



## IMPACTS OF DIGITALIZATION IN INDUSTRY ON ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

DOI: 10.17261/Pressacademia.2023.1755  
PAP- V.17-2023(10)-p.68-72

Ela Sibel Bayrak Meydanoglu<sup>1</sup>, Omer Hurmaci<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Turkish-German University, Department of Business, Beykoz, Istanbul, Turkiye.  
[mevdanoglu@tau.edu.tr](mailto:mevdanoglu@tau.edu.tr), ORCID: 0000-0003-3357-592X

<sup>2</sup>Turkish-German University, Department of Business, Beykoz, Istanbul, Turkiye.  
[omer.hurmaci@tau.edu.tr](mailto:omer.hurmaci@tau.edu.tr), ORCID: 0000-0003-4213-0332

### To cite this document

Bayrak Meydanoglu, E.S., Hurmaci, Ö., (2023). Impacts of digitalization in industry on environmental sustainability. PressAcademia Procedia (PAP), 17, 68-

Permanent link to this document: <http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2023.1755>

Copyright: Published by PressAcademia and limited licensed re-use rights only.

### ABSTRACT

**Purpose-** The increasing awareness of environmental pollution both in society and in the business world has caused environmental sustainability to be at the top of the agenda of businesses as an important issue. What kind of effects digitalization in industrial enterprises may have on environmental sustainability is an important question brought by increasing digitalization. The current study seeks to answer this question.

**Methodology-** In this conceptual study, the effects of digitalization on environmental sustainability are examined and categorized on the basis of previous studies conducted in the relevant literature.

**Findings-** The positive and negative impacts of digitalization in industry on environmental sustainability can be categorized into three groups, taking into account the impacts caused by the production, use and disposal of digital technologies.

**Conclusion-** It is argued that digitalization in industrial enterprises can have both positive and negative effects on environmental sustainability, and it can be concluded that the impact of digitalization in the industry on the environment depends on the net effect of these positive and negative effects.

**Keywords:** Digitalization, digital technology production, use of digital technologies, disposal of digital technologies, environmental sustainability, industrial enterprises.

**JEL Codes:** M10, O14, Q56

## ENDÜSTRİDE DİJİTALLEŞMENİN ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE ETKİLERİ

### ÖZET

**Amaç-** Çevresel kirlilik hakkındaki farkındalığın hem toplumda hem de iş dünyasında artması çevresel sürdürülebilirliğin işletmelerin ajandasında önemli bir konu olarak baş sıralarda yer almasına neden olmaktadır. Endüstri işletmelerindeki dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe ne tür etkileri olabileceği ise artan dijitalleşmenin beraberinde getirdiği önemli bir sorudur. Mevcut çalışma bu soruya cevap aramaktadır.

**Yöntem-** Kavramsal bir çalışma niteliğine sahip mevcut çalışmada dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe etkileri ilgili literatürde yürütülmüş önceki çalışmalar temelinde incelenmiş ve kategorize edilmiştir.

**Bulgular-** Endüstrideki dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe pozitif ve negatif etkileri dijital teknolojilerin üretimi, kullanımı ve imhası sonucu sebep oldukları etkiler dikkate alınarak üç grupta toplanabilir.

**Sonuç-** Endüstri işletmelerindeki dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe hem pozitif hem negatif etkileri olabileceği tespit edilmiş olup endüstrideki dijitalleşmenin çevreye etkisinin söz konusu pozitif ve negatif etkilerin net etkisine bağlı olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Dijitalleşme, dijital teknolojilerin üretimi, dijital teknolojilerin kullanımı, dijital teknolojilerin imhası, çevresel sürdürülebilirlik, endüstri işletmeleri

**JEL Kodları:** M10, O14, Q56

### 1. GİRİŞ

Son yıllarda pek çok firmanın stratejik hedefleri arasında yer alan dijital dönüşüm; yapay zekâ, ileri veri analitiği, robotik, nesnelerin interneti, bulut bilişim gibi pek çok farklı dijital teknolojinin endüstride yoğun şekilde kullanımına bağlı olarak dijitalleşmenin artmasına neden olmuştur. Endüstride dijitalleşme kadar önemli görülen ve stratejik hedefler arasına dâhil edilen diğer bir konu ise çevresel sürdürülebilirliktir. Son yıllarda bu iki önemli kavram arasındaki ilişkiyi ve etkileşimi araştıran akademik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda dijitalleşmenin ve

dijital teknolojilerin sürdürülebilirliği ne şekilde ve ne ölçüde etkileyebileceği ele alınmıştır (ör. Kunkel ve Matthes, 2020; Beier vd., 2018; Berkhout ve Hertin, 2004). Bu konudaki literatür sınırlı olmakla birlikte (El Hilali vd., 2020; Lichtenthaler, 2021) endüstri işletmeleri özelinde dijitalleşme ve sürdürülebilirlik arasındaki etkileşimin gelecekte daha fazla önem arz edeceği düşünülmektedir (Lichtenthaler, 2021). Bunun sonucu olarak dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe etkileri endüstri işletmeleri bakımından cevap bekleyen önemli bir sorudur. Mevcut çalışma bu soruya cevap aramaktadır. Bu çalışma, teorik bakımdan dijitalleşme ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki etkileşimi ele almış ilgili literatürdeki çalışmaların artırılmasına katkı sağlarken pratik açıdan, dijitalleşmek ya da dijitalleşmesini artırmak isteyen endüstrideki işletmelerin dijitalleşme stratejilerini çevresel sürdürülebilirliği olumlu yönde etkileyecek şekilde belirleyebilmeleri için bilmeleri gereken dijitalleşme ve sürdürülebilirlik etkileşim noktalarını dikkate alarak belirlemelerine ve önceliklendirmelerine imkân tanıyabilir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Feroz vd. (2021) sistematik bir yazın taraması temelinde dijital dönüşümün çevresel sürdürülebilirlik üzerine etkilerini dört alanda gruplamıştır; atık yönetimi, kirlilik denetimi, sürdürülebilir üretim ve kentsel sürdürülebilirlik.

Kunkel ve Matthes (2020) yürütmüş oldukları çalışmada Sahra Altı Afrikası'ndaki dört ülkenin (Güney Afrika, Ruanda, Kenya, Nijerya) ve Doğu Asya ve Pasifik'teki üç ülkenin (Çin, Tayland, Filipinler), enformasyon ve iletişim teknolojilerinin endüstrideki doğrudan ve dolaylı çevresel etkilerine ilişkin politik beklentilerini araştırıp analiz etmişlerdir. Kunkel ve Matthes'in (2020) çalışmasının amacı gelişmekte olan ülkelerin politika belirleyicileri için enformasyon ve iletişim teknolojileri ile endüstriyel gelişim ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin ortaya konulması, endüstride kullanılan enformasyon ve iletişim teknolojilerinin çevresel sürdürülebilirlik bakımından önemini tespit edilmesidir. Bulgular, politik beklentilerin enformasyon ve iletişim teknolojilerinin negatif ve doğrudan çevresel etkilerinden (ör. enformasyon ve iletişim teknolojilerinin tükettiği enerji) ziyade pozitif ve dolaylı çevresel etkilerine (ör. kaynak yönetiminde ve enerji verimliliğinde iyileşmeyi sağlayan etkiler) odaklandığını işaret etmektedir. Ayrıca, beklentilere ilişkin ülkeler arası farklılıklar olduğu da tespit edilmiştir (Kunkel ve Matthes, 2020).

Beier vd. (2018) çalışmalarında, Birleşmiş Milletler üye ülkelerinin 2030 yılı için belirlediği 17 sürdürülebilir gelişim hedeflerinden dokuz numaralı (esnek bir alt yapı inşa etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir endüstrileşmeyi, yeniliği teşvik etmek) ve 12 numaralı (sürdürülebilir tüketim ve üretim modellerini sağlamak) hedeflerinin gerçekleşmesine endüstriyel nesnelerin interneti (Industrial Internet of Things) uygulamalarının potansiyel katkısını araştırmışlardır. Söz konusu çalışmada endüstriyel nesnelerin internetinin çevresel sürdürülebilirliğe sağlayabileceği katkının, hem kaynak verimliliğini sağlamakla hem de bu teknoloji sayesinde temin edilebilecek veriler ile çevresel yönetim ve çevresel raporlama için önemli olan şeffaflığı mümkün kılmakla gerçekleştirileceği ifade edilmiştir (Beier vd., 2018).

Berkhout ve Hertin (2004) enformasyon ve iletişim teknolojilerinin çevre üzerindeki etkilerini doğrudan, dolaylı ve yapısal ve davranışsal etkiler olarak üç grupta incelerler. Doğrudan etkiler, enformasyon ve iletişim teknolojilerinin üretimi ve kullanımını sonucu çevreye yaptığı etkileri kapsar. Dolaylı etkiler, bu teknolojilerin üretim süreçlerinin verimliliğini artırmak, pek çok ürünü ve hizmeti dijitalleştirmek ve dağıtım sistemlerini etkinleştirmek gibi yollarla çevre üzerindeki oluşturacağı etkileri kapsar. Enformasyon ve iletişim teknolojilerinin çevre üzerindeki yapısal ve davranışsal etkileri ise bu teknolojilerin ekonomide yapısal değişimi ve büyümeyi tetiklemesiyle ve değerler ile yaşam tarzları üzerindeki etkileriyle çevre üzerinde yarattığı etkileri ifade eder (Berkhout ve Hertin, 2004).

Mevcut çalışmanın amacı dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirlik üzerine etkilerini kategorize eden bir çerçeve oluşturmaktır. Söz konusu etkileri kategorize ederek ele almak, ilgili literatürdeki mevcut çalışmalarda konu edilmiş farklı etkileri sistematik bir şekilde derleyip açıklamak bakımından önemlidir. Çalışmada uygulanan kategorizasyonun yukarıda bahsedilen çalışmalardaki kategorizasyonlar ile benzerlik ve farklılıkları üçüncü bölümde açıklanmaktadır.

## 3. VERİ VE YÖNTEM

Kavramsal bir çalışma niteliğine sahip mevcut çalışmada, ilgili literatürde yürütülmüş önceki çalışmalar temelinde endüstri işletmelerinde dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri kategorize edilerek incelenmiş ve açıklanmıştır. Bu çalışmanın ikinci bölümünde özetlenmiş olan daha önceki benzer çalışmalarda da bu çalışmada olduğu gibi dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe pozitif ve negatif etkileri izah edilmiştir. Ancak söz konusu bu etkiler kategorize edilirken ilgili çalışmaların kapsamı ve içeriği gereği yapılan kategorizasyonlar bu çalışmanınkinden bazı farklılıklar göstermektedir.

Feroz vd. (2021) dijitalleşmeyi bu çalışmanın aksine endüstri işletmelerinde dijitalleşme ile sınırlı tutmamış ve genel olarak dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe etkisini incelemiştir. Feroz vd. (2021), ilgili literatürde inceledikleri çalışmalarda dijitalleşme ve sürdürülebilirlik konusunun boyutuna ve kapsamına göre dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini; kirlilik kontrolü, atık yönetimi, sürdürülebilir üretim ve kentsel sürdürülebilirlik ana başlıkları altında sınıflandırarak izah etmişlerdir. Feroz vd.'nin (2021); a) kirlilik kontrolü altında dikkate aldıkları karbon emisyonu ve hava kirliliği etkileri, b) atık yönetimi altında dikkate aldıkları e-atık etkisi ve c) sürdürülebilir üretim altında dikkate aldıkları etkiler mevcut çalışmada da dikkate alınmış etkilerdir. Feroz vd.'nin (2021) çalışmasında bir kategori olarak dikkate alınan kentlerin dijitalleşmesi/akıllı şehirler ve kentsel sürdürülebilirlik mevcut çalışmaya dâhil edilmemiştir. Zira bu çalışmada endüstri işletmelerindeki dijitalleşmenin çevreye etkileri ele alınmaktadır.

Berkhout ve Hertin (2004) çalışmalarında dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe etkilerini; doğrudan etkiler, dolaylı etkiler, yapısal ve davranışsal etkiler olarak üç grupta toplamışlardır. Doğrudan etkiler, enformasyon ve iletişim teknolojilerinin yaşam döngüsü boyunca (üretim, kullanım ve imha) kaynak kullanımı, emisyon ve atık bakımından sebep olduğu genelde negatif etkileri ifade ederler. Dolaylı etkiler, dijitalleşmenin üretim hızını, verimliliğini, ölçeğini, kontrolünü artırıcı etkileri ile dijitalleşen ürünler sayesinde (ör. dijitalleşen müzik, fotoğraflar, veriler) malzeme yoğunluğu daha az bir ekonomiye geçişle ilgili genelde pozitif etkileri ifade ederler. Bahse konu bu etkiler mevcut çalışmada da dikkate alınmıştır. Yapısal ve davranışsal etkiler ile dijitalleşmenin süreç yapılarında, insan davranışlarında ve yaşam şekillerinde sebep olduğu temel değişiklikler ifade edilir. Örneğin, enformasyon ve iletişim teknolojileri endüstriyel ekonomiden hizmet ekonomisine

doğru bir kaymaya neden olmuştur (Berkhout ve Hertin, 2004). Mevcut çalışmada endüstri işletmelerindeki dijitalleşmenin çevresel etkileri konu edildiğinden dijitalleşmenin makro-ekonomik yapıda ya da tüketicilerin yaşam stillerinde sebep olduğu yapısal ve davranışsal değişliklerin çevre üzerindeki etkileri çalışmaya dâhil edilmemiştir.

Kunkel ve Matthes (2020) belirli ülkelerin hükümetlerinin enformasyon ve iletişim teknolojilerinin endüstrideki çevresel etkilerine ilişkin politik beklentilerini ele aldıkları çalışmalarında, dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe etkilerini doğrudan ve dolaylı etkiler şeklinde iki grupta incelemiştir. Doğrudan etkiler, enformasyon ve iletişim teknolojilerinin yaşam döngüsü boyunca enerji ve kaynak kullanımına ilişkin etkilerini ifade etmekte olup bu etkiler bu çalışmada da dikkate alınmıştır (Kunkel ve Matthes, 2020). Kunkel ve Matthes (2020) dolaylı etkiler ile enformasyon ve iletişim teknolojilerinin diğer ürünlerde ve hizmetlerde kullanımı sonucu oluşan etkileri ifade etmişler; bu etkileri de dört grupta toplamışlardır; kaynak verimliliği, sürdürülebilir enerji, şeffaflık ve sistemik geri bildirim etkisi. Kaynak verimliliği ile dijitalleşme sayesinde kaynak kullanımındaki azalma, şeffaflık ile dijitalleşme ile gerçek zamanda veri akışı ve veri toplama sayesinde özellikle tedarik zincirlerinde artan şeffaflık, sürdürülebilir enerji ile akıllı şebekeler gibi teknolojilerle endüstriyel üretimde kullanılan enerji için sürdürülebilir enerji kullanımının da dahil edilmesi, gerçek zamanda elde edilen detaylı veriler ve simülasyon teknikleri ile üretim sürecinin ihtiyaç duyduğu zaman ve miktarda enerjinin kullanılabilir enerji ile uyumlu şekilde temini ifade edilmektedir (Kunkel ve Matthes, 2020). Bahsedilen bu etkiler mevcut çalışmadaki kategorizasyonda da dikkate alınmış etkilerdir. Sistemik geri bildirim etkisi ile dijitalleşmenin üretim yapıları, tüketim yapıları, bireysel davranışlar, değerler ve yönetim süreçleri üzerindeki sistemik geri bildirim etkileri - yani geri tepme etkileri - ifade edilir. Dijitalleşme sayesinde üretimdeki değişim ve iyileşme sonucu artan üretim ve enerji verimliliğinin çevresel sürdürülebilirliğe olumlu etkisinin, geri tepme etkisi yüzünden arzulanan kadar olamayabileceği hususuna mevcut çalışmada da değinilmiştir. Mevcut çalışma endüstri işletmelerindeki dijitalleşmenin çevresel etkileri üzerine odaklanmış olduğundan sistemik geri bildirim etkileri altında dikkate alınan dijitalleşmenin; tüketim yapıları, bireysel davranışlar ve değerler üzerindeki etkileri çalışmaya dâhil edilmemiştir. Kunkel ve Matthes'in (2020) dolaylı etkiler altında dikkate almış olduğu etkiler dijital teknolojilerin kullanımı sırasında oluşabilecek etkiler olup bunları dolaylı etkiler altında sınıflandırmak ve doğrudan etkiler altında dijital teknolojilerin üretimi, kullanımı ve imhası sırasında oluşan sadece enerji ve kaynak kullanımına ilişkin etkileri dikkate almak uygun bir kategorizasyon olarak görülmediğinden, çalışmada Kunkel ve Matthes'in (2020) kategorizasyonundan farklı bir sınıflandırma tercih edilmiştir.

Beier vd. (2018) çalışmalarında endüstriyel nesnelerin interneti teknolojisine odaklanmış olup bu teknolojinin fayda sağlayacağını düşündükleri üç çevresel konu olan "şeffaflık", "kaynak verimliliği" ve "sürdürülebilir enerji" altında nesnelerin interneti teknolojisinin çevresel etkilerini izah etmişlerdir. Mevcut çalışma dijital teknolojiler kavramını daha geniş bir perspektiften ele almış, tek bir teknoloji ile sınırlı tutmamış olduğundan Beier vd.'nin (2018) dikkate almamış olduğu elektronik atık gibi bazı farklı etkiler mevcut çalışmada yer almıştır.

#### 4. BULGULAR

Endüstriyel dijitalleşme ile endüstride süreç ve işlemlerin dijital teknolojilerin kullanımıyla gerçekleştirilmesi ifade edilmektedir. Bu çalışmada dijital teknolojiler geniş bir perspektiften ele alınmış olup söz konusu kavram enformasyon ve iletişim teknolojilerini, bu teknolojilerin kullanımı ile sağlanan hizmetleri ve teknolojik ürünlerin programlanması sonucunda insan eli değmeden kendi kendine çalışan teknolojileri kapsayacak şekilde dikkate alınmıştır. Mevcut çalışmada, endüstri işletmelerinde dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe etkileri ise bu işletmelerde kullanılan dijital teknolojilerin üretimi, kullanımı ve imhası sonucu sebep oldukları pozitif ve negatif çevresel etkiler dikkate alınarak üç grupta toplanmıştır.

##### Dijital Teknolojilerin Üretimine Çevresel Sürdürülebilirliğe Etkileri

Günümüz enformasyon ve iletişim teknolojileri bileşenlerinin enerjiyi verimli kullanacak şekilde tasarlanıyor olması sebebiyle enerji tüketimine olumlu etkileri vardır. Dijital teknolojilerin üretimi için gerekli bazı elementler (ör. donanım üretiminde kullanılan lityum, renyum, terbiyum) doğada az bulunan ve geri dönüştürülmesi zor elementlerdir (Kunkel ve Matthes, 2020; Bonilla vd., 2018). Yoğun dijitalleşme, bu elementlere olan talepte artışa neden olur. Çevre açısından bakıldığında bu elementlerin sürdürülebilirliğinin sağlanmasının zor olacağı açıktır (Bonilla vd., 2018).

Enformasyon ve iletişim teknolojileri donanımının üretimi, sera gazı emisyonu ve atık oluşumu ile çevreye zarar vermektedir. Örneğin donanımlarda kullanılan yarı iletkenler sebep oldukları asit dumanları, doping gazları ve uçucu organik bileşenler ile sera gazı emisyonuna neden olurken donanım üretiminde kullanılan çözücüler, silikonlar ve metaller su kirliliği ve kirlili atık oluşumuna neden olmaktadır (Berkhout ve Hertin, 2004).

##### Dijital Teknolojilerin Kullanımının Çevresel Sürdürülebilirliğe Etkileri

Hem enformasyon ve iletişim teknolojileri donanımları sayılarındaki büyük artış hem de veri merkezleri, sunucular, güç ve soğutma ekipmanları gibi temel alt yapının çalışmak için ihtiyaç duyduğu enerji miktarı, büyük bir enerji tüketimine neden olmaktadır (Berkhout ve Hertin, 2004; Kunkel ve Matthes, 2020). Sistemlerin dijitalleşmesi onların elektrifikasyonu ve dolayısıyla daha fazla enerji tüketimi anlamına gelmektedir. İhtiyaç duyulan büyük enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmediği durumlarda enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğinden söz etmek mümkün olmayacaktır (Bonilla vd., 2018). İhtiyaç duyulan enerjinin yenilenebilir enerji kullanımıyla karşılanması çevreye verilen zararı azaltmak adına pek çok firmanın önemle üzerinde durduğu bir husustur. Microsoft ve Apple gibi IT devleri yenilenebilir enerji kullanımına önem vermekte olup Apple tüm veri merkezlerinde yenilenebilir enerji kullanırken Microsoft da 2025 yılına kadar veri merkezlerinde %100 yenilenebilir enerji kullanımına geçeceğini duyurmuştur (Capgemini, 2021). Yüksek enerji tüketimi yüksek miktarda karbon emisyonuna neden olmaktadır (Wen vd., 2021).

IoT, siber-fiziksel sistemler, bulut bilişim, yapay zeka, büyük veri analitiği, dijital ikiz gibi dijital teknolojilerle akıllı ve sürdürülebilir üretimi gerçekleştirmek mümkündür (Feroz vd., 2021). Dijital teknolojilerin üretimde kullanımı sürdürülebilirliğe ilişkin pek çok pozitif etkiye sahiptir. Aşağıda bu söz konusu pozitif etkilere bazı örnekler verilmiştir:

- Kullanılan akıllı enerji sistemleri sayesinde enerji tüketimi daha iyi tahmin edilebilir. Enerji santralleri ile bağlantılı olan akıllı fabrikalar enerji yoğun faaliyetlerini çizeleleyebilirler (Özenir ve Nakıboğlu, 2019).
- Dijital teknolojilerle talep ve süreç izlenebilirliği mümkün olup, işlerin ve süreçlerin çizelelenmesiyle işler daha verimli şekilde yürütülebilir. Bu sayede üretim yükü dengelenerek enerji tüketimi azaltılabilir (Özenir ve Nakıboğlu, 2019).
- Akıllı fabrikalarda ürünlerin, malzemelerin, enerjinin, su ve diğer kaynakların dinamik kısıtlar da dikkate alınarak verimli bir şekilde tahsisi sağlanabilir (Özenir ve Nakıboğlu, 2019).
- Eklemeli üretim gibi yeni üretim teknolojileri sayesinde üretim ve lojistik süreçlerinde atıklar ve israflar azaltılabilir, kapasite etkin şekilde kullanılabilir (Özenir ve Nakıboğlu, 2019; Braccini ve Margherita, 2019).
- Üretimde dijital teknolojiler müşteri bilgisini temel alarak, talebe göre gerekli miktarda üretimi mümkün kılıp fazla ürün üretimini ve stok oluşumunu, gereksiz malzeme kullanımını ve taşınmasını engeller, böylece kaynakların kontrollü şekilde kullanımını sağlar (Braccini ve Margherita, 2019).
- Lojistik alanında dijital uygulamalarla gereksiz malzeme akışları ve taşımalar azaltılabilir (Özenir ve Nakıboğlu, 2019). Akıllı taşıma sistemleriyle sağlanacak yakıt tasarrufu, karbon emisyonu ve hava kirliliğini azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkı sağlar (Barreto vd., 2017).
- Dijital teknolojiler sayesinde doğru müşteri talep tahmini yapmak, ürün arzını gereksiz stok tutmayı önleyecek şekilde planlamak mümkündür. Stok tutma ihtiyacının azalması depo alanlarının ısıtılması, soğutulması ve aydınlatılması gibi işlemler için ihtiyaç duyulacak enerjiden tasarrufu ve karbon emisyonunda azalmayı mümkün kılar (Özenir ve Nakıboğlu, 2019).
- Dijital teknolojiler makinaları gerçek zamanda izleyerek veri toplayabilir, olası arızaları erkenden tespit edebilir ve önleyici bakım önerileri sunabilirler. Böylece makinaların yenilenme sıklığı azaltılabilir ve hatalı üretimden kaynaklanan enerji israfı önlenebilir (Özenir ve Nakıboğlu, 2019).

Dijital teknolojiler, tedarik zinciri boyunca atıkları önlemek ve sürdürülebilir tüketimi artırmak yoluyla sürdürülebilir tedarik zinciri oluşturmak bakımından da önemli bir rol üstlenir (Feroz vd., 2021). Gerçek zamanda veri paylaşımı, büyük veri gibi dijital teknolojiler ile daha şeffaf bir tedarik zinciri yaratmak mümkündür. Şeffaf bir tedarik zinciri ile zincir boyunca tüm üretim adımlarına ve bileşenlerine ilişkin bilgi edinmek mümkün olup (Beier vd. 2018) çevreye zarar veren unsurların zincirin neresinden kaynaklandığı tespit edilebilir.

Çevrim içi toplantıları mümkün kılan Zoom ve Google Meet gibi teknolojiler sayesinde dijital kollaborasyon mümkün olup bu yolla enerji tüketimi ve ulaşım sebepli çevre kirliliğine neden olan iş seyahatlerini azaltmak mümkün olabilir (Berkhout ve Hertin, 2004).

Günümüzde kağıt temelli baskı ve yayın yerine genelde dijital verilerin (ör. dijital raporlar) ve dijital ürünlerin (ör. fotoğraflar, gazeteler, magazinler, ansiklopediler) kullanılıyor olması sebepli kağıt tüketiminde azalma çevreye olumlu bir katkıdır (Berkhout ve Hertin, 2004).

Dijitalleşme ile sağlanan kaynak ve enerji verimliliğinin geri tepme etkisi (rebound effect) sebebiyle endüstriyel üretimin çevresel yükünü tamamen azaltılabileceği görülmüştür (Kunkel ve Matthes, 2020). Örneğin, enerji üreticilerinin dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla artan üretim ve enerji verimliliği sonucu enerji ihtiyacındaki azalmadan kaynaklanan kayıplarını çevreye zarar vererek üretim yapan farklı pazarlara enerji satmak yoluyla önlemeye yönelmeleri, dijitalleşmeyle sağlanan enerji verimliliğinden arzulanan olumlu çevresel etkinin tamamen sağlanamaması sonucunu doğurur. Dijital teknolojilerin işlerin daha hızlı bitirilmesini mümkün kılarak insanlara başka aktiviteler için sağlayacağı zamanı, insanların çevreye zarar veren aktiviteler ya da hizmetler için kullanması geri tepme etkisine bir başka örnektir (Berkhout ve Hertin, 2004).

#### **Dijital Teknolojilerin İmhasının Çevresel Sürdürülebilirliğe Etkileri**

Enformasyon ve iletişim teknolojileri donanımlarının teknolojideki hızlı gelişmeler sonucu daha iyilerinin piyasaya sürülmesi ve eski donanımların yeni yazılımları çalıştıramaması büyük miktarda elektronik atık oluşumuna neden olmaktadır. Yeni yazılımı çalıştılabilecek kapasitesi olan bir elektronik cihaz almak, mevcut cihazın ilgili donanımını bir üst modeli ile değiştirmekten daha ucuz olabilmektedir (Berkhout ve Hertin, 2004). Bu da eski cihazın sürdürülebilir bir şekilde kullanılmadığı anlamına gelir. Oysa dijital teknolojiler, bazı yazılım ve donanım ürünlerinin ömrünü uzatma noktasında da fayda sağlayabilirler (Özenir ve Nakıboğlu, 2019).

Geri dönüşümü mümkün olmakla birlikte organizasyonların %89'unun, enformasyon ve iletişim teknolojileri donanımlarının %10'dan daha az bir kısmını geri dönüştürdüğü ifade edilmektedir (Capgemini, 2021). Bu durum çevreye zarar veren büyük bir elektronik atık oluşumuna neden olmaktadır (Kunkel ve Matthes, 2020).

## **5. SONUÇ**

Endüstri işletmelerinde artan dijitalleşme, işletmelerin dijital teknolojilerin ve dijital uygulamaların çevresel sürdürülebilirlik bakımından oluşturduğu risklerin ve fırsatların da farkında olmasını gerektiriyor. Zira olumsuz çevresel etkiler, çevresel sürdürülebilirliğin işletmelerin ajandasında önemli bir konu olarak baş sıralarda yer almasına neden oluyor. Bu bağlamda, mevcut çalışmada dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe etkileri ele alınarak açıklanmıştır. Söz konusu bu etkiler, endüstri işletmelerinde kullanılan dijital teknolojilerin üretimi, kullanımı ve imhası sonucu oluşabilecek pozitif ve negatif çevresel etkiler şeklinde üç grupta toplanarak açıklanmıştır. Endüstri işletmelerindeki dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe hem pozitif hem negatif etkileri olabileceği tespit edilmiş olup endüstrideki dijitalleşmenin çevreye etkisinin söz konusu pozitif ve negatif etkilerin net etkisine bağlı olduğu söylenebilir.

Mevcut çalışma, teorik bakımdan yukarıda bahsedilen dijitalleşme ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki etkileşimi ele almış ilgili literatürdeki sınırlı sayıda çalışmanın artırılması açısından önem arz eder. Literatürde bu etkileşimi ele almış ve Türkçe dilinde yazılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu sebeple çalışma ilgili Türkçe literatüre katkısı bakımından da önemli bir çalışma olarak ifade edilebilir.

Bu çalışma pratik açıdan, dijitalleşmek ya da dijitalleşmesini artırmak isteyen endüstrideki işletmelerin dijitalleşme stratejilerini çevresel sürdürülebilirliği olumlu yönde etkileyecek şekilde belirleyebilmeleri için bilmeleri gereken dijitalleşme ve sürdürülebilirlik etkileşim noktalarını dikkate alarak belirlemelerine ve önceliklendirmelerine imkân tanıyabilir.

Mevcut çalışmada endüstri işletmelerindeki dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirliğe etkileri incelenmiştir. Gelecekte yürütülecek çalışmalarda dijitalleşmenin, sürdürülebilirliğin sosyal ve ekonomik boyutları üzerindeki etkileri incelenebilir. Ayrıca yürütülecek nicel çalışmalarla endüstrideki dijitalleşmenin sürdürülebilirliğe etkileri ölçülebilir.

## KAYNAKÇA

- Barreto, L., Amaral, A. ve Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: An overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Beier, G., Niehoff, S. ve Xue, B. (2018). More sustainability in industry through industrial internet of things? *Applied Sciences*, 8(2), 219. doi:10.3390/app8020219
- Berkhout, F. ve Hertin, J. (2004). De-materialising and re-materialising: Digital technologies and the environment. *Futures*, 36(8), 903-920.
- Bonilla, S. H., Silva, H. R. O., Terra da Silva, M., Franco Gonçalves, R. ve Sacomano, J. B. (2018). Industry 4.0 and sustainability implications: a scenario-based analysis of the impacts and challenges. *Sustainability*, 10(10), 3740.
- Braccini, A. M. ve Margherita, E. G. (2019). Exploring organizational sustainability of industry 4.0 under the triple bottom line: the case of a manufacturing company. *Sustainability*, 11(1), 36-47.
- Capgemini (2021). Sustainable IT. [https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2021/07/Sustainable-IT\\_Report-2.pdf](https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2021/07/Sustainable-IT_Report-2.pdf).
- El Hilali, W., El Manouar, A. ve Janati Idrissi, M. A. (2020). Reaching sustainability during a digital transformation: A PLS approach. *International Journal of Innovation Science*, 12(1), 52-79.
- Feroz, A. K., Zo, H. ve Chiravuri, A. (2021). Digital transformation and environmental sustainability: a review and research agenda. *Sustainability*, 13(3), 1530-1545.
- Kunkel, S. ve Matthes, M. (2020). Digital transformation and environmental sustainability in industry: Putting expectations in Asian and African policies into perspective. *Environmental Science & Policy*, 112, 318-329. doi:10.1016/j.envsci.2020.06.022
- Lichtenthaler, U. (2021). Digitainability: The Combined Effects of the Megatrends Digitalization and Sustainability. *Journal of Innovation Management*, 9(2), 64-80.
- Özenir, İ. & Nakıboğlu, G. (2019). Sürdürülebilir üretimde endüstri 4.0'ın yeri. *Business and Management Studies: An International Journal*. 7(5), 2248-2281.
- Wen, H., Lee, C.-C. ve Song, Z. (2021). Digitalization and environment: How does ICT affect enterprise environmental performance? *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39), 54826-54841.