirme vb.) yollarla işleyen, son ürün veya yarı mamul üreten entegre nitelikte bir üretim endüstrisidir. BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 1982) orman ürünleri endüstrisini temel olarak şu şekilde sınıflandırmıştır;

- Yuvarlak odun (kereste, kaplama vb.),
- Ahşap esaslı paneller (kontrplak, parke, yongalevha, liflevha vb.),
- Kağıt ve karton (kâğıt hamuru, gazete, baskı, yazı kağıtları vb.).

Ayrıca bu sınıflandırmaya mobilya endüstrisi ve biyoyakıt endüstrisi de dahil edilebilir (D'Amours, vd., 2008).

Orman ürünleri endüstrisinde yenilenebilir bir hammadde olan odununun kullanılıyor olması son yıllarda sektöre yönelik küresel talebin artmasına ve çevresel kaygılara yol açmıştır. Bu durum, orman ürünleri endüstrisinde daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir üretim anlayışının benimsenmesini zorunlu kılmıştır. Bu nedenle orman ürünleri endüstrisi, ES'nin en sık uygulandığı sektörlerden biri olmuştur. Sektörde hem hammadde hem de yakıt olarak ağırlıklı olarak yenilenebilir kaynaklar kullanılmaktadır (Murphy vd., 2015).

Ahşabın işlenmesi sonucu ortaya çıkan atıklar (ağaç kabuğu, kül, atık su, enerji vb.) ve yan ürünler (yonga, talaş, odun tozu, vb.), orman ürünleri endüstrisinin yanı sıra kimya, çimento, enerji ve tarım gibi diğer endüstri dallarında da kullanılabilir. Orman ürünleri endüstrisinde elde edilen atık ve yan ürünler diğer endüstriler için hammadde veya yarı mamul olarak kullanılabilir. Bu nedenle orman ürünleri endüstrisi kendi içinde veya diğer sektörlerle alışveriş halindedir. Şekil 2'de orman endüstrisinde oluşan bazı atık ve yan ürünlerin görselleri verilmiştir. Odun hammaddesinin çeşitli üretim süreçlerinde çeşitli yan ürün ve son ürünler oluşur. Özellikle kağıt endüstrisinde yoğun atık su, buhar ve ısı oluşur.



Şekil 2. Orman endüstrisinde oluşan bazı atık ve yan ürünler

Ahşabın ve yan ürünlerinin etkin kullanımı, sınırlı doğal kaynaklar nedeniyle son yıllarda artan bir ilgi görmüştür (Pokharel vd., 2017). Örneğin, mobilya üretiminde 1 m<sup>3</sup> ahşap işlendikten sonra yaklaşık 0,5 m<sup>3</sup> ahşap atık olarak ortaya çıkar (Kauppi, vd., 2018). Küresel pazarda, genelde odun atıkları yakılarak değerlendirilir ve basit bir şekilde biyoenerji elde edilir (Paixao vd., 2018). Fakat atıkların bu şekilde değerlendirilmeleri orman ürünleri endüstrisinin gelişimine ve çevre koruma politikalarına uygun değildir (Wang vd. 2010). Özellikle son yarım asırda gelişen ahşap levha endüstrisi (yongalevha, liflevha, vb.) orman ürünleri atıklarını odun hammaddesine alternatif olarak kullanıp katma değerli son ürünler üretmektedirler (Jahan-Latibari ve Roohnia, 2010).

Orman endüstrisi atıkları katma değerli ürünlere dönüştürülebilmesine rağmen bu atıkların geri dönüşümü ve yeniden kullanımı için modern entegre sistemler çok fazla gelişmemiştir. Dünya'nın ciddi bir odun arzı sıkıntısı ile karşı karşıya kaldığı son dönemlerde (Pokharel, vd., 2017), sektör için ekonomik değeri olan atık ve yan ürünlerin verimli bir şekilde değerlendirilmesini sağlayan ES modelleri orman endüstrisi için çok önemli bir uygulama alanıdır.

### 3. Orman Ürünleri Endüstrisinde Endüstriyel Simbiyoz

“Orman ürünleri”, “orman endüstrisi”, “odun ürünleri”, “endüstriyel simbiyoz”, eko-endüstriyel park” anahtar kelimelerini kullanarak yapılan literatür taramasında, orman ürünlerinde ES alanında yapılan 23 çalışmaya rastlanmıştır. Yayınlanan çalışmalar ile ilgili detaylı bilgiler ise Tablo 1'de sunulmuştur.

İlk olarak ES çalışmalarının yapıldığı bölgeler incelendiğinde, Kuzey Avrupa ülkeleri (Wernick vd., 1997; Korhonen, 2000; Korhonen vd., 2001; Korhonen ve Niutanen, 2003; Mirata, 2004; Illsley vd., 2007; Wolf ve Petersson, 2007; Karlsson ve Wolf, 2008; Sokka vd., 2011a; Pakarinen vd., 2010; Sokka vd., 2011b; Rosa ve Beloborodko, 2015) yüksek orman varlığı ile ön plana çıkmaktadır. Toplam yüzölçümünün %72'si (URL, 2019b) ormanlarla kaplı olan Finlandiya bölgesinde orman endüstrisindeki ES uygulamalarının yaklaşık %30'u yapılmıştır (Korhonen, 2000; Korhonen vd., 2001; Korhonen ve Niutanen, 2003; Sokka vd., 2011a; Pakarinen vd., 2010; Sokka vd., 2011b). Türkiye'de ise bünyesinde orman ürünleri endüstrisinden işletmeleri barındıran bir ES uygulaması bulunmamaktadır.

ES'nin ağırlarına dahil olan işletmelerin sektörleri incelendiğinde, çalışmaların yaklaşık yarısında (Wernick vd., 1997; Korhonen, 2000; Korhonen vd., 2001; Korhonen ve Niutanen, 2003; Jackson, 2005; Illsley vd., 2007; Wolf ve Petersson, 2007; Karlsson ve Wolf, 2008; Rosa ve Beloborodko, 2015; Wahrlich ve Simioni, 2019; da Silva vd., 2020) ES ağı sadece orman ürünleri endüstrisinde faaliyet gösteren işletmeler arasında kurulmuştur. Bu ağlar genel olarak kereste, kontrplak, mobilya ve ahşap panel gibi fabrikalarından çıkan odun yongası, kabuk vb. yan ürünlerin biyoyakıt olarak kullanılması için malzeme alışverişi amacıyla kurulmuştur.

İncelenen ağlarda (Schwarz ve Steininger, 1997; Mirata, 2004; Zhu vd., 2007; Park vd., 2008; Sokka vd., 2011a; Pakarinen vd., 2010; Sokka vd., 2011b; Yu vd., 2015b; Li, Pan vd., 2015; Hildebrandt vd., 2019) kimya, tarım, gübre, çimento, demir ve çelik gibi çeşitli sektörlerden işletmeler de mevcuttur. Birçok araştırmacı atıkların ve yan ürünlerin yüksek değişkenliği nedeniyle sürdürülebilir bir ES ağının oluşturulma olasılığının daha yüksek olduğunu savunmaktadır. Örneğin, kâğıt ve kağıt hamuru tesisinden elde edilen buhar ve atık su, kimyasal tesisler ve/veya çelik endüstrisi tarafından kullanılmaktadır. Kâğıt tesisinden gelen kimyasal atıklar kimyasal tesislerde yan ürün olarak kullanılabilir, odun kabukları ve odun yongaları tarımsal amaçlarla veya çimento fabrikaları tarafından kullanılmaktadır. İncelenen ES ağlarında yan ürün olarak genellikle odun kökenli olan odun tozu, odun yongası ve ağaç kabuğu alışverişi gözlenmiştir. Bunun yanında çamur, cüruf, kül gibi kimyasal atıkların da değişiminin olduğu gözlenmiştir. Ayrıca atık su, ısı ve buhar paylaşan işletmeler arasında enerji simbiyozu da gerçekleşmektedir.

ES ağlarında fiziksel yan ürün veya enerji değişiminin yanı sıra, teknik bilgi (Mirata, 2004; Korhonen, 2000) ve işgücü (Rosa ve Beloborodko, 2015; Jackson, 2005) değişimi de gözlenmiştir. Bu fiziksel olmayan sinerjiler, ağdaki işletmeler arasında Ar-Ge faaliyetlerini arttırdığından ve iş birliği kültürünü geliştirdiğinden önemlidir. İncelenen ES uygulamalarındaki ağ yapılarından sadece %39'u gerçek bir EEP'de (9 makale) bulunmaktadır. Orman endüstrisi temelli EEP'ler ise; Avusturalya'da Styria EEP'si, Finlandiya'da Uimaharju ve Kymi EEP'si, Çin'de Guitang EEP'si, Kore'de Ulsan EEP'si, Tayvan'da REDA EEP'si ve Letonya'da Linhai EEP'sidir. Yukarıda sayılanların dışındaki çalışmaların hepsi işletmeler arasında oluşturulan ES ağlarıdır. Yani bir EEP içerisinde değil farklı konumlarda bulunan işletmeler arasındaki iş birliğidir. Bu ağlar hakkında detaylı bilgi sonraki bölümde sunulmuştur.

Tablo 1'de özetlenen ES çalışmalarının genel olarak amacı; sürdürülebilir kaynak kullanımı ve iş birliği yoluyla çevresel etkiyi en aza indirmek, işletmelerin veya ağdaki diğer kuruluşların ekonomik faydalarını en üst düzeye çıkarmaktır. Öte yandan literatürdeki çalışmalar incelendiğinde farklı amaçlarla karşılaşılmıştır. Bu ağların birçoğunda öncelikli amaç ağdaki katılımcılara sağlanan ekonomik faydalardır (Eko). Beklenen ekonomik faydalar, hammadde kullanımından tasarruf, atık yönetimi maliyetlerinin düşüşü ve yan ürün ve enerji alışverişi ile yeni gelirler elde etmek olarak sayılabilir. Diğer ekonomik faydalar ise vergi maliyetlerinin düşürülmesi (Li vd., 2015; Mirata, 2004; Yu vd., 2015a; Zhu vd., 2007) ekonomik teşvikler, vergi indirimleri, krediler ve mali sübvansiyonlar gibi devlet tarafından sağlanan mali desteklerdir (Li vd., 2015; Mirata, 2005; Yu vd., 2015a).

Ayrıca çevresel beklentilerin ekonomik faydalara yol açtığı fikri de literatürde kabul görmektedir (Jacobsen, 2006).

Bunun yanı sıra çalışmalarda atık ve emisyon azaltımları ile yakıt ve enerji ekonomisi gibi çevresel amaçlara (Çev) odaklanan çalışmalar da (Korhonen, 2000; Sokka vd., 2011b) mevcuttur. Bu amaçlara ek olarak, yeni iş fırsatlarının yaratılması (Illsley vd., 2007; Jackson, 2005; Li vd., 2015; Mirata, 2004), işgücü iş birliği (Jackson, 2005; Rosa ve Beloborodko, 2015) ve ortak alt yapı kullanımı (Jackson, 2005; Mirata, 2004) gibi ES'nin yaratabileceği sosyal (Sos) fırsatları hedefleyen çalışmalar da mevcuttur.

**Tablo 1. Orman endüstrisinde ES uygulamaları**

Yazarlar	Ülkeler	Simbiyoz		Sektörler						EEP		Ağ	Amaçlar			Method	
		Yan ürün	Enerji	İşbirliği	Kağıt	Kereste	Ahşap levha	Mobilya	Biyoyakıt	Diğer*	Gerçek	Teorik	Teorik ES	Eko	Çev	Sos	MM.
Schwarz ve Steininger (1997)	Avusturya	C,E	X,Z		✓					✓	Styria		✓	✓			
Wernick vd., (1998)	İngiltere	A	X		✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓			✓
Korhonen (2000)	Finlandiya	A		K	✓							✓		✓			
Korhonen vd., (2001)	Finlandiya	B,C,D,E	X,Y		✓	✓			✓			✓	✓	✓			
Korhonen ve Niutanen (2003)	Finlandiya	B,C,D,E	X,,Y		✓	✓						✓	✓	✓			✓
Mirata (2004)	Finlandiya	A,B,C,E	Y,Z					✓	✓			✓	✓	✓			
Jackson (2005)	Kolombiya			L		✓						✓	✓	✓	✓		
Korhonen ve Snakin (2005)	Finlandiya	B,C,D,E	X, Y, T		✓	✓			✓	✓	Uimaharju		✓	✓			
Illsley vd., (2007)	İngiltere		X						✓			✓	✓	✓	✓		
Wolf ve Petersson (2007)	İsveç	B,C,D	X,Y,Z		✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓			
Zhu vd., (2007)	Çin	E			✓				✓		Guitang		✓	✓			
Karlsson ve Wolf, (2008)	İsveç	B,C,D	Z,Y		✓	✓			✓			✓	✓	✓			
Park vd., (2008)	Kore		Y,T		✓				✓		Ulsan		✓	✓			
Sokka vd., (2010)	Finlandiya	E	X,Y		✓				✓		Kymi		✓	✓			✓
Pakarinen vd., (2010)	Finlandiya	B,C,D,E	Y,T		✓	✓			✓		Kymi		✓	✓			
Sokka vd., (2011)	Finlandiya	E	X,Y		✓				✓		Kymi			✓			✓
Yu vd., (2015b)	Çin	C,E	T,Z		✓				✓		REDA		✓	✓			
Lie vd., (2015)	Tayvan	E	X,Y,T		✓				✓		Linhai		✓	✓	✓		✓
Rosa ve Beloborodko, (2015)	Letonya	B,C,D		L		✓	✓	✓				✓	✓	✓			✓
Hildebrandt vd., (2018)	Almanya	B,C,E	X		✓	✓	✓	✓	✓			✓		✓			✓
Wahrlich ve Simioni (2019)	Brezilya	B,C,D,E	X		✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓		
Da Silva, vd., (2020)	Portekiz, İspanya	B,C,D,E	X		✓		✓		✓			✓	✓	✓			
Yeşilkaya vd. (2020)	Türkiye	A, B,C,D,E	X,Y,T		✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓

\* Diğer (Kimya, Şeker, Tekstil, Çimento, Enerji, Tarım, Gıda, Demir-çelik, Gübre vb.), A: Atık Malzeme, B: Odun tozu C: Odun yongası, D: Kabuk, E: Kimyasal atık (Çamur, CO<sub>2</sub>, Cüruf, Kül vb.) X: Isı, Y: Buhar, Z: Elektrik, T: Atık su, K: Know-How, Bilgi, L: İşgücü

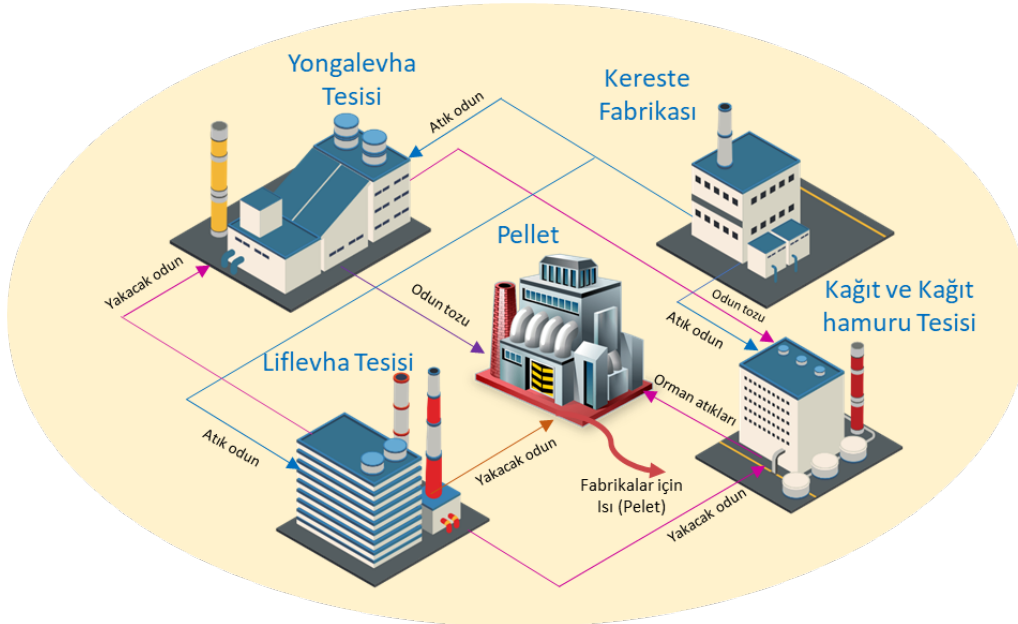
Tablo 1'den de görüleceği üzere bahsi geçen ağları analiz etmek Matematiksel Modelleme (MM) ve Yaşam Döngüsü Analiz (YDA) kullanılmıştır. Yöntem olarak genellikle YDA kullanılmıştır (Sokka vd., 2011b; Li, Pan, vd., 2015; Rosa ve Beloborodko, 2015; Hildebrandt vd., 2019). Buna karşın MM kullanımı oldukça kısıtlıdır. Halbuki atık, yan ürün, enerji ve bilgi alışverişinin, ES ağına dahil olan işletmeler arasında karmaşık bir kapalı döngü tedarik zinciri oluşturduğu bilinmektedir (Herczeg vd., 2018; Turken ve Geda, 2020). Bu nedenle, bu ağın iyi bir şekilde planlanması için optimizasyon Tablo 1'den de görüleceği üzere bahsi geçen ağları analiz etmek Matematiksel Modelleme (MM) ve Yaşam Döngüsü Analiz (YDA) kullanılmıştır. Yöntem olarak genellikle YDA kullanılmıştır (Sokka vd., 2011b; Li, Pan, vd., 2015; Rosa ve Beloborodko, 2015; Hildebrandt vd., 2019). Buna karşın MM kullanımı oldukça kısıtlıdır. Halbuki atık, yan ürün, enerji ve bilgi alışverişinin, ES ağına dahil olan işletmeler arasında karmaşık bir kapalı döngü tedarik zinciri oluşturduğu bilinmektedir (Herczeg vd., 2018; Turken ve Geda, 2020). Bu nedenle, bu ağın iyi bir şekilde planlanması için optimizasyon tekniklerinin kullanılması kaçınılmazdır (Wolf ve Karlsson, 2008). Ayrıca atıkların azaltılması ve çevrenin korunması için ortaya konan yeşil tedarik zinciri yapısının (Lin, vd., 2015; Zaralı, 2021; Çalık 2021) ES ağlarının kurulmasına katkı sağlayabileceği bilinmektedir.

Tablo 1’den de görüleceği üzere bahsi geçen ağları analiz etmek Matematiksel Modelleme (MM) ve Yaşam Döngüsü Analiz (YDA) kullanılmıştır. Yöntem olarak genellikle YDA kullanılmıştır (Sokka vd., 2011b; Li, Pan, vd., 2015; Rosa ve Beloborodko, 2015; Hildebrandt vd., 2019). Buna karşın MM kullanımı oldukça kısıtlıdır. Halbuki atık, yan ürün, enerji ve bilgi alışverişinin, ES ağına dahil olan işletmeler arasında karmaşık bir kapalı döngü tedarik zinciri oluşturduğu bilinmektedir (Herczeg vd., 2018; Turken ve Geda, 2020). Bu nedenle, bu ağın iyi bir şekilde planlanması için optimizasyon tekniklerinin kullanılması kaçınılmazdır (Wolf ve Karlsson, 2008). Ayrıca atıkların azaltılması ve çevrenin korunması için ortaya konan yeşil tedarik zinciri yapısının (Lin, vd., 2015; Zaralı, 2021; Çalık 2021) ES ağlarının kurulmasına katkı sağlayabileceği bilinmektedir.

Tablo 1’den de görüleceği üzere bahsi geçen ağları analiz etmek Matematiksel Modelleme (MM) ve Yaşam Döngüsü Analiz (YDA) kullanılmıştır. Yöntem olarak genellikle YDA kullanılmıştır (Sokka vd., 2011b; Li, Pan, vd., 2015; Rosa ve Beloborodko, 2015; Hildebrandt vd., 2019). Buna karşın MM kullanımı oldukça kısıtlıdır. Halbuki atık, yan ürün, enerji ve bilgi alışverişinin, ES ağına dahil olan işletmeler arasında karmaşık bir kapalı döngü tedarik zinciri oluşturduğu bilinmektedir (Herczeg vd., 2018; Turken ve Geda, 2020). Bu nedenle, bu ağın iyi bir şekilde planlanması için optimizasyon tekniklerinin kullanılması kaçınılmazdır (Wolf ve Karlsson, 2008). Ayrıca atıkların azaltılması ve çevrenin korunması için ortaya konan yeşil tedarik zinciri yapısının (Lin, vd., 2015; Zaralı, 2021; Çalık 2021) ES ağlarının kurulmasına katkı sağlayabileceği bilinmektedir. tekniklerinin kullanılması kaçınılmazdır (Wolf ve Karlsson, 2008). Ayrıca atıkların azaltılması ve çevrenin korunması için ortaya konan yeşil tedarik zinciri yapısının (Lin, vd., 2015; Zaralı, 2021; Çalık 2021) ES ağlarının kurulmasına katkı sağlayabileceği bilinmektedir.

Karlsson ve Wolf (2008), orman endüstrisi işletmeleri içeren bir ES ağında işletmelerin üretim maliyetini en aza indirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada bir matematiksel modele yer verilmemiş ama bir paket programı kullanılarak çözülen matematiksel modelin sonuçları paylaşılmıştır. Yeşilkaya vd. (2020) ise orman ürünleri endüstrisine dayalı bir ES ağının işletmelere ve çevreye potansiyel faydalarını ve katkılarını analiz etmek için çok amaçlı çok dönemli bir model önermiştir. Önerilen model ile elde edilecek kazanımları değerlendirmek için teorik bir EEP tasarlanmıştır. Tasarlanan bu EEP’deki işletmelerin potansiyel yan ürünlerini ve atıklarını değerlendirmek için YDA kullanmıştır. Sonrasında ise bu işletmeleri kapsayan bir ES ağı kurulmuş ve bu ağda olmanın çevreye ve işletmelere olan etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre elde edilecek çevresel faydaların sadece karbon emisyonlarındaki azalma ile sınırlı olmadığı ağda işletmeler arasında önemli miktarda su, atık ve yan ürün değişimi olabileceği ifade edilmektedir. Kurulan bu ağda yaklaşık 400 bin ton yan ürün değişimi, yaklaşık 60 bin ton akaryakıt tasarrufu ve 220 bin tondan fazla temiz su tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Ortaya çıkan kül ve lif çamuru gibi atıklar bertaraf edilmek yerine organik gübre üretimi için kullanılmıştır.

Oluşturulan bu ES ağı Daş vd. (2021) tarafından iki seviyeli bir programlama modeli kullanarak da analiz edilmiştir. Bu modelin amacı üst seviye karar verici olan park yöneticisi ile alt seviye karar vericileri konumundaki orman ürünleri işletmeleridir. Şekil 3’de modeldeki yan ürün akışları verilmiştir. Park yöneticisi, ağda yan ürün kullanımını teşvik etmek için toplam hammadde kullanımını en aza indirmek hedeflemektedir. Öte yandan, takipçi konumundaki işletmeler karlarını maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Ağda karbon salınımı azalmasının yanı sıra 500 bin ton üzerinde odun kökenli yan ürün değişimi gözlenmiştir. Sonuçta önerilen iki seviyeli model kullanarak işletmelerin hem karlı olabileceği hem de ağdaki hammadde kullanımının azaltılabileceği bir üretim seviyesi belirlenmiştir.

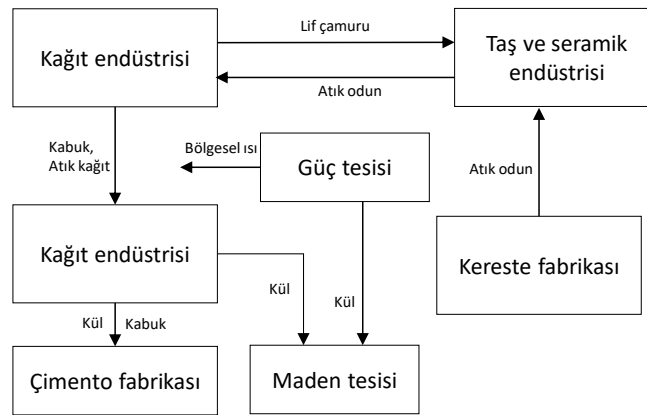


Şekil 3. Orman endüstrisi temelli ES ağı (Daş vd., 2021)

### 3.1. Orman Ürünleri Endüstrisinde ES Akışları

Bu bölümde orman endüstrisinde faaliyet gösteren işletmelerin bulunduğu EEP'ler ve ES uygulama çalışmaları incelenmiştir. Çalışma kapsamında orman endüstrisinden işletmeleri içeren ES ağlarındaki işletmeler arasındaki akışlar da detaylı olarak sunulmuştur. Şekillerdeki dikdörtgenler farklı tesis ve fabrikaları gösterirken oklar yan ürün, enerji, su, hammadde gibi ES akışlarını göstermektedir. Bilindiği gibi ES düşüncesinin temelini bu akışlar oluşturmaktadır.

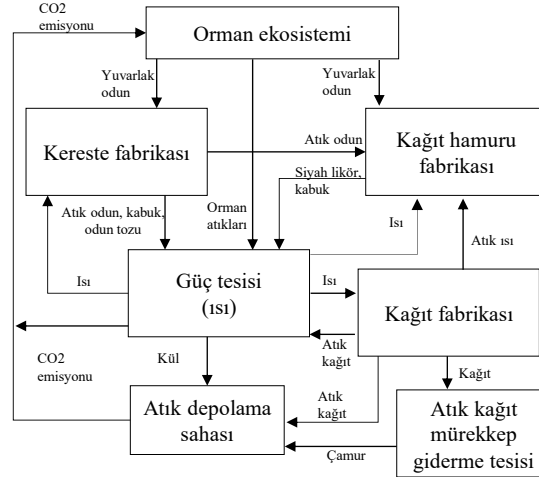
Schwarz ve Steininger (1997)'in çalışması bilindiği kadarıyla orman ürünleri endüstrisinin de temelinde olduğu ilk gerçek ES uygulamasıdır. Avusturya'nın Styria Bölgesi'ndeki EEP'de geliştirilen bu ES ağında kâğıt, kereste, taş, seramik, enerji, çimento, maden, atık su arıtımı, petrol, kimya ve geri dönüşüm gibi alanlarda faaliyet gösteren 50'den fazla işletme bulunmaktadır. ES ağındaki sektörler arasındaki akışlar Şekil 4'de sunulmuştur. Atık bertaraf maliyetlerinden tasarruf sağlamak ve yan ürünlerden/atıklardan gelir etmek isteyen işletmeler bu ES ağına dahil olmuştur. Styria ES ağına kurulmasında sonra yıllık (1993-1994 yılı); 159 bin ton ağaç kabuğu külü ve ağaç kabuğu çimento tesislerinde kullanılırken, 11 bin ton ham kül ise maden tesisinde kullanılmıştır. 437 bin ton atık kâğıt, kâğıt tesisinde geri dönüştürülerek ve 447 bin ton atık odun çeşitli endüstrilerde tekrar kullanılmıştır. Ayrıca çamur, demir atığı, petrol atığı gibi yaklaşık 1,5 milyon ton atık/yan ürün geri kazanılarak ağıdaki işletmelere kullanılmıştır.



Şekil 4. Avusturya'daki Styria ES ağındaki akışlar (Schwarz ve Steininger, 1997).

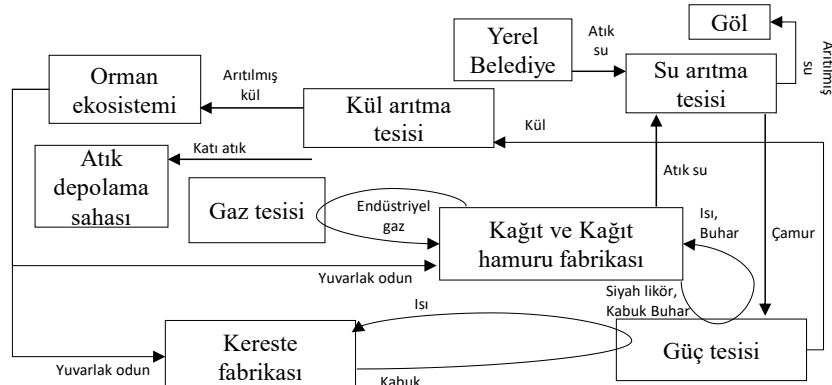


Şekil 4’de verilen ES ağına benzer bir ağ Korhonen vd (2001), Finlandiya’da orman endüstrisi işletmeleri için önermiştir. Ağdaki kereste fabrikası atıkları, kağıt hamuru (selüloz) üretiminde (11,4 milyon m<sup>3</sup>) ve enerji üretiminde (1,6 milyon m<sup>3</sup>) kullanılmaktadır. Kağıt fabrikasından çıkan siyah likör ise güç tesisinde yakıt olarak (11 milyon ton), atık kağıtlar tekrar kağıt tesisinde (0,6 milyon ton) kullanılmak üzere geri dönüştürülmektedir. Korhonen ve Ville Niutanen (2003) ise Korhonen vd (2001)’den önerilen model genişletilerek malzeme, enerji ve karbon için ES ağı verilmiştir. Bu çalışmalarda incelenen ağ Şekil 5’de görülmektedir.



Şekil 5. Finlandiya’daki orman endüstrisi temelli bir ağdaki akışlar (Korhonen ve Niutanen, 2003)

Diğer bir çalışma ise, Korhonen ve Snäkin, (2005) tarafından Finlandiya’nın batısında yer alan orman ürünleri endüstrisi temelli Uimaharju EEP’sini analiz etmiştir. Şekil 6’da da görüldüğü üzere bu ağda kağıt ve kağıt hamuru, kereste, kontrplak fabrikaları, su arıtma tesisi, gaz tesisi, kül arıtma tesisi, enerji ve ısı santralleri bulunmaktadır. Bu ağdaki katılımcılar arasında atık kül, atık su, atık buhar ve ısı, odun yongası, kabuk ve kimyasalların değişimi ile sağlanmıştır. Bu parktaki ES’nin malzeme ve enerji değişimini artırdığı ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını azalttığı bildirilmiştir.

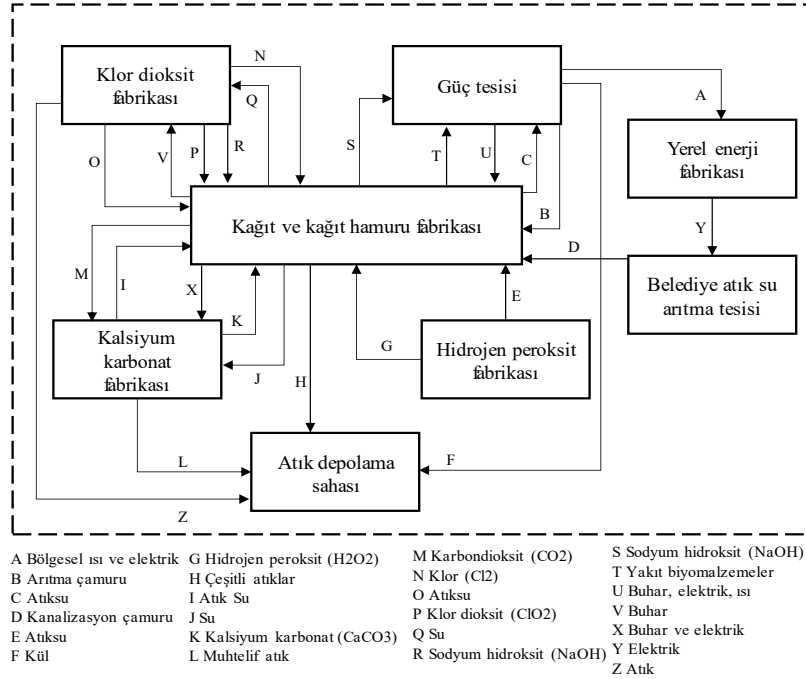


Şekil 6. Finlandiya Uimaharju parkındaki ES ağı (Korhonen ve Snäkin, 2005)

Wolf ve Peterson (2007) ise İsveç orman endüstrisindeki malzeme ve enerji alışverişlerinin bir değerlendirmesini yapmıştır. Çalışma için 63 kereste fabrikası, 13 selüloz fabrikası, 21 kağıt tesisi, 25 entegre selüloz ve kağıt tesisi ve 26 biyoyakıt üreticisi ile görüşülmüş ve mevcut akışlar belirlenmiştir. Sonuçlar, işletmelerin üçte birinden fazlasının birbirine yakın işletmelerle malzeme veya enerji alışverişi yaptığını işaret etmektedir. Ayrıca çalışmada Sundsvall-Timrå ve Mönsterås şehirleri için ES önerisinde bulunulmuştur. Södra grup şirketi bünyesinde bulunan işletmeler arasında Mönsterås için önerilen ES’deki akışlar Şekil 7’de verilmiştir. Ağda, kağıt, kereste ve biyoyakıt (pelet) üretim tesisleri ile yerel bir belediye arasında simbiyoz gerçekleştirilmiştir. Kağıt ve kereste fabrikalarından çıkan odun yongası ile ağaç kabuğu gibi yan ürünler biyoyakıt tesisine gönderilmiştir. Biyoyakıt tesisi ise bu yan ürünleri kullanarak elde ettiği ısıyı bu tesislere geri göndermiştir. Bunlara ek olarak tesis binası ve personel paylaşımı da gerçekleştirilmiştir. Kağıt tesisinden gelen buhar ve atık ısı ise kereste fabrikası ve yerel belediye tarafından kullanılmıştır.

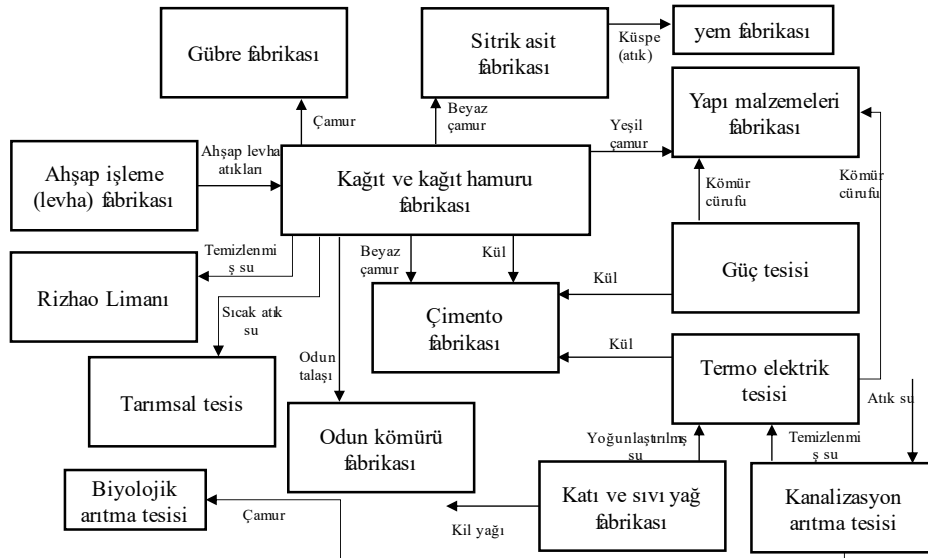






Şekil 11. Finlandiya Kymi parkındaki akışların son hali (Sokka vd., 2011a)

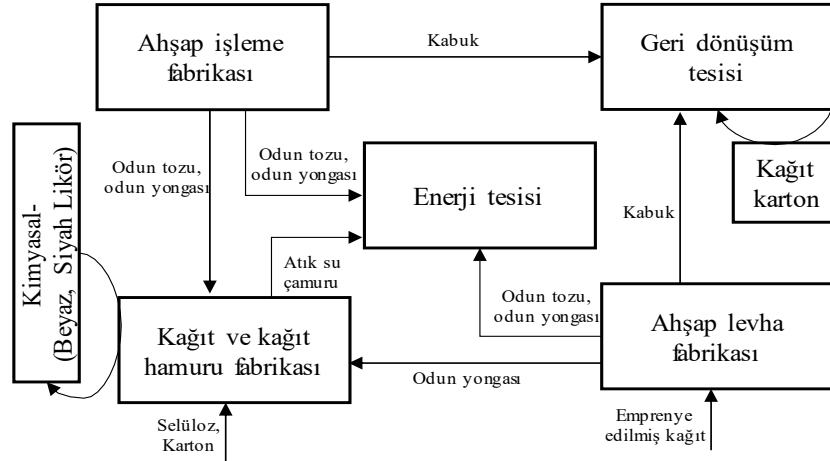
Yu vd. (2015a, 2015b) ise Çin’de kurulan REDA parkını incelemiştir. Şekil 12’de akışı verilen REDA parkı Şekil 10 ve 11’de verilen Kymi parkına benzer şekilde kağıt fabrikası etrafındaki tesislerin arasında kurulan bir ES ağıdır. Bu ağda tahıl yağı ve gıda, makine, kağıt hamuru ve kağıt, tekstil içeren 31 işletme arasında kurulan simbiyoz ağı sayesinde bu ağa hazır giyim, şarap rafinasyonu ve biyokimyasal endüstriler de katılmıştır. Devlet destekli bu ES ağına işletmelere sağlanan ekonomik teşvikler (vergi, malzeme fiyatı indirimleri, vb.), işletmelerin ES ağına katılmalarında itici bir güç olmuştur.



Şekil 12. Çin REDA parkındaki ES ağı (Yu vd., 2015a)

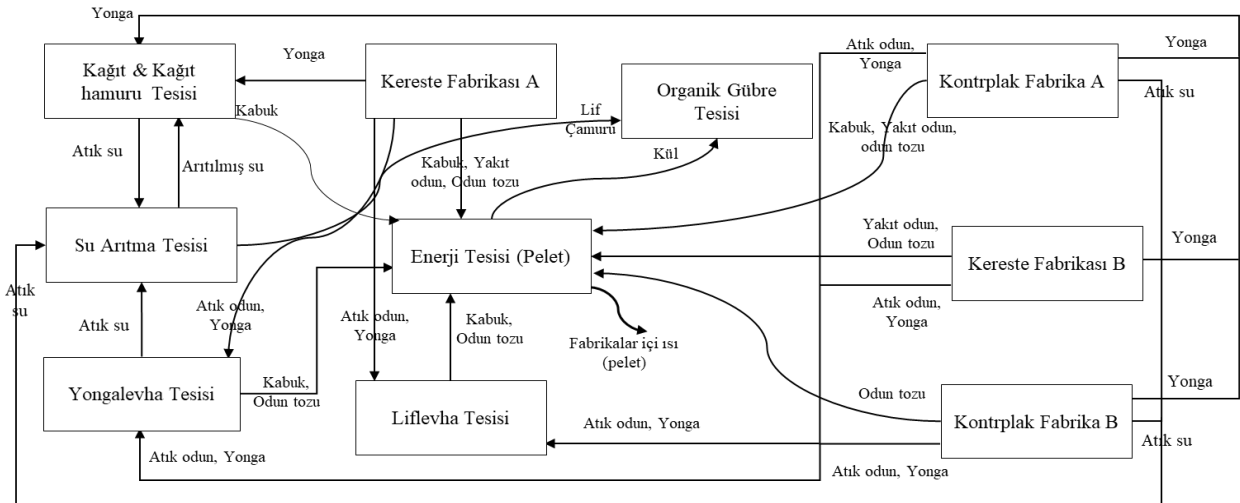
Diğer bir çalışmada ise Hildebrandt vd., (2018) Alman hükümeti tarafından biyoekonomi bölgeleri için sağlanan stratejik finansal desteklerle kurulan pilot bir ES ağını incelemiştir. Şekil 13’de görülebilen bu ağda sadece odun ve atıklarının simbiyozunun yapıldığı görülmektedir. Bu ağı değerlendirmek için YDA kullanılmıştır. Sonuçlar, doğal kaynak kullanan endüstrilerin bulunduğu bu ağdaki işletmelerin fosil kaynak kullanan işletmelere oranla daha iyi performans gösterdiğini ve çevresel etkilerin %130’a kadar azalttığını göstermiştir.





Şekil 15. Brezilya'da bulunan Lages orman endüstrisi temelli ağ (da Silva vd., 2020)

Yeşilkaya vd. (2020) ise orman ürünleri temelli teorik bir ES ağı tasarlamıştır. Bir EEP'de yer alan işletmeleri bünyesinde bulunduracak bu ağdaki akışlar Şekil 16'da verilmiştir. Bu park tasarlanırken ağdaki işletmeler arasındaki yan ürün, atık, enerji vb. akışların belirlenmesi için YDA analizi kullanılmış sonrasında ise tesislerin parktaki konumlarının belirlenmesi için ALDEP algoritması kullanılmıştır. Tasarlanan ağda kereste, kontrplak, yonga levha, lif levha, kağıt ve pelet tesisleri gibi işletmelerin yanı sıra su arıtma tesisi ve organik gübre tesisleri de bulunmaktadır. Bu ağı analiz etmek için çok amaçlı ve çok periyotlu bir matematiksel model kullanılmıştır. Sonuç olarak ağda yaklaşık 400 bin ton yan ürün değişimi, yaklaşık 60 bin ton akaryakıt tasarrufu ve 220 bin tondan fazla temiz su tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür. Ayrıca kül ve lif çamuru gibi atıklar bertaraf edilmek yerine organik gübre üretimi için kullanılmıştır.



Şekil 16. Orman endüstrisi temelli EEP (Yeşilkaya vd., 2020)

Literatürde orman endüstrisi özelinde yapılmış ES ve EEP çalışmaları bir bütün olarak incelendiğinde ağda; ahşap işleyen, kimyasal üreten veya tüketen, enerji üreten ve atık depolayan veya dönüştüren tesisler olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, ES ağları oluşturulurken veya tasarlanırken bu tesisler arasındaki etkileşimden faydalanılabilir. Bu tesisler;

- I. Ahşap işleyen üretim tesisleri
  - a. Kereste Fabrikası
  - b. Ahşap levha (Yonga levha, Lif levha, diğer mühendislik levhalar) tesisi
  - c. Kontrplak Fabrikası
- II. Kimyasal üreten veya kimyasal hammadde kullanan tesisler
  - a. Kağıt ve kağıt hamuru tesisi
  - b. Kalsiyum karbonat tesisi

- c. Klor dioksit tesisi
- d. Üre ve Fenol Formaldehit Tesisi
- e. Kimyasal geri dönüşüm tesisi
- f. Çimento fabrikası
- III. Enerji üreten tesisler
  - a. Pelet tesisi
  - b. Biyoyakıt tesisi
  - c. Enerji Santrali
  - d. Bölgesel (Konut vb.) enerji
- IV. Atık depolayan veya geri dönüştüren tesisler
  - a. Atık depolama Sahası
  - b. Atık su arıtma tesisi
  - c. Organik gübre tesisi

Literatürdeki bu çıkarımlar dikkate alınarak kereste, kontrplak, yonga levha, lif levha, kâğıt ve kâğıt hamuru, gibi birkaç tesislerin yer aldığı sanayi bölgelerinde ES ağları tasarlanabilir. Bu ağlarda üretim sürecinde ortaya çıkan, atık su, enerji, odun yongası, atık odun ve kabuk farklı tesislerde tekrar kullanılabilir.

#### 4. ES Uygulamaları İçin Türkiye Orman Ürünleri Sektörü SWOT Analizi

SWOT analizi teorisi yaklaşık yarım asır önce Learned, vd., (1969) tarafından öne sürülmüştür. Stratejik analiz için etkin bir araç olarak kullanılan SWOT analizi ile ele alınan bir yapı veya durumun güçlü yanları (strengths) ve zayıf yanları (weaknesses) ile fırsatlar (opportunities) ve tehditler (threats) belirlenebilir. Bu bölümde yukarıdaki tartışmalar ışığında Türk orman ürünleri sektöründe ES uygulamalarının yapılabilirliğini analiz etmek için yapılan SWOT analizi sunulmuştur.

FAO, (2020)'e göre Dünya'daki orman ürünleri endüstrisi yaklaşık 600 milyar \$ ekonomik büyüklüğe sahip olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca sektördeki istihdam doğrudan veya dolaylı olarak yaklaşık 1,2 milyar civarındadır. Geçtiğimiz yıl küresel orman endüstrisi yatırımları ise 15 milyar \$ civarında olurken sektörün ihracatı toplam 130 milyar \$ seviyesindedir. Sektörde ilk sırada yer alan ülkeler ise; Çin, Kanada, Almanya, Rusya, ABD ve Avusturya gibi gelişmiş ülkelerdir (ITC, 2020). Dünya genelinde orman varlığı yüksek bu ülkelerin orman ürünleri endüstrisinde de ilk sıralarda yer almaları bir tesadüf değildir.

Türkiye'de ise orman endüstrisinin büyüklüğü yaklaşık 27 milyar dolar değerindedir ve sektörde yaklaşık 1 milyon kişiye istihdam imkânı sağlanmaktadır (OGM, 2020). Türkiye'nin yıllık odun üretimi 26 milyon m<sup>3</sup>, tüketimi ise 33 milyon m<sup>3</sup>'den fazla olup, tüketilen odunun yaklaşık %75'i endüstriyel odun, geri kalanı ise yakacak odun niteliğindedir (OGM, 2020). Türkiye'de endüstriyel odun tüketiminde ilk sırada liflevha ve yongalevha endüstrisi gelmektedir. Bu alt sektörlerin dışında diğer ahşap levha üretimi, kereste endüstrisi ve mobilya endüstrileri de endüstriyel odun tüketmektedir.

Türkiye'de orman ürünleri endüstrisinde faaliyet gösteren işletmelerden en büyük 500 sanayi kuruluşu içerisinde yer alan 10 işletme bulunması Türkiye'deki orman ürünleri endüstrisinin ekonomik önemini göstermektedir (ISO, 2020). Bu işletmelerin birçoğu Dünya standartlarında üretim yapan büyük ölçekli ahşap levha üreticileridir. Türkiye Ahşap Levha Üreticileri Derneği (2020) verilerine göre, Türkiye ahşap levha üretiminin sektör büyüklüğü 10 milyar \$'dır. Sektördeki yıllık ihracatı 3 milyar \$ seviyesindedir. Yılda yaklaşık 500 bin kişiye istihdam sağlayan sektör ülke ekonomisine de önemli katkılar sağlamaktadır. Türkiye toplam ahşap levha üretiminde yaklaşık 14 milyon m<sup>3</sup> ile Dünya'da önemli ülkelerden biridir (FAO, 2020). Ayrıca liflevha üretiminde 4,8 milyon m<sup>3</sup> ile Avrupa'da ilk sırada, Dünya'da ise Çin ve Brezilya'dan sonra üçüncü sırada bulunmaktadır. Yongalevha üretiminde ise 4,4 milyon m<sup>3</sup> ile Avrupa'da 4. Dünya'da ise 5. sırada bulunmaktadır (FAO, 2020).

Türkiye kâğıt ve selüloz üretimine Cumhuriyetin ilk yıllarında SEKA (Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları A.Ş.) ile başlamıştır. Fakat SEKA'lar özelleştirilmiş ve daha sonraki yıllarda bu fabrikaların faaliyetlerine son vermiştir. Şu an sadece eski bir SEKA tesisi olan Zonguldak/ Çaycuma kâğıt fabrikasında odundan selüloz üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak sektörde yeterli selüloz üretim tesisinin olmaması sektörü dışa bağımlı kılmıştır. Son 5 yıldaki selüloz ithalatı her yıl yaklaşık 1 milyar \$ civarındadır. Son 5 yıldaki kâğıt ve kâğıt ürünleri ithalatı ise her yıl yaklaşık 2,5 milyar \$ civarındadır (ITC, 2021). Türkiye'de karton ve oluklu mukavva üretimi de yapılmakta ve bu sektörün ana hammaddesinin yaklaşık %45'i atık kâğıtların geri dönüşü ile karşılanmaktadır. Türkiye'de lif ve yonga levha tesislerinin kapasitelerinin yüksek olması orman endüstrisinde dengesiz bir hammadde kullanımına yol açmıştır. Bu kapsamda endüstriyel odunun büyük bir kısmı ahşap levha endüstrisi için

kullanıldığından selüloz üretimi için yeterli yerli hammadde mevcut değildir. Selüloz üretimindeki diğer bir sorun ise selüloz üretim sürecinin çok maliyetli olmasıdır. Selüloz üretiminde dışa bağımlılığın azaltılması için endüstriyel ormancılık faaliyetlerinin yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda selüloz elde etme sürecinin etkinliğinin artırılması için hem sektöre uygun ileri teknolojilerin geliştirilmesi desteklenmeli hem de süreçte kimyasal kullanımının azaltılmasını sağlayacak Ar-Ge çalışmalarına hız verilmelidir.

Sınırlı orman kaynaklarını verimli bir şekilde kullanmak ve geri dönüşümü iyileştirmek toplumun genel çıkarıdır (Long vd., 2018). Katma değeri yüksek ürünlerin üretilebildiği bu sektör, Yeşil Dönüşüm ve Döngüsel Ekonomi dinamiklerinin tam merkezinde konumlanmaktadır. AB tarafından yayınlanan Döngüsel Ekonomi Eylem Planında da orman endüstrisinin öncelikli sektörler arasında yer aldığı görülmüştür (Ticaret Bakanlığı, 2021).

Türkiye'deki ilk ES projesi, 2010 yılında başlatılan İskenderun Körfezi ES Projesi'dir. Bu kapsamda işletmeler arası bir ES ağı geliştirilmiştir. 28 sektörden ve çoğunlukla Adana, Mersin, Osmaniye ve Hatay'da faaliyet gösteren 32 işletme sisteme dahil edilmiştir. Proje sonunda yılda 330 bin ton katı atık kazanımı, 34 milyon kWh enerji üretimi / tasarrufu ve buna bağlı 37 bin ton CO<sub>2</sub> azaltımı ve 6.500 m<sup>3</sup> su tasarrufu sağlanmıştır. Buna ek olarak 21 kişilik yeni istihdam, 10 adet yeni ürün ve 6 adet yeni girişim ile sosyal faydalar da sağlanmıştır. Bu sayede projeye katılan işletmelere toplam 6,4 milyon \$ ekonomik fayda sağlayacağı ortaya konulmuştur (Alkaya vd., 2012).

İskenderun ES projesinin yürütülmesini sağlayan TTGV ve bölgesel Kalkınma Ajansları Gaziantep, Antalya, Trakya Bölgesi (Edirne, Tekirdağ, Kırklareli) ve Bursa, Eskişehir ve Bilecik illerinde ES projeleri başlatılmış ve fizibilite çalışmaları yapılmıştır. Trakya Bölgesinde ise ES olanakları ve sektör bazlı atık miktarları belirlenmiştir. Bu ulusal çalışmalara ek olarak, Türkiye Avrupa Komisyonu destekli Karadeniz Havzası için ES Projesi (SYMNET, 2019) ve Avrupa Birliği destekli sürdürülebilir yapılar için ES projesine (FISSAC, 2019) dahil olmuştur.

Bu noktadan hareketle, Türkiye orman ürünleri sektörü güncel gelişmeler ve küresel eğilimler ışığında incelenmiş ve sektörün bir SWOT analizi gerçekleştirilmiştir. Zaman içerisinde değişen piyasa koşullarından ve teknolojik gelişmelerden etkilenen bu sektörde, Yeşil Dönüşüm ve Döngüsel Ekonomi kapsamında nelerin yapılabileceğini, tehditlerin nasıl bertaraf edilebileceği ve fırsatların neler olduğu üzerine yapılan bu çalışmayı politika yapımcıların kullanımına sunmak amaçlanmıştır.

### Güçlü Yönleri

- 1) Odun hammaddesi katma değerli ürüne dönüştürülmesi sürecinde iki bin kat değer kazanabilmektedir.
- 2) Odun hammaddesi ve işlenmesinden elde edilen yan ürünlerin (odun yongası, testere tozu vb.) 6000'den fazla kullanım alanı vardır (URL, 2019).
- 3) Orman ürünleri sektörü Yeşil Dönüşüm ve Döngüsel Ekonomi çalışmalarının merkezinde konumlanmıştır.
- 4) Orman ürünleri endüstrisi bünyesindeki lif-yonga levha üretiminde Türkiye, Dünya'da söz sahibi konumundadır (TOBB, 2015).
- 5) Türkiye'de orman ürünleri endüstrisinde faaliyet gösteren işletmelerden 10'u en büyük 500 sanayi kuruluşu içerisinde yer almaktadır (ISO, 500). Bu durum orman ürünleri endüstrisinin ülke ekonomisine katkısının büyüklüğünü göstermektedir.
- 6) Yakın coğrafyadaki ülkelere kıyasla sektördeki üretim teknolojisi iyi durumdadır.
- 7) Yükseköğretimde Ormancılık eğitimi köklü bir geçmişe sahiptir. Dolayısıyla sektörün ihtiyacı olan nitelikli insan gücü ihtiyacı karşılanabilmektedir.
- 8) Kısa vadede hammadde arzında bir problem beklenmemektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2018). Çünkü Rusya gibi önemli bir hammadde tedarikçisine yakın olmak önemli bir avantajdır.

### Zayıf Yönleri

- 1) Mobilya sektörü çoğunlukla atölye tipi küçük işletmelerden oluşmakta, ileri teknoloji ve standardizasyondan uzak üretim gerçekleştirilmektedir. Ölçek ekonomisinden faydalanmayan bu işletmelerin EEP'lerde yer almaları ve simbiyotik ilişkiler kurmaları mümkün gözükmemektedir. Genelde ES gibi çevre yönetim modellerini daha çok kurumsal işletmeler uygulamaya geçirmektedir.
- 2) Kâğıdın hammaddesi olan ve doğrudan odun hammaddesinden elde edilen selülozun (kâğıt hamuru) Türkiye'de tek bir üretim tesisi vardır. Dolayısıyla selülozda neredeyse tamamen, kâğıtta ise büyük oranda ithalata dayalı bir üretim sektörün zayıf yönlerindedir. Ayrıca Dünya'daki ES uygulamalarında simbiyoz ağına dahil olan selüloz fabrikalarının yok denecek kadar az olması Türkiye'de orman ürünleri endüstrisi temelli simbiyoz ağlarının oluşturulmasını güçleştirmektedir.



- 3) Sektörün ihtiyacına uygun hammadde arzını sağlayacak endüstriyel orman plantasyonlarının yeterli seviyede olmaması ve bununla birlikte odun hammaddesi üretiminde az da olsa arz açığı bulunması sektörün zayıf yönlerindedir.
- 4) Türkiye’de üretilen odun hammaddesinin %58,2’si lif-yonga levha üretimi için gerekli olan sınıftadır (URL, 2019). Endüstriyel bakımdan en düşük değerdeki bu hammadde mobilya ve masif ahşap sektörlerinin kaliteli ve uygun fiyatlı kereste ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu faktör her ne kadar Döngüsel Ekonomi düşüncesi için önemsiz gibi gözükse de kereste gibi yarı mamul ithalatını artırdığı için dolaylı olarak etkilemektedir.
- 5) Sektörde oluşan atık, yan ürün, atık enerji gibi ES için sinerji oluşturacak ürünlerin sınıflandırılmasının net olarak yapılamaması Döngüsel Ekonomiye ilişkin faaliyetlerin katkısının belirlenmesini güçleştirmektedir.
- 6) Türkiye’de sanayi kuruluşlarının ES konusundaki çalışmaları neredeyse yok denecek kadar azdır. Farkındalık olmasına rağmen birçok işletmenin bu ağlara katılım konusundaki çabaları yeterli seviyede değildir.

### Fırsatları

- 1) Orman Endüstrisinin, hammadde olarak yenilenebilir ve organik kaynakları tüketmesinden ötürü ve bunun yanında Ormancılığın, 6831 sayılı Orman Kanunu ile amenajman kurallarına göre yürütülmesinin -yani sürdürülebilir olmasının- yasalarla garanti altına alınmış olması nedeniyle bu sektör Döngüsel Ekonomi’den diğer sektörlerle oranla daha fazla yer bulabilir.
- 2) Türkiye ile ticaret hacminin 2020’de 140 Milyar \$ seviyesine eriştiği Avrupa Birliğinin, 11 Mart 2020’de yayınladığı Döngüsel Ekonomi Eylem Planında Orman Ürünleri sektörünün ambalaj ve yapı malzemeleri üretimi ile öncelikli sektörler arasında yer alması bu sektörü Türkiye için de öncelikli bir sektör konumuna getirmektedir (Ticaret Bakanlığı, 2021).
- 3) Pandemi sonrası Yeşil Dönüşüm ve verimliliğe olan küresel ölçekteki eğilim ve giderek bu konuda artan farkındalık ülkelerin Döngüsel Ekonomiye geçme çabalarını hızlandırmıştır. Bu kapsamda Orman endüstrisi gibi doğal kaynakları tüketen sektörlerin ES uygulamalarını destekleyecek mekanizmaların oluşturulması gerekmektedir.
- 4) Türkiye’nin Paris Anlaşması’nı onaylamasından sonra yeşil ekonomiyi destekleyecek çalışmaların hız kazanması beklenmektedir. Bu anlamda Yeşil OSB Sertifikasyon sistemi mevzuatının 2022’nin son çeyreğinde şekillenecek olması da işletmelerin bu konudaki farkındalıklarını ve isteklerini artırmak için önemli bir fırsattır.
- 5) Türkiye’nin girişimleri ile iklim değişikliği ile mücadele ve sürdürülebilir kalkınma planları için “sıfır atık” kararı Birleşmiş Milletler Genel Kurulu’nda onay almıştır. Bu karar işletmelerin Döngüsel Ekonomiye geçiş düşüncesi ve yeni ES projeleri için önemli rol oynayacağı açıktır.
- 6) Sektördeki atık ve yan ürünlerinin kullanılarak fosil yakıtlara alternatif olacak ahşap bazlı yakıt oluşturulabilmesi durumunda (Yeşil Altın), hem katma değeri yüksek hem de enerji arzı sorununa destek olacak bir ürün elde edilecektir.
- 7) Enerji maliyetlerinin yüksekliğiyle ilgili olarak, orman ürünleri sektörünün de dahil olduğu ES ağlarında yer alan işletmeler arasında atık enerji ve su buharının yeniden kullanımı yüksek enerji maliyetlerini önleyebilir. Bu durumun ES ağlarına olan ilgiyi artıracığı düşünülmektedir.

### Tehditleri

- 1) Döngüsel Ekonomi kapsamında, ES’nin mümkün olacağı yeşil parklar ya da EEP’lerin hayata geçirilmesinde somut politikalar oluşturulamamıştır dolayısıyla konuyla ilgili mevzuat ve yönetmelikler bulunmamaktadır (NISP, 2019). Bu durum simbiyozun işletmeler arasında uygulanabilirliğini olumsuz etkilemektedir.
- 2) Yeterli odun hammaddesi arzına karşın ithalatın artmasında, yüksek fiyat ve düşük kalite gibi faktörleri etkili olmaktadır. Bu nedenle birçok yerli yatırımcı Balkan ülkelerinde odun hammaddesi yatırımı ve üretimi yapmaya yönelmiştir (TOBB, 2015). Bu durum hem sektörde küçülmeye neden olmakta hem de sektörden elde edilen yan ürün ve atıkların ES kapsamında kullanımını güçleştirmektedir.
- 3) Türkiye’de selüloz üretiminin stratejik bir konu olarak ele alınması durumunda, aynı cins ve kalitede odun hammaddesi tüketen lif-yonga levha sektörüyle tedarik rekabetinin doğmasına neden olacaktır. Sektörün bu konuda bir planı veya stratejisi bulunmamaktadır.
- 4) Türkiye ormanlarının çoğunluğu birinci ve ikinci derece yangına hassas ormanlardan oluşmakta ki bu durum yaz aylarında orman yangınları riskini arttırmaktadır. Bu durum sektörün hammadde arzını olumsuz etkilemektedir.
- 5) Dış ticaretimizin bulunduğu önemli komşu ülkelerin birtakım siyasi karışıklık ve belirsizlik içerisinde olması sektördeki firmaları iktisadi bakımdan olumsuz etkileyebilmektedir (ASO, 2017).

Yukarıdaki tartışmadan da görülebileceği gibi Türk orman ürünleri sektörünün güçlü ve zayıf yönleri ile barındırdığı fırsatlar ve karşılaşılabileceği tehditler nispeten dengelidir. Sektörel sorun ve riskler birer fırsat olarak

algılanarak uzun vadeli planlamalarla bu riskler yönetilmelidir. Döngüsel Ekonomi kapsamında elde edilecek faydalar bütüncül bir şekilde ele alınıp, başta orman ürünleri endüstrisi gibi doğal kaynakları tüketen sektörler olmak üzere ülke ekonomisini olumlu yönde destekleyecek sanayi politikaları geliştirilmelidir. Bu destekler sadece ekonomik kazanımlar sağlanmasına değil Döngüsel Ekonomi ile sağlanacak çevresel ve sosyal faydalara da odaklanmalıdır. Bu kapsamda sürece destek olacak çevresel mevzuat ve istihdama yönelik teşvik mekanizmalarının da oluşturulması gerekmektedir.

## 5. Sonuçlar

Dünya'daki ES uygulamaların gelişmesinde etkili olan faktörlerin en başında ülkelerin çevreci politikaları ve ekonomik teşvik ve destekleri gelmektedir. Birçok ülkede ES'yi destekleyen EEP'lerde faaliyet gösteren işletmelere atık paylaşımında vergi muafiyeti, girdi ve enerji fiyatlarında indirim gibi teşvikler sağlanmaktadır. Örneğin, atık su kullanan işletmelere temiz su indirimli satılmaktadır. Karlılığının azalmayacağını veya ES ağlarına katılınca farklı teşviklerden yararlanacağını bilmenin işletmeleri bu ağlara katılım konusunda isteginin artacağı aşıkardır. Öte yandan, bu ağlar sadece çevresel ve ekonomik kazanımlar değil sosyal faydalar da sağlamaktadırlar.

2021 yılında çevrenin korunması ve iklim değişikliği ile mücadele için Paris Anlaşması Türkiye'de yürürlüğe girmiştir. Ayrıca, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedefleri için "sıfır atık" kararı Aralık 2022 tarihinde Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nda kabul edilmiştir. Hem sıfır atık kararı hem de Paris Anlaşması Döngüsel Ekonomiye dönüş için yeni çevreci projeleri teşvik edeceği açıktır. Yasal düzenlemeler yoluyla sektörel veya sektörler-arası ES uygulamalarına işletmelerin teşvik edilmesinde ve işletmeler arasındaki koordinasyonun sağlanmasında devletlerin rolü aşıkardır.

Türkiye orman endüstrisi Döngüsel Ekonomi ve ES anlamında genel olarak değerlendirildiğinde, sektörde büyük çaplı entegre üretim tesisleri olmasına rağmen bahsedilen simbiyotik ağlar yok denecek kadar azdır. Halbuki orman endüstrisindeki sanayi tesislerinde bu simbiyotik ağı kuracak birçok atık ve yan ürün ve sinerji mevcuttur. Yasal düzenlemeler ve teşvikler Döngüsel Ekonomiye dönüş için en önemli adımların başında gelmektedir. Dünya'da uygulanmakta olan veya uygulanmış ES projesinin kamu destekli teşviklerle ortaya çıktığı bilinmektedir. Ancak, bu kapsamda geliştirilen hangi politikaların iyi sonuç verdiği net olarak ortaya konulmamıştır. Bu anlamda daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye orman endüstrisi özelinde, Çevre ve Sanayi Bakanlıkları gibi ilgili devlet kurumlarının somut teşviği ve desteği ile büyük çaplı entegre üretim yapan ahşap levha işletmeleri ile üretimin çevresel etkilerini azaltacak projelerin başlatılması mümkün görünmektedir. Bu tip projeler sadece bir sektörü değil, Bölüm 3'deki örneklerde de görüldüğü üzere Tarım, Kimya, Çimento, Enerji üretimi gibi birçok sektörü doğrudan etkilemektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'de ES kapsamında bazı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen özellikle Avrupa ülkelerine kıyasla çok az uygulama mevcuttur. Bu kapsamda işletmeler Döngüsel Ekonomi ve faydaları konusunda bilinçlendirilmelidirler. İşletmeler bu süreçte somut destekler ve düzenlemelerle ES ağlarına özendirilmeli bu konuda ihtiyaç duyulan yasal mevzuat ve yönetmelikler hazırlanmalıdır. Son yıllarda uluslararası düzeyde imzalanan çevre anlaşmaları ise ülkemizin Döngüsel Ekonomiye geçiş süreci adına umut vericidir.

## Araştırmacıların Katkısı

Araştırmanın yazarları araştırmanın tüm süreçlerine eşit derecede katkı sağlamıştır.

## Çıkar Çatışması

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

## Kaynaklar

- Alkaya, E., Böğürücü, M., Ulutaş, F., & Demirer, G. N. (2012, June). A new approach to industrial waste recycling in Turkey: Industrial symbiosis in Iskenderun Bay. In International Conference on Recycling and Reuse (pp. 4-6), Boğaziçi and İstanbul University, 4 - 6 June, 2012, İstanbul, Turkey.
- ASO, (2017) Orman Ürünleri Sektörünün Türkiye ve Dünyadaki Genel Durumu, *Ankara Sanayi Odası (ASO)*, 2017, Ankara. Erişim adresi: <https://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2017/09/7.pdf>
- Ayres, R. U. (1989). Industrial metabolism, *Technology and Environment*, 1, 23-49. Retrieved from: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/1407/technology-and-environment>
- Carlsson, D., and Rönnqvist, M. (2005). "Supply chain management in forestry—case studies at Södra Cell AB." *European J. of Operational Research*, 163(3), 589-616. doi : <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.02.001>
- Cecelja, F., Raafat, T., Trokanas, N., Innes, S., Smith, M., Yang, A., Zorogios, Y., Korkofygas, A., Kokossis, A., (2014), e-Symbiosis: technology-enabled support for industrial symbiosis targeting small and medium enterprises and innovation. *J. Clean. Prod.* 98, 336–352. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.051>
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 313-337. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>
- Çalik, A. (2021). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Yeşil Tedarik Zincirindeki Risklerin Karşılaştırılması. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(2), 822-838. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1635196>
- da Silva, F. A., Simioni, F. J., and Hoff, D. N. (2020). Diagnosis of circular economy in the forest sector in southern Brazil. *Science of the Total Environment*, 706, 135973. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135973>
- D'amours, S., Rönnqvist, M., and Weintraub, A. (2008). Using operational research for supply chain planning in the forest products industry. *INFOR*, 46(4), 265-281. doi: <https://doi.org/10.3138/infor.46.4.265>
- Das, G. S., Yesilkaya, M., Altinkaynak, B., and Birgoren, B. (2021, October). Modeling an Industrial Symbiosis Network using Bilevel Programming. In *2021 62nd International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)* (pp. 1-6). IEEE. doi: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9615312>
- Dunn, B. C., and Steinemann, A. (1998). Industrial ecology for sustainable communities. *Journal of Environmental Planning and management*, 41(6), 661-672. Doi: <https://doi.org/10.1080/09640569811353>
- EEA (2016) European Environment Agency: Waste: a problem or a resource. Retrieved from: <http://www.eea.europa.eu/signals/signals-2014/articles/waste-a-problem-or-a-resource> . Accessed Mar 2016
- EPA (2014), U.S. Environmental Protection Agency, Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2011, 2014, Retrieved from: <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/msw2009-fs.pdf>
- European Commission (2016) Circular Economy Package: Questions and Answers. Guidance Document. Retrieved from: [http://europa.eu/rapid/pressrelease\\_MEMO-15-6204\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/pressrelease_MEMO-15-6204_en.htm). Accessed 15 May 2016
- EUROSTAT, (2014) European Statistical Office, Municipal waste statistics, Retrieved from: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Municipal_waste_statistics)
- FAO (1982) Classification and definitions of forest product. Technical report, *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Supplement 14 to Volume XXXIV of the Timber Bulletin for Europe, Geneva, Switzerland., 1982.
- FAO (2020) Global Forest Resource Assessment, Forestry Production and Trade, Retrieved from: <http://www.fao.org/state-of-forests/en/>

- FISSAC (2019) Fostering Industrial Symbiosis for a Sustainable Resource Intensive Industry across the extended Construction Value Chain, Retrieved from: <https://fissacproject.eu/tr/proje/>
- Frosch, R. A., and Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scien American*, 261(3), 144-153. Retrieved from: <https://www.jstor.org/stable/24987406>
- Grann, H. (1997). The industrial symbiosis at Kalundborg, The industrial green game. Implications for environmental design and management, 117-123. Retrieved from: <https://nap.nationalacademies.org/read/4982>
- Grimm, N. B., Foster, D., Groffman, P., ....., and Peters, D. P. (2008). The changing landscape: ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(5), 264-272. doi: <https://doi.org/10.1890/070147>
- Herczeg, G., Akkerman, R., and Hauschild, M. Z. (2018). Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1058-1067. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.046>
- Hildebrandt, J., O'Keeffe, S., Bezama, A., and Thrän, D. (2019). Revealing the environmental advantages of industrial symbiosis in wood-based bioeconomy networks: an assessment from a life cycle perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 23(4), 808-822. doi: <https://doi.org/10.1111/jiec.12818>
- Iacondini, A., Mencherini, U., Passarini, F., Vassura, I., Fanelli, A., Cibotti, P. (2015). Feasibility of industrial symbiosis in Italy as an opportunity for economic development: Critical success factor analysis, impact and constrains of the specific Italian regulations. *Waste and Biomass Valorization*, 6(5), 865-874. doi: <https://doi.org/10.1007/s12649-015-9380-5>
- Illsley, B., Jackson, T., and Lynch, B. (2007). Addressing Scottish rural fuel poverty through a regional industrial symbiosis strategy for the Scottish forest industries sector. *Geoforum*, 38(1), 21-32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2006.02.005>
- ISO (2020) İstanbul Sanayi Odası (İSO), Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu, Erişim adresi: <https://www.iso500.org.tr/500-buyuk-sanayi-kurulusu/2020/> (Erişim: 20.05.2021)
- ITC (2020), International Trade Center (ITC), Trade Statistics for International Business Development. Erişim adresi: <http://www.trademap.org>
- Jackson, T. (2005). Exploring the economics of industrial ecology through case studies of industrial symbiosis in the forest industries of British Columbia and Scotland. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 2(2), 166-184. doi: <https://doi.org/10.1504/PIE.2005.007186>
- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects. *J. Indus. Ecology*, 10(1-2), 239-255. doi: <https://doi.org/10.1162/108819806775545411>
- Jahan-Latibari, A., and Roohnia, M. (2010). Potential of utilization of the residues from poplar plantation for particleboard production in Iran. *Journal of Forestry Research*, 21(4), 503-508. doi: <https://doi.org/10.1007/s11676-010-0106-z>
- Kalkınma Bakanlığı, (2018) On Birinci Kalkınma Planı Ormanlık ve Orman Ürünleri Çalışma Grubu Raporu, T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018, Ankara. Erişim adresi: [https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/Ormancilik\\_ve\\_Orman\\_UrunleriCalismaGrubuRaporu.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/Ormancilik_ve_Orman_UrunleriCalismaGrubuRaporu.pdf)
- Karlsson, M., and Wolf, A. (2008). Using an optimization model to evaluate the economic benefits of industrial symbiosis in the forest industry. *Journal of Cleaner Production*, 16(14), 1536-1544. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.08.017>
- Kauppi, P. E., Sandström, V., and Lipponen, A. (2018). Forest resources of nations in relation to human well-being. *PloS one*, 13(5), e0196248. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196248>

- Kirchherr, J., Reike, D., and Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conser. & Recycling*, 127, 221-232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., and Christensen, T. H. (2002). Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 32(4), 297-336. doi: <https://doi.org/10.1080/10643380290813462>
- Korhonen, J. (2000). Completing the industrial ecology cascade chain in the case of a paper industry–SME potential in industrial ecology. *Eco-Management and Auditing: J. of Corporate Environmental Management*, 7(1), 11-20. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0925\(200003\)7:1<11::AID-EMA121>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0925(200003)7:1<11::AID-EMA121>3.0.CO;2-C)
- Korhonen, J., and Niutanen, V. (2003). Material and energy flows of a local forest industry system in Finland. *Sustainable Development*, 11(3), 121-132. doi: <https://doi.org/10.1002/sd.212>
- Korhonen, J., and Snäkin, J. P. (2003). Industrial ecosystem evolution of North Karelia heating energy system. *Regional Environmental Change*, 3(4), 128-139. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-003-0056-5>
- Korhonen, J., and Snäkin, J. P. (2005). Analysing the evolution of industrial ecosystems: concepts and application. *Ecological Economics*, 52(2), 169-186. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.07.016>
- Korhonen, J., Wihersaari, M., and Savolainen, I. (2001). Industrial ecosystem in the Finnish forest industry: using the material and energy flow model of a forest ecosystem in a forest industry system. *Ecological Economics*, 39(1), 145-161. doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00204-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00204-X)
- Learned, E. P., Andrews, K. R., Christensen, C. R., Guth, W. (1969). Business policy: Text and cases. *RD Irwin*.
- Li, J., Pan, S. Y., Kim, H., Linn, J. H., Chiang, P. C. (2015). Building green supply chains in eco-industrial parks towards a green economy: Barriers and strategies. *J. of Environmental Manag.*, 162, 158-170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.07.030>
- Long, Z., Wu, J., Xu, W., and Lin, W. (2018). Study of the coordination mechanism of a wood processing residue-based reverse supply chain. *BioResources*, 13(2), 2562-2577. doi: <https://doi.org/10.15376/biores.13.2.2562-2577>
- Lowe, E. A. (1997). Creating by-product resource exchanges: strategies for eco-industrial parks. *Journal of Cleaner Production*, 5(1-2), 57-65. doi: [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(97\)00017-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(97)00017-6)
- Mirata, M. (2004). Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: determinants and coordination challenges. *Journal of Cleaner Production*, 12(8-10), 967-983. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.031>
- Mirata, M., and Emtairah, T. (2005). Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme. *Journal of Cleaner Production*, 13(10-11), 993-1002. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.12.010>
- Murphy, F., Devlin, G., and McDonnell, K. (2015). Greenhouse gas and energy based life cycle analysis of products from the Irish wood processing industry. *Journal of Cleaner Production*, 92, 134-141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.001>
- NISP, (2019), National Industrial Symbiosis Program (NISP), A Roadmap for a National Industrial Symbiosis Programme for Turkey, International Synergies Limited, 2019, Ankara. Retrieved from: [https://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2019/04/2019Mar25\\_Draft-Roadmap-for-a-National-IS-Programme-in-Turkey.pdf](https://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2019/04/2019Mar25_Draft-Roadmap-for-a-National-IS-Programme-in-Turkey.pdf)
- OGM (2020) T.C. Orman Genel Müdürlüğü (OGM), İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim ve Pazarlama Faaliyetler, Erişim adresi: <https://www.ogm.gov.tr>
- O'Rourke, D., Connelly, L., and Koshland, C. P. (1996). Industrial ecology: a critical review. *International Journal of Environment and Pollution*, 6(2-3), 89-112. doi: <https://doi.org/10.1504/IJEP.1996.037944>

- Paixao Cansado, I. P., Belo, C. R., and Mourão, P. A. M. (2018). Valorization of Tectona Grandis tree sawdust through the production of high activated carbon for environment applications. *Bioresource Technology*, 249, 328-333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.10.033>
- Pakarinen, S., Mattila, T., Melanen, M., Nissinen, A., and Sokka, L. (2010). Sustainability and industrial symbiosis-The evolution of a Finnish forest industry complex. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1393-1404. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.05.015>
- Park, H. S., Rene, E. R., Choi, S. M., and Chiu, A. S. (2008). Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea-From spontaneous evolution to systematic expansion of industrial symbiosis. *Journal of Environmental Management*, 87(1), 1-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.045>
- Pokharel, R., Grala, R. K., and Grebner, D. L. (2017). Woody residue utilization for bioenergy by primary forest products manufacturers: An exploratory analysis. *Forest Policy and Economics*, 85, 161-171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.09.012>
- Polverini, D., and Miretti, U. (2019). An approach for the techno-economic assessment of circular economy requirements under the Ecodesign Directive, *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104425. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104425>
- Rosa, M., and Beloborodko, A. (2015). A decision support method for development of industrial synergies: case studies of Latvian brewery and wood-processing industries. *J. of Cleaner Prod.*, 105, 461-470. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.061>
- Satterthwaite, D. (2008). Cities' contribution to global warming: notes on the allocation of greenhouse gas emissions. *Environment and Urbanization*, 20(2), 539-549. doi: <https://doi.org/10.1177/0956247808096127>
- Schwarz, E. J., and Steininger, K. W. (1997). Implementing nature's lesson: the industrial recycling network enhancing regional development. *Journal of Cleaner Production*, 5(1-2), 47-56. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(97\)00009-7](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(97)00009-7)
- Shell (2014), International BV, New Lenses on Future Cities, [online] 2014, Retrieved from: <http://s05.static-shell.com/content/dam/shell>
- Sokka, L., Lehtoranta, S., Nissinen, A., and Melanen, M. (2011a). Analyzing the environmental benefits of industrial symbiosis: life cycle assessment applied to a Finnish forest industry complex. *Journal of Industrial Ecology*, 15(1), 137-155. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00276.x>
- Sokka, L., Pakarinen, S., Melanen, M. (2011b). Industrial symbiosis contributing to more sustainable energy use—an example from the forest industry in Kymenlaakso, Finland. *J. of Cleaner Prod.*, 19(4), 285-293. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.08.014>
- SYMNET (2019) Industrial Symbiosis Network for Environment Protection and Sustainable Development in Black Sea Basin, *SYMNET* Retrieved from: <https://www.msp-platform.eu/projects/industrial-symbiosis-network-environment-protection-and-sustainable-development-black> (27.09.2019)
- Ticaret Bakanlığı, (2021) Yeşil Mutabakat Eylem Planı, *Ticaret Bakanlığı*, 2021, Ankara. Retrieved from: <https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf>
- TOBB, (2015) Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), Türkiye Orman Ürünleri Meclisi Sektör Raporu, *TOBB*, 2015, Ankara. Retrieved from: <https://www.tobb.org.tr/>
- Turken, N., and Geda, A. (2020). Supply chain implications of industrial symbiosis: A review and avenues for future research. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104974. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104974>



- URL, (2019) Ormançılık Sektör Raporu, *Tarım-Orman Çalışanları Birliği Sendikası*, 2019, Ankara, Retrieved from: [https://www.tocbirsen.org.tr/uploads/documents/sekt%C3%B6r\\_raporu++\\_\(1\).pdf](https://www.tocbirsen.org.tr/uploads/documents/sekt%C3%B6r_raporu++_(1).pdf)
- Wahrlich, J and Flavio J. S. (2019) Industrial symbiosis in the forestry sector: A case study in southern Brazil. *Journal of Industrial Ecology*, 23(6):1470-1482 .doi: <https://doi.org/10.1111/jiec.12927>
- Wang, Y. F., Yu, W. J., and Ji, F. (2010). Present situation on recycle utilization of waste wood materials. *Wood Processing Machinery*, 21(2), 37-40. doi: <https://doi.org/10.13594/j.cnki.mcjgix.2010.02.002>
- Wernick, I. K., Waggoner, P. E., and Ausubel, J. H. (1997). Searching for leverage to conserve forests: The industrial ecology of wood products in the United States. *Journal of Industrial Ecology*, 1(3), 125-145. doi: <https://doi.org/10.1162/jiec.1997.1.3.125>
- Wolf, A., and Karlsson, M. (2008). Evaluating the environmental benefits of industrial symbiosis: discussion and demonstration of a new approach. *Progress in Industrial Ecology*, 5(5-6), 502-517. doi: <https://doi.org/10.1504/PIE.2008.023413>
- Wolf, A., and Petersson, K. (2007). Industrial symbiosis in the Swedish forest industry. *Progress in Industrial Ecology, an International Journal*, 4(5), 348-362. doi: <https://doi.org/10.1504/PIE.2007.015616>
- World Bank (2012), Information, Communication Technologies, and infoDev (Program). (2012). Information and communications for development 2012: Maximizing mobile. *World Bank Publications*.
- Yeşilkaya, M., Daş, G. S., and Türker, A. K. (2020). A multi-objective multi-period mathematical model for an industrial symbiosis network based on the forest products industry. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106883. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106883>
- Yu, F., Han, F., and Cui, Z. (2015a). Assessment of life cycle environmental benefits of an industrial symbiosis cluster in China. *Env. Sci. Pollution Res.*, 22(7), 5511-5518. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3712-z>
- Yu, F., Han, F., and Cui, Z. (2015b). Evolution of industrial symbiosis in an eco-industrial park in China. *Journal of Cleaner Production*, 87, 339-347. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.058>
- Zarali, F. (2021). Intuitionistic fuzzy green supplier selection and an application in the machine manufacturing sector. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(1), 676-687. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1653337>
- Zhu, Q., Lowe, E. A., Wei, Y. A., and Barnes, D. (2007). Industrial symbiosis in China: a case study of the Guitang Group. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 31-42. doi: <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.929>