

PAPER DETAILS

TITLE: TEDARIK ZINCIRI YÖNETİMİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: ENDÜSTRİ 4.0 ETKİSİ

AUTHORS: Müge Kiliç

PAGES: 52-83

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3994948>

Yayın Geliş Tarihi: 10.06.2024
Yayına Kabul Tarihi: 26.08.2024

Online Yayın Tarihi: 30/12/2024

DOI: 10.54410/denlojad.1498744
Bibliyografi (Bibliography)

Mersin Üniversitesi
Denizcilik ve Lojistik
Araştırmaları Dergisi
Cilt:6 Sayı:2 Yıl:2024
Sayfa:52-83

E-ISSN: 2687-6604

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ENDÜSTRİ 4.0 ENTEGRASYONU: BİR BİBLİYOMETRİK ANALİZ

Müge KILIÇ¹

ÖZET

Günümüzde paydaşların farkındalıklarının artması örgütlerin ekonomik, sosyal ve çevresel konularda daha duyarlı olmalarını sağlamıştır. Bu süreçte örgütlerde, tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik anlayışına yönelimler başlamıştır. Tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik faaliyetlerine önem veren ve bu süreci etkili kullanan örgütler rekabet ortamında pozitif yönlü bir etki yaratmışlardır. Bu çalışmanın amacı, tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 konularına yönelik yazın incelemeleri yapılarak literatüre bibliyometrik analizle katkıda bulunmaktır. Bu kapsamda Scopus veri tabanında ilgili konuya ilişkin 243 makale bibliyometrik analiz yöntemi ile incelenmiştir. Çalışma kapsamında işlevselliği yüksek olduğu düşünülen VOS viewer programı kullanılmaktadır. Küresel ortamda örgütler tedarik zinciri yönetiminin giderek daha karmaşık ve dinamik hale geldiği bir pazarda faaliyet göstermektedir. Dijital dünyanın gereksinimlerine cevap verebilmek için örgütlerin faaliyetlerini yerine getirirken Endüstri 4.0'ın olanaklarından faydalanması gerekmektedir. Sonuç olarak halen popülerliğini koruyan bu konuda, örgütlerin ve araştırmacıların daha etkin olabilmeleri adına daha

¹Öğr. Gör., Başkent Üniversitesi, Kahraman Kazan Meslek Yüksekokulu, Ankara, Türkiye, <https://orcid.org/0000-0003-1538-6738>, mugekilic@baskent.edu.tr

yolun başında oldukları ve tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik ve endüstri 4.0 entegrasyonuna yönelik daha fazla çalışmaları gerektiği düşüncesine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Tedarik Zinciri Yönetimi, Sürdürülebilirlik, Endüstri 4.0, Bibliyometrik Analiz, Teknoloji*

SUSTAINABILITY AND INDUSTRY 4.0 INTEGRATION IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

ABSTRACT

Today, increasing awareness of stakeholders has made organizations more sensitive to economic, social and environmental issues. In this process, organizations have started to turn towards sustainability in supply chain management. Organizations that prioritize sustainability activities in supply chain management and use this process effectively have created a positive impact in the competitive environment. The aim of this study is to contribute to the literature with bibliometric analysis by reviewing the literature on sustainability in supply chain management and Industry 4.0. In this context, 243 articles on the relevant topic in the Scopus database were analyzed by bibliometric analysis method. Within the scope of the study, VOSviewer program, which is considered to be highly functional, is used. In the global environment, organizations operate in a market where supply chain management is becoming increasingly complex and dynamic. In order to respond to the requirements of the digital world, organizations need to take advantage of the opportunities of Industry 4.0 while performing their activities. As a result, it is concluded that organizations and researchers are still at the beginning of the road in order to be more effective in this still popular topic and that they should work more on the integration of sustainability and industry 4.0 in supply chain management.

Keywords: *Supply Chain Management, Sustainability, Industry 4.0, Bibliometric Analysis, Technology*

GİRİŞ

Günümüzde giderek artan ekosistem bozulmaları ve sosyal olaylardaki farkındalık nedeniyle, örgütlerin ve paydaşların tedarik zinciri yönetimi süreçlerinde sadece ekonomik faydaya değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal konulara da hassasiyet göstermesi gerekmektedir. Örgütlerin temel amaçları artık yalnızca ekonomik fayda sağlamak değil, aynı zamanda toplumsal fayda da sağlamaktır. Örgütler, bu bütüncül bakış açısıyla faaliyetlerine devam ederlerse sürdürülebilirliklerini sağlamış olacaklardır. Bu kapsamda, örgütlerin hem kurum içi faaliyetlerinde hem de paydaşlarıyla ilişkilerinde çevreye karşı duyarlı olmaları, çevreye en az olumsuz etki bırakmaları, çalışanların haklarını gözetmeleri ve sosyal faaliyetlere değer katan bir yönetim anlayışına sahip olmaları gerekmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, tedarik zinciri yönetiminde hayati önem taşımaktadır.

Örgütlerin faaliyet gösterdiği sektörlerde, tedarik zinciri yönetimi süreçlerinde sürdürülebilir faaliyetleri daha etkin ve verimli hale getirmek için Endüstri 4.0 uygulamalarından yararlanmaları önemlidir. Bu uygulamalar, maliyetlerin düşmesini, verimliliğin artmasını sağlamaktadır. Ayrıca, dijital fırsatların hızlı ve etkin kullanımı, örgütlerin faaliyet süreçlerinde zaman kazanmalarına olanak tanımaktadır.

Yukarıda bahsedilen konular ışığında tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlikte Endüstri 4.0'a yönelim bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Çalışmada, tedarik zinciri yönetimi, sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 konuları yazın araştırmaları ile açıklanmaktadır. Takibinde konuya ilişkin bibliyometrik analiz yapılmış ve sonuçları tartışılmıştır.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Tedarik Zinciri Yönetimi

Örgütlerin yakın çevresinde yer alan tedarikçiler, müşteriler kadar hayati önem taşımaktadır. Tedarik zinciri yönetimi, 1990'lardan günümüze kadar uzanan bir süreçte gelişmiş, örgütlerin diğer örgütlerle olan talep ve arz dengesini sağlamalarını, kaynak tedarikini, satın alma faaliyetlerini ve lojistik süreçlerini düzenleyen, ayrıca zincirde yer alan tüm paydaşları koordine eden bir yönetim biçimi olarak ifade edilmektedir (Christopher, 1992; Atuntaş ve Türker, 2012). Başka bir ifadeyle tedarik zinciri yönetimi, örgüt içinde ve örgütler arasında ürünlerin, bilgi aktarımının ve lojistik süreçlerinin

planlanması, örgütlenmesi, yönetilmesi ve kontrol edilmesini ifade etmektedir (Cooper, Lambert ve Pagh, 1997).

Tedarik zinciri yönetimi sadece üretici, tüketici ve tedarikçileri birbirine bağlamakla kalmaz ayrıca yukarı akış yönünde tedarikçilerin muhtelif kademelerini de birbirine bağlar. Benzer şekilde aşağı akış yönünde ürün veya hizmetlerin değerinden faydalanan nihai kullanıcılara bağlanmaktadır (Dutta ve Hora, 2017; Manavalan ve Jayakrishna, 2019).

Tedarik zinciri yönetimi, ekosistemin sürdürülebilirliğini sağlamak ve en yüksek verimliliğe ulaşmak için teknolojinin sunduğu fırsatlarla birleştirilmesi gereken faaliyetleri içermelidir.

1.2. Sürdürülebilirlik

Kıt kaynakların kontrolü ve etkin kullanımı, sürdürülebilirlik kavramına olan ilgiyi artırmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden bugünün gereksinimlerini karşılayan kalkınma olarak tanımlanmaktadır (Singh ve Trivedi, 2016). Hedeflenen kalkınmaya ulaşmak için örgütlerin yalnızca ekonomik boyuta değil, çevresel ve sosyal boyutlara da odaklanmaları gerekmektedir (Seuring, 2013). Çevresel, sosyal ve ekonomik boyutların üçü birden göz önünde bulundurulduğunda, sürdürülebilirlik örgütler açısından zorluk teşkil etmektedir (Srivastava, 2007). Ancak, artan kamu bilinci, örgütlerin tedarik zinciri faaliyetlerinde çevreye duyarlı girişimlerde bulunmalarına yol açmıştır (Zhu, Sarkis ve Lai, 2013).

Sürdürülebilirlik kavramı oldukça geniş bir tanımlamaya sahiptir ve tüm tanımlamaların ortak noktası, sürdürülebilirliğin tek boyutlu değil, üç boyutlu olduğudur. Buna göre, çevresel sürdürülebilirlik, ekosistemi düzenleyici ve koruyucu faaliyetlerin yürütülmesi olarak nitelendirilmektedir (Chin, Tat ve Sulaiman, 2015). Ekonomik sürdürülebilirlik, ekonomik kalkınmaya yönelik stratejik planlar doğrultusunda kaynakların etkin kullanılarak ekonomik fırsatların geliştirilmesi ve finansal istikrarın sağlanması olarak tanımlanmaktadır (Varsei, 2016). Son olarak, sosyal sürdürülebilirlik, kamu refahının korunmasına yönelik eğitimde fırsat eşitliği, sağlık hizmetleri ve eşitlik gibi sosyal bütünleşmeyi içermektedir (D'Eusania, Zamagni ve Petti, 2019).

Sürdürülebilirliğin bu denli örgütler, toplumlar için hayati bir unsur olması bu çalışmanın yaratılmasında etkili olmuştur. Bu kapsamda, örgütler ve

örgütlerin tüm paydaşları önemli bir husus olan tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik kavramına yönelmiştir. Ayrıca yazın araştırmalarına yönelik yapılan taramalarda bu iki önemli konu üzerinde Endüstri 4.0 yönelimin değerlendirilmesi için araştırmaların yapılmasına karar verilmiştir. Bu kapsamda aşağıdaki başlıklar yaratılmıştır.

1.3.Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi (STZY), çevresel etkinin bir gereklilik olarak kabul edildiği, her ürünün yaşam döngüsü boyunca değer zincirindeki tüm aşamaların dikkate alındığı çok disiplinli bir bakış açısını içeren bir dizi yönetim uygulaması olarak tanımlanmaktadır (Gupta ve Palsule-Desai, 2011). Bu kapsamda, örgütlerin sürdürülebilirlik anlayışının dar bir işlevsel bakış açısının ötesine geçerek işlevsel sınırları aşan konuları, sorunları ve çözümleri bütünleştiren daha geniş bir perspektifi kapsamaya hayati önem taşımaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi (TZY), örgütlerin büyük başarı kazanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde, iklim değişikliği, hava kirliliği ve çeşitli sağlık sorunları gibi sosyo-çevresel problemlerin artmasıyla sürdürülebilirlik kavramına olan ilgi artmıştır. Tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik kavramının entegre edilmesi, örgütlerin pazarda rekabet avantajı elde etmesine olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda, örgütler, tedarik zinciri operasyonlarını sürdürülebilir bir şekilde uygulamak için çaba sarf etmektedir (Khan ve diğerleri, 2021).

Tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirliğin temel amacı, ürün veya hizmetin pazara sunulmasında tüm paydaşların uzun süreli sosyal, çevresel ve ekonomik fayda sağlamasını, korumasını ve geliştirmesini sağlamaktır (Gedik, 2021). Sürdürülebilirlik, tedarik zinciri yönetiminde işletmelerin çevresel, ekonomik ve toplumsal hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olarak kurumsal sosyal sorumluluk ve yeşil tedarik zinciri yönetimi hedeflerini birleştirmekte ve sonuç olarak paydaşların gözündeki imajlarını artırmaktadır (Işıklar ve Yeşiltuna, 2022). Sürdürülebilirlik anlayışının yarattığı bu etki gücü, örgütlerin paydaşlarına karşı imajına, pazar payındaki olumlu sürece ve tedarik zincirinde farkındalığın doğmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, tedarik zinciri yönetimi sürecinde sürdürülebilirliğe yönelik sorunların tespiti ve çözümü; maliyet tasarrufu, paydaşlarla sağlanan uzun dönemli işbirliği, kamunun oluşturduğu politika faaliyetleri, çevreye karşı duyarlı olma hususunda oluşan standartlar ve toplumsal değerlere yönelik olumlu etki yaratmaktadır (Acar ve Çağlıyan, 2021).Tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik, örgütlerin

ekonomik faaliyetlerinin performansını artırarak çevresel ve sosyal boyutta daha aktif ve duyarlı olmalarını teşvik etmektedir. Aynı zamanda, örgütlerin devamlılığını sağlayabilmeleri için sürdürülebilirlik faaliyetlerinin bir seçim değil, gün geçtikçe bir gereksinim olduğu fark edilmiştir (Carter ve Rogers, 2008).

Tedarik zinciri stratejisi ve yapısı, organizasyonların karar alma sürecinde önemli bir seviyeyi oluşturmaktadır. Bu seviyede, tedarik zincirinin yapısını belirlemek ve sürdürülebilirlik konularını entegre etmek için stratejik kararlar alınmalıdır. Bu alandaki araştırmalar genellikle, Müşteriler tarafından iade edilen veya ömrünü tamamlamış ürünlerin toplanması ve yeniden değerlendirilmesi olarak tanımlanan Ters tedarik zincirine, Paydaşları uygun şekilde motive etmek için teşvik mekanizmalarının oluşturulması olarak bilinen tedarik zinciri teşviklerinin yapılandırılmasına ve sürdürülebilir ürün yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine yönelik geri dönüştürülmüş ve yeni ürünler arasındaki rekabetin yönetilmesine odaklanılmıştır (Savaskan, Bhattacharya ve van Wassenhove 2004).

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, örgütlerin genel sürdürülebilirlik stratejisini bütünsel bir bakış açısıyla değerlendirmelerine, acil durum planlaması yapmalarına ve riskleri yönetmelerine olanak sağlamaktadır. Bu yaklaşım, malzeme yönetimi, satış ve sipariş karşılama gibi çok yönlü faaliyetleri kapsarken, sosyo-ekonomik ve çevresel faktörleri de göz önünde bulundurarak tedarik zinciri operasyonlarını bütünleştirmektedir (Pagell & Şevçenko, 2014; Manavalan ve Jayakrishna, 2019)..

Örgütler, yeniden üretim faaliyetlerini pazarlama perspektifinden inceleyerek, yeniden üretilmiş ürünlerin düşük maliyet, düşük beklenti ve tedarik kısıtlamaları gibi özelliklerini değerlendirmektedir (Atasu, Sarvary ve van Wassenhove 2008). Ayrıca, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, yüksek etik anlayışı ile örgüte, topluma ve çevreye saygı içeren bir yaklaşım kazandırmaktadır. Bu durum tedarik zinciri yönetiminde proaktif iletişim kurma ve faaliyetlerde izlenebilirlik kolaylığı sağlamaktadır (Carter ve Rogers, 2008: 370; Carter ve Liane Easton, 2011).

1.4. Endüstri 4.0

İnsanoğlunun varoluşundan bu yana gereksinimlerini karşılamak için hammaddeyi işleme çabası endüstrinin gelişmesine ve sanayide kullanılan yöntemlerin hızla artmasına sebep olmuştur. Endüstri devrimlerinin esas

unsuru, teknolojik gelişmelerin birbirini takip eden süreçlerde artış göstermesi sonucunda oluşan yeni organizasyonel faaliyetleri oluşturmaktadır (Bulunmaz 2016; Sağtaş, 2021).

James Watt tarafından 1768’de buhar makinesinin bulunması sanayide yeni bir sürecin başlangıcı olmuş ve 1. Endüstri devrimi olarak kabul edilerek Endüstri 1.0 olarak tanımlanmaktadır (Nascimento ve diğ., 2019). Buhar makinesi buluşu ile üretim hız kazanmış ve bu süreç yerelden ulusa doğru bir pazarlama yaklaşımının doğmasına sebebiyet yaratmıştır. Endüstride yaşanan bu devrim sosyo-ekonomik açıdan toplumların kalkınmasında büyük etki yaratmıştır (Lasi ve diğ., 2014).

Endüstri 2.0, 19. Yüzyılın sonlarına işaret etmektedir, bu dönem elektrik enerjisinin yaygın olarak kullanılmasını ve montaj hattı konseptinin benimsenmesini içermektedir. Henry Ford’un kurmuş olduğu otomotiv fabrikasındaki seri üretim ve kütle üretim, üretim süreçlerini daha verimli ve hızlı hale getirmiştir (Müller ve diğ., 2018).

Endüstri devrimlerinin birinci ve ikinci dönemleri günümüz dünyasının şekillenmesinde hayati öneme sahiptir. İlgili iki dönem üretim ve dağıtımda, teknolojinin gelişmesinde öncü rol üstlenmiştir (Özkan ve diğ., 2018).

Bilgisayar teknolojisinin ve otomasyonun fabrikalarda kullanılmasını içeren Endüstri 3.0, üretim süreçlerinde dijitalleşme, kontrol sistemlerinde ve iş süreçlerinde otomasyonun artmasıyla karakterizedir. Üretim yapısı günümüz koşullarına uyarlanarak, esnek üretime geçiş yapılmıştır ve makineleşmelerdeki otomasyonun sağladığı yaygın süreç olarak nitelendirilmektedir (Saklı, 2013).

Endüstri 4.0 kavramı, üretim yönetimlerinde radikal bir dönüşümün habercisidir. Endüstri 4.0’ın temel hedefi, üretim süreçlerini daha verimli, esnek ve akıllı hale getirerek endüstriyel dönüşümü sağlamaktır. Bu durum üretim tesislerinin daha iyi bağlanmış, otomatik ve veri odaklı hale gelmesini içermektedir. Endüstri 4.0’ın avantajları arasında artan üretim verimliliği, daha düşük maliyetler, daha hızlı tepki süreleri ve daha iyi müşteri hizmeti bulunmaktadır. Bu dönem, dijital dönüşümleri etkileyerek iş süreçlerini daha akıllı ve esnek hale getiren stratejik bir süreç olarak varlığını sürdürmektedir (Yaprak, 2021).

Endüstri 4.0 dijital teknolojilerin kullanımıyla pazardaki değişikliklere hızlı yanıt verebilme, süreç verimliliğini artırma olanağı sağlamaktadır. Bu teknolojiler, işletmelerin müşteri beklentilerine daha iyi odaklanmasına fırsat

tanımaktadır. Aynı zamanda, fikir aşamasından ürün geliştirmeye kadar bir dönüşüm yaşanmakta ve endüstri 4.0 üretim sistemleri bu dönüşümün temel unsurunu oluşturmaktadır (Yaprak, 2021).

Endüstri 4.0; yapay zekâ, büyük veri, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik ve nesnelerin interneti şeklinde bileşenlerden oluşmaktadır. Buna göre;

Yapay zekâ: İçinde var olduğumuz dünya daima gelişmekte ve kendi kendini donatan teknolojilere gereksinim duymaktadır. Yapay zekâ ile endüstri 4.0 ilişkisi daha yüksek verimlilik ve üretim sağlama güdüsü ile doğmuştur. Yapay zekâ uygulamaları minimum girdi ile maksimum çıktı sağladığından tüm sektörlerde varlığını sürdürmektedir (Khan ve diğ., 2022).

Tüketiciler, yapay zekâ ile modellenmiş yüksek teknoloji ürünleri çaba sarfetmeden kullanabilmektedir. Bu mevcut teknolojiler, tüketicilerin belirli bir ürüne karşı satın alma eğilimlerine yönelik tarama ve belirleme potansiyeline sahiptir. Aynı zamanda yapay zeka destekli uygulamalar tüketicilerin karar verme süreçlerini etkileyerek satın almaya niyeti etkileyebilmektedir (McArthur ve diğ., 2005; Khan ve diğ., 2022).

Büyük veri: Birçok farklı kaynaktan verilerin toplanması ve detaylı biçimde değerlendirilmesi sürecidir. Gerçek zamanlı karar vermeyi destekleyerek toplanan veriler ışığında tüketiciler hakkında kapsamlı bir değerlendirme yapma olasılığı sağlamaktadır (Bahrin ve diğ., 2016).

Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik: Ürünlerin sanal olarak deneyimlenmesine imkân tanımaktadır. Müşterilerin satın alma kararını daha bilinçli bir şekilde vermesine yardımcı olabilmektedir. İşletmeler fiziksel mağaza alanlarında artırılmış gerçekliği kullanarak müşterilere etkileşimli deneyimler sunabilme imkânı yaratabilmektedir. (Dinçer Gültekin, 2023).

Nesnelerin İnterneti: Endüstri 4.0'ın önemli bir unsuru olan nesnelerin interneti (IoT) cihazlar arasında veri alışverişini mümkün kılmaktadır. Bu, pazarlama stratejilerinde ürünlerin kullanımıyla ilgili gerçek zamanlı verilere erişmelerini ve bu verileri pazarlama stratejilerini optimize etmek için kullanmalarını sağlamaktadır. Optimize edilen bilgiler tüketici davranışları, istekleri, beklentileri hakkında değerli bilgiler içermektedir. Nesnelerin interneti müşteri tercihlerini etkilemekle birlikte tedarik zincirini de yeniden yapılandırmaktadır (Javaid ve diğ., 2021).

Nesnelerin interneti yüz tarama, yer takibi ve büyük veri gibi doğrudan tüketicilere odaklanan teknolojileri bir araya getirmektedir (Pan ve diğ., 2011). Bu teknolojinin trend haline gelmesi Covid-19 pandemisinin yarattığı etkiden kaynaklanmaktadır. Pandemi sırasında termal görüntüleyiciler vücut ısısı yüksek olan bireylerin tespitinde sıklıkla kullanılmıştır. Aynı zamanda kullanıcıların konumu izlenerek, mağazanın sitesini ziyaret etme sıklığını tanımlamakta kullanılabilir. Bunlara ek olarak, sosyal medya tabanından gelen veriler ile tüketicilerin yaşam tarzları, tercihleri vb. gibi pek çok konu hakkında bilgi içermektedir (Bounsar ve diğ., 2019; Sicari ve diğ., 2016).

1.5. Tedarik Zinciri Yönetiminde Sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 Entegrasyonu

Endüstri 4.0 olarak bilinen teknolojik çağın gelişimiyle birlikte, tedarik zinciri yönetiminde bu yeni paradigmaya uyum sağlama ihtiyacı artmıştır. Endüstri 4.0'ın yenilikçi yaklaşımları ve geniş teknolojik olanakları, tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirliğin uygulanmasında önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajların başında, büyük verilerin eş zamanlı olarak daha etkin ve verimli bir şekilde işlenmesi gelmektedir. Endüstri 4.0'ın sağladığı kolaylıkların üretim yönetimi süreçlerinde ortaya çıkan karmaşıklığın yönetilmesine ve düzenlenmesine katkıda bulunduğunu belirtilmektedir (Johannes ve Strandhagen 2017). Endüstri 4.0, geleceğin tedarik zinciri olarak nitelendirilmekte olup akıllı fabrikalar ile kıt kaynakların etkin ve verimli kullanımı gibi çeşitli sürdürülebilirlik uygulamalarını mümkün kılacağı düşünülmektedir (Eğilmez ve Koca 2018). Endüstri 4.0, üretim süreçlerini akıllandırarak tedarik zinciri yönetimini iyileştirmektedir. Bu gelişme, stok yönetimi, ürün izleme ve tedarik zinciri planlaması gibi alanlarda pazarlama faaliyetlerine daha yüksek görünürlük sağlamaktadır (Wichmann ve diğ., 2020; Spieske ve Birkel, 2021).

Endüstri 4.0'ın temel özelliklerinden biri de, üretim süreçlerinde otomasyonun yaygınlaştırılmasıdır. Bu otomasyon, üretim hattındaki işlemleri optimize ederek verimliliği artırmakta ve operasyonların daha hızlı ve hassas bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Endüstri 4.0'ın faaliyetlerini etkinleştiren faktörler arasında otonom araçların önemli bir yer tuttuğunu belirtmektedir. Bu araçlar, insanlarla ve diğer robotlarla etkileşim kurabilen, işbirlikçi, otonom ve programlanabilir robotları içermektedir (Çağlar ve Karagöz Taşkın 2023).

Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisi, cihazlardan, üretim ekipmanlarından ve süreçlerinden büyük miktarda veri toplanmasına olanak tanımaktadır. Bu veriler, üretim süreçlerinin performansını analiz etmek, sorunları tespit etmek ve iyileştirmeler yapmak için kullanılmaktadır. Wagner ve arkadaşlarına göre (2017), akıllı üretim ile, üretim hatlarını daha esnek ve uyarlanabilir hale getirdiği vurgulanmaktadır. Bu esneklik, talep değişikliklerine daha hızlı tepki verme ve özelleştirilmiş ürünlerin üretimini kolaylaştırma avantajı sağlamaktadır.

Endüstri 4.0, dijital teknolojiye duyarlı örgütlerde gerçekleşebilmektedir. Endüstri 4.0 yarattığı etki ile geleneksel tedarik zinciri, doğrudan ürün geliştirme, üretim, tedarikçiler ve müşteriler akıllı bağlantı sistemleri ile etkili dijital tedarik zincirine dönüşüm fırsatını yakalamaktadır. Aynı zamanda endüstri 4.0'da yaşanan gelişmeler ekosistem süreçlerinde olumlu etki yaratacağı öngörülmektedir (Brettel, Friederichsen, Keller ve Rosenberg, 2014; Liao, Deschamps, Loures ve Ramos, 2017).

Tedarik zinciri yönetimine Endüstri 4.0'ın entegrasyonu, beraberinde çeşitli endişeler getirmiştir. Bu süreçte örgütlerin en temel kaygısı güvenlik zafiyeti olmuştur. Bu bağlamda, devlet destekli siber güvenlik politikalarının geliştirilmesi hayati önem taşımaktadır. Endüstri 4.0 uygulamaları için gerekli altyapı sistemlerinin oluşturulması ve ilgili kurum ve kuruluşlardan destek alınması, sistemin sağlıklı bir şekilde ilerlemesine katkı sağlayacaktır (Siemieniuch ve Sinclair, 2015; Hermann vd., 2016; Liao vd., 2017; Sung, 2018). Endüstri 4.0'ın tedarik zinciri yönetimine entegrasyonunda bir diğer önemli kaygı, tedarikçiler ve müşteriler açısından iş kayıplarının yaşanacağı ve insan gücünün yerini otomasyon sistemlerinin alacağı algısıdır. Bu algı, sürecin kritik bir etkisi olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, beşerî kaynakları korumak ve yeni iş olanakları yaratmak üzere projelerin geliştirilmesi, sürecin daha ılımlı bir şekilde ilerlemesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. ılımlı ve koruyucu faaliyetlerin uygulanması, işsizlik seviyelerini azaltarak tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilir kalkınmayı teşvik edeceği varsayılmaktadır (Bag, Telukdarie, Pretorius ve Gupta, 2021).

Endüstri 4.0'ın sürdürülebilirliği ve tedarik zinciri yönetimine etkili bir şekilde uyarlanması için, gelişmiş bilgi teknolojileri güvenliği ve standartlarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. En temel unsur olan güvenlik akıllı nesnelerle sürekli etkileşim halinde olan örgütler için öncelikli unsur olmaktadır. Bilgi teknolojilerinde yaşanan güvenlik boşlukları tedarik zinciri yönetim süreçlerinin kesintiye uğramasına hatta durma noktasına

getirerek hem zaman hem de mali kayba sebep olacaktır. Örgütlerin tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik için etkin bir bilgi teknolojileri yönetişimine odaklanması gerekmektedir (Bag ve diğerleri, 2021; Sung,2018).

Örgütlerin tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik faaliyetlerinde endüstri 4.0'ı entegre etmesinin yarattığı fırsatlardan yararlanırken bu süreçte meydana gelebilecek zorlukların farkındalığında olup bu sorunlara yönelik alternatif çözüm yolları sunmaları gerekmektedir. Üniversiteler ve araştırma enstitüleri ile yapılan iş birliklerinin ve girişimlerin, farkındalık yaratılmasına ve bu süreçte karşılaşılabilecek problemlerin önlenmesine olanak sağlayacağını belirtilmektedir (Guimon,2013). Tedarik zinciri yönetiminde sağlanan bu dijital dönüşümde örgütlerin kademelerinde yer alan yöneticilere örgüt tasarımı oluştururken önemli sorumluluklar düşmektedir. Etkili sürdürülebilir faaliyetler sunabilmek için Endüstri 4.0'da yer alan teknolojik değişimlere adapte olmak ve bu süreci tedarik zinciri yönetiminde uygulamak önem arz etmektedir. Ayrıca tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik faaliyetlerine entegre edilmiş dijital faaliyetlere örgüt ve çevresinde yer alan tüm paydaşların uyumlu hareket etmesi tüm süreç için hayati önem taşımaktadır (Karakoç, Eren ve Özcan, 2020).

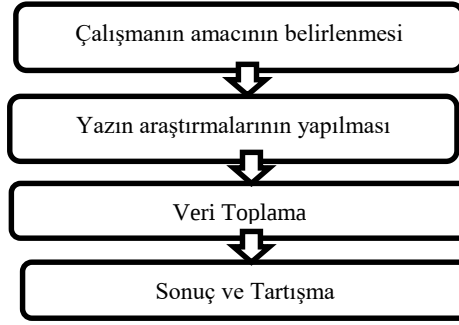
2.ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak Scopus veri tabanı kullanılmıştır. Scopus veri tabanı, yayın etiği açısından nitelikli ve güvenilir çalışmaları içermesi ve dergi bibliyometrik analizleri için uygun bir kaynak olması nedeniyle tercih edilmiştir (Martínez-Lopez vd., 2018). Veri toplama süreci 08.05.2024 tarihinde gerçekleştirilmiş olup, arama kriterleri şu şekilde belirlenmiştir: TITLE-ABS-KEY ("supply chain management" AND "sustainability" AND "industry 4.0"). Verilerin ikincil kaynak niteliğinde olması sebebiyle etik kurul izni alınmamıştır. Araştırma kapsamında en fazla kullanılan anahtar kelimeleri ve arasındaki ilişkiyi gösteren eş görülme analizi; araştırmalar, araştırmacılar, dergiler ve ülkeler arasında atıfları ve ağ güçlerini gösteren atıf analizi; belirli bir yayının, araştırmacının, derginin makaleler tarafından hangi ölçüde atıf aldığını gösteren eş atıf analizi gerçekleştirilecektir. (Van Eck ve Waltman, 2019).

Bibliyometrik analiz yöntemi, veri tabanlarında yer alan ve belirli konulara ilişkin araştırmaları kapsamlı analiz etmeye ve yorumlamaya olanak sağlayan nicel bir yöntemdir. İlgili yöntem, veri tabanlarından elde edilen yazar bilgisi, anahtar kelime, araştırma künyesi gibi hususlarda kategorileştirerek araştırma konusuna ilişkin güncel bilgiler sunan bir nicel

araştırma yöntemi olarak bilinmektedir (Merigó ve Yang, 2017). Bibliyometrik analizin amacı, ilgili konuya ilişkin yayınlar arası ilişkilerin nicel olarak değerlendirilmesidir. Bu süreçte ilgili konuya yönelik yazında yer alan tüm eserlerin detaylı olarak incelemesi ve analizi sunulmaktadır (Lawani, 1981: 295). Bibliyotektik analiz süreçlerinde farklı programlar kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında işlevselliği yüksek olduğu düşünülen VOSviewer programı kullanılmaktadır. Literatürde yaşanan değişimleri, kavramlar arası ilişkileri ve yeni kavramları tespit etmek için araştırmalar için uygun görülmektedir. Ayrıca veri görselleştirme ve haritalandırma imkânı tanınmaktadır (Dirik vd., 2023).

Bu araştırmanın amacına yönelik hazırlanan araştırma metodolojisi Şekil 1’de yer almaktadır.



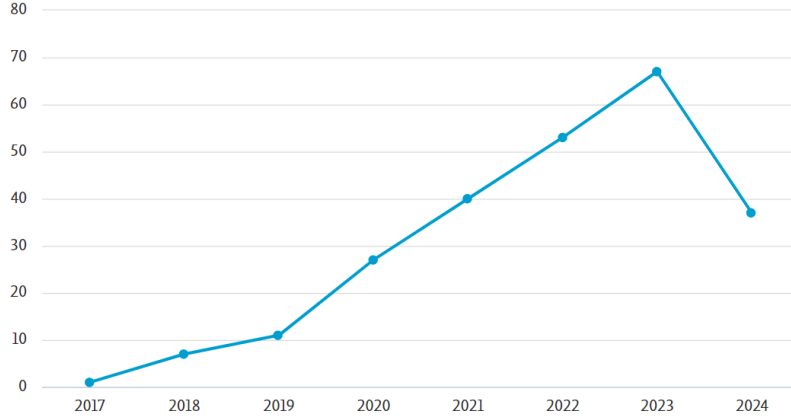
Şekil1: Araştırma Metodolojisi

3. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında, yapılan yazın taramaları sonucunda tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0’ın entegrasyonuna yönelik çalışmalar değerlendirilerek literatüre katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, çalışmada yazın araştırmalarından elde edilen bilgiler ışığında ağ analizi ile değerlendirmeler yapılarak, gelecekte sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimine dair bir öneri sunulacaktır.

Bu bölümde araştırmada yararlanılan 2017-2024 yılları arasında 243 çalışmaya göre elde edilen bulgular değerlendirilmektedir. Buna göre Grafik 1’de görüldüğü üzere, ilgili anahtar kelimelerle yapılan tarama sonucunda, yazında bu tür çalışmalar 2017 yılında başlayıp, günümüzde halen devam

etmektedir. Grafik 1’de yer alan grafiği açıklamak gerekirse, 2017 yılında 1, 2020 yılında 27, 2023 yılında 67, 2024 yılının mayıs ayına kadar ise 37 çalışma yapıldığı görülmektedir. Ayrıca 135 çalışmanın araştırma makalesi, 35 çalışmanın derleme makale ve 17 çalışmanın kitap bölümü olduğu tespit edilmiştir.



Grafik 1: Çalışmaların Yayın Yılına Göre Dağılımı

Tablo 1’de görüldüğü üzere ilgili anahtar kelimelerle yapılan tarama sonucunda, konuya ilişkin en çok alıntılanan 10 çalışma yer almaktadır. Bu 10 çalışmada dikkat çeken unsur, çalışmaların genelinin derinlemesine yapılan yazın taramalarından oluşmasıdır.

Tablo1: Konuya İlişkin En Çok Alıntılan 10 Çalışma

Yazar(lar)	Araştırma Amacı	Araştırma Sonucu	Atıf Sayısı
Manavalan, E., Jayakrishna, K. (2019)	SCM, IoT ve Endüstri 4.0'ın çeşitli yönlerini gözden geçirmek ve Endüstri 4.0 dönüşümü için IoT gömülü sürdürülebilir tedarik zincirinde mevcut potansiyel fırsatları keşfetmektir.	Endüstri 4.0 gereklilikleri için henüz emekleme aşamasında olduğu için sürdürülebilir tedarik zinciri alanında daha fazla araştırma yapmak için iyi fırsatlar olduğunu göstermektedir.	628
Luthra, S., Mangla, S.K. (2018)	Endüstri 4.0 girişimlerinin önündeki temel zorlukları tanımayı ve Hindistan imalat sanayi perspektifini ele alarak gelişmekte olan ekonomilerde tedarik zincirinin	Zorlukların dört boyutu arasında - Organizasyonel zorlukların en yüksek öneme sahip olduğunu ve bunu Yasal ve etik sorunlar, Stratejik zorluklar ve Teknolojik	570

	sürdürülebilirliği için etkili Endüstri 4.0 konseptlerine öncelik vermek üzere belirlenen temel zorlukları analiz etmeyi amaçlamaktadır.	zorlukların izlediğini ortaya koymaktadır. Daha akıllı ve sürdürülebilir üretim sistemi ve değer zincirine yol açan Endüstri 4.0 yayılımına teorik olarak katkıda bulunmak için ilk çabadır.	
Nascimento, D.L.M., Alencastro, V., Quelhas, O.L.G., Lona, L.R., Tortorella, G. (2019)	Hurda metal veya e-atık gibi israf edilen malzemeleri yeniden kullanan ve geri dönüştüren bir iş modeli oluşturmak için Endüstri 4.0'ın yükselen teknolojilerinin döngüsel ekonomi (CE) uygulamalarıyla nasıl entegre edilebileceğini araştırmaktadır.	Talep üzerine ürün üretmek için atıkları tedarik zincirine yeniden dahil ederek iş sürdürülebilirliğini iyileştirmenin olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir.	532
Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., Behdad, S. (2020)	Tedarik zincirlerini sürdürülebilirliğe doğru ilerletmek için Blockchain teknolojisi ve Endüstri 4.0'a genel bir bakış sağlamaktadır.	Araştırma boşluklarının ve bilim camiasının Endüstri 4.0'ın sürdürülebilirlik hedeflerine yardımcı olması için gerekli koşulların yaratılmasına nasıl katılabileceğinin özetlenmesiyle son bulmaktadır.	416
Yadav, G., Luthra, S., Jakhar, S.K., Mangla, S.K., Rai, D.P. (2020)	Endüstri 4.0 ve döngüsel ekonomi temelli çözüm önlemleri aracılığıyla SSCM zorluklarının üstesinden gelmek için bir çerçeve geliştirmeyi amaçlamaktadır.	SSCM'nin sorunsuz bir şekilde benimsenmesini engelleyen zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olabilecek SSCM zorlukları ve ilgili çözümler arasında bir bağlantı kurmasıdır. Literatürdeki birçok çalışma, hizmet sektörlerinde sürdürülebilirliğin sağlanmasının imalat sektörlerine kıyasla çok daha kolay olduğunu bildirmiştir	368
Luthra, S., Kumar, A., Zavadskas, E.K., Mangla, S.K., Garza-Reyes, J.A. (2020)	Tedarik Zincirlerinde (TZ) sürdürülebilirliği yaygınlaştırmak için I4.0'ın itici güçlerini incelemeyi amaçlamaktadır.	Gelişmekte olan bir ekonomi olan Hindistan bağlamında literatür ve uzmanların geri bildirimleri aracılığıyla tedarik zincirlerinde sürdürülebilirliği yaygınlaştırmak için I4.0'ın dokuz temel itici gücünü belirlemiştir.	244

Bag, S., Telukdarie, A., Pretorius, J.H.C., Gupta, S.	Tedarik zinciri sürdürülebilirliğinin Endüstri 4.0 etkileştiricilerini belirlemek ve ayrıca teorik boşlukları doldurmak için bir araştırma çerçevesi önermeye çalışmaktır.	Tedarik zinciri sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemli bir rol oynayan Endüstri 4.0'ın 13 temel etkinleştiricisini belirlemişlerdir. Tedarik zinciri ağındaki tüm eylemlerin izlenmesi için bir performans yönetim sistemi geliştirilmesi şarttır.	240
Kumar, P., Singh, R.K., Kumar, V. (2021)	Literatür taraması ve uzman görüşleri aracılığıyla sürdürülebilir operasyonlar için temel kriterleri ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için aşılması gereken engelleri tanımlamaktadır.	Tedarik zincirlerinin sürdürülebilir operasyonlarının önündeki başlıca engellerin nitelikli işgücü eksikliği, etkin olmayan performans çerçevesi ve bir kuruluşun kısa vadeli hedefleri olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut işgücünün çoğu, Endüstri 4.0'ın gelişmekte olan teknolojilerine aşina değildir. Farkındalık ve bilgi eksikliği nedeniyle, kuruluşlar bunları CE'nin hedeflerini karşılamak için kullanamamaktadır.	220
Chiappetta Jabbour, C.J., Fiorini, P.D.C., Ndubisi, N.O., Queiroz, M.M., Pato, É.L. (2020)	Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için büyük verinin etkilerini ele alan yayınlanmış çalışmaları sistematik hale getirmeyi amaçlamaktadır.	Sistematik bir literatür taraması yoluyla, bu çalışma üç önemli katkı sağlamaktadır: (a) son yıllarda bu konudaki literatüre genel bir bakış sunmaktadır; (b) büyük veriye dayalı sürdürülebilir tedarik zincirleri üzerine gelecekteki araştırmaları teşvik etmek için literatürdeki yedi boşluğu önermektedir; (c) sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamaları için büyük veriyi kullanmayı amaçlayan iş uygulayıcıları için dört ders sunmaktadır.	166
Mastos, T.D., Nizamis, A., Vafeiadis, T., Alexopoulos	Bir IoT çözümünün sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi (SSCM) performansı üzerindeki etkisine dair kanıt sağlamaktır	Endüstri 4.0 için SSCM değerlendirme çerçevesini doğrulamakta ve Endüstri 4.0 çözümlerinin diğerlerinin yanı sıra tedarik zinciri	148

N.....Ioannidis, D., Tzovaras, D. (2020)		yönetiminde ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliği iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, endüstri 4.0 ve SSCM alanlarındaki teorik gelişmeler ve gerçek dünya vakaları arasındaki boşluğu doldurarak literatüre katkıda bulunmaktadır.	
--	--	--	--

Tablo 1’de görüldüğü üzere tedarik zinciri yönetimi, sürdürülebilirlik ve endüstri 4.0 konularına en çok alıntılanan çalışma, Manavalan ve Jayakrishna. (2019) tarafından Endüstri 4.0 dönüşümü için IoT ile sürdürülebilir tedarik zincirinde var olan fırsatları tespit etmeyi amaçlamaktadır. Bunu takiben Luthra ve Mangla (2018) tarafından Endüstri 4.0 girişimlerinin önündeki temel zorluklar ve gelişmekte olan ekonomilerde tedarik zincirinin sürdürülebilirliği için etkili Endüstri 4.0 konseptlerine öncelik vermek üzere belirlenen temel zorlukları tanımlamayı ve analiz etmeyi amaçlamaktadır. Üçüncü olarak ise Nascimento, Alencastro, Quelhas,.Lona, ve Tortorella (2019) tarafından Hurda metal veya e-atık gibi israf edilen malzemeleri yeniden kullanan ve geri dönüştüren bir iş modeli oluşturmak için Endüstri 4.0’ın yükselen teknolojilerinin döngüsel ekonomi (CE) uygulamalarıyla nasıl entegre edilebileceğini araştırılmış ve atıkları tedarik zincirine yeniden dahil ederek iş sürdürülebilirliğini iyileştirmenin olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2: Yazın Taramasında TZY sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0'ın Entegrasyonunu Konu Alan Çalışmalar

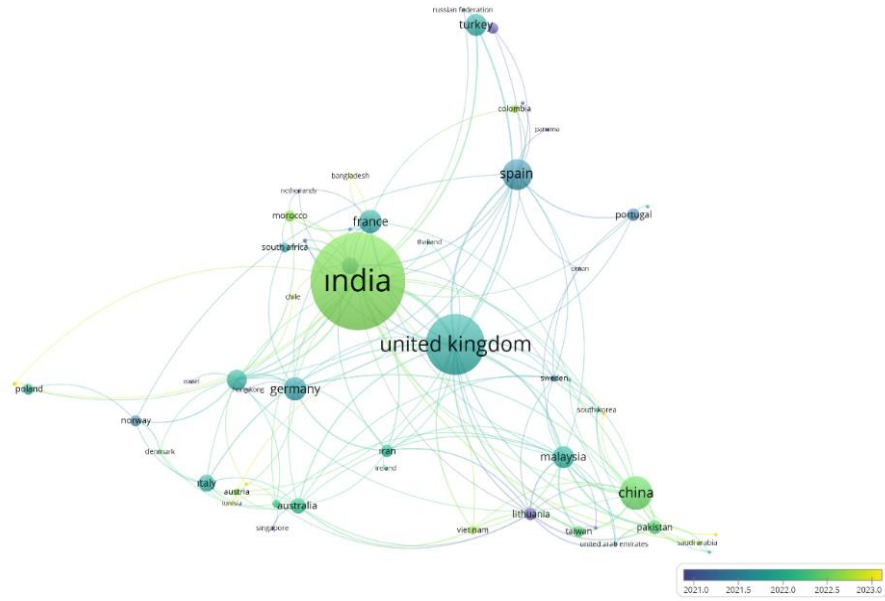
Yazar(lar)	Araştırma Amacı	Araştırma Sonucu
Mastrocinque, Ramírez, Escibano Pham (2022)	Yenilenebilir enerji sektöründe sürdürülebilir tedarik zinciri gelişimi için Endüstri 4.0 ve Üçlü Sonuç Çizgisi ilkelerine dayanan çok kriterli bir karar verme akıllı yaklaşımı sağlamaktır.	Üç Bulanık Çıkarım Sistemi oluşturulmuş ve yedi ülkedeki fotovoltaik enerji tedarik zincirinin genel sürdürülebilirliğini hesaplamak için yeni bir sürdürülebilirlik endeksi olan Sürdürülebilirlik Endeksi 4.0 formüle edilmiştir. Sonuçlar, politika yapıcılarının, paydaşların ve kullanıcıların Endüstri 4.0 ve dijital teknolojilerin etkisini dikkate alarak sürdürülebilir yenilenebilir enerji tedarik zincirlerinin geliştirilmesi için bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmak için önerilen bütünsel modelin uygulanabilirliğini ve kullanılabilirliğini göstermektedir.
Liu, Song, Liu, (2023)	Makale bulut hizmetleri, yapay zeka (AI), büyük veri analitiği (BDA), blok zinciri teknolojisi (BT) ve nesnelerin interneti (IoT) dahil olmak üzere beş tür gelişmekte olan dijital teknolojiden yararlanan I4.0 teknolojilerine gömülü SSCM'nin kavramsal bir çerçevesini önermektedir.	Endüstri 4.0 çağında SSCM eğilimlerini belirtmek ve sürdürülebilir karar vermeye yardımcı olmak için her aşamada üretilen verilerden yararlanan döngüsel SSCM'nin sanal tarafını yaratıcı bir şekilde kurmak için CAB ² IN'i önermektedir.
Karmaker, Al Aziz, Ahmed, Misbauddin Moktadir (2023)	Önceki çalışmalar ileri teknolojilerin performans üzerindeki doğrudan etkisini incelemiş ve bu teknolojilerin ve sürdürülebilir uygulamaların entegre etkileri ve Endüstri 4.0 ile sürdürülebilir tedarik zinciri performansı arasındaki aracı rolleri henüz keşfedilmemiştir. Bu boşluğu gidermek için ikinci dereceden hiyerarşik bir bileşen modeli geliştirilmiş ve kısmi en küçük kareye dayalı yapısal eşitlik modellemesi kullanılarak test edilmiştir.	Endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri performansı üzerindeki etkisini, özellikle Bangladeş hazır giyim endüstrileri bağlamında yeşil tedarik zinciri yönetimi ve döngüsel ekonomi uygulamaları ile inceleyen az sayıdaki girişimden biri olarak öne çıkmaktadır.

Toktaş- Palut (2022)	Endüstri 4.0 teknolojileri, sürdürülebilirlik ve koordinasyon günümüzün rekabetçi iş ortamında giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu eğilimlerden hareketle, araştırma problemi Endüstri 4.0 teknolojilerinin ve koordinasyonun tedarik zincirlerinin sürdürülebilirliği üzerindeki etkilerini analiz etmektir. Üç aşamalı iki tedarik zincirini ele alınmaktadır.	Bir tedarik zinciri Endüstri 4.0 teknolojilerinin avantajlarını koordinasyonla birlikte kullandığında, bu zincir genel sürdürülebilirlik açısından pazara liderlik etmektedir. Tüketiciler sürdürülebilir ürünler satın alma konusunda daha duyarlı hale geldikçe, tedarik zincirleri de sürdürülebilirlik girişimlerine ve Endüstri 4.0 teknolojilerine daha fazla yatırım yapmaya teşvik edilerek daha sürdürülebilir bir dünya yaratılabilir.
Jetty ve Afshan (2024)	Bu çalışma, tedarik zinciri (TZ) alanındaki Endüstri 4.0 (I4.0) araştırmalarının bibliyometrik analizini ve sistematik literatür taramasını sağlamayı ve ilgili çağdaş araştırma eğilimlerini anlamayı amaçlamaktadır.	En yeni araştırma katkılarının SC performansı, sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve dijital dönüşüm konularıyla ilgili olduğunu göstermektedir.
Srhir, Jaegler, Montoya-Torres (2023)	Endüstri 4.0 teknolojilerinin niteliklerini ve sürdürülebilirlik değerlerini yönlendirmedeki etkilerini keşfetmeyi amaçlamaktadır.	Blockchain ve Nesnelerin İnterneti gibi teknolojilerdeki ilerlemelerin, tedarik zincirlerinin sürdürülebilirlik değerlerine ulaşma potansiyelini artırdığını göstermiştir. Çalışma mevcut literatürü genişletiyor ve işletmeleri ve bilim camiasını Endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilirlik açısından gücünü araştırmaya teşvik etmektedir.
Lu, Zhao Liu (2024)	Operasyonel verimliliği ve sürdürülebilirlik performansını iyileştirmek için Dönüşümsel ekonomi ve Endüstri 4.0'ın sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimine (SSCM) nasıl entegre edileceğini araştırmayı amaçlamaktadır.	Dönüşümsel ekonomi ve Endüstri 4.0'ı ve bunların operasyonlar ve SCM'deki ilgili uygulamalarını entegre ederken itici güçlerin ve engellerin dinamik değişimlerinin sistematik bir literatür taraması yoluyla bir analizini sunmaktadır. Gelecekteki araştırma gelişimi için teorik bir çerçeve türetilmiştir.
Detwal, Agrawal, Samadhiya, Kumar, Garze-Reyes (2023)	Mevcut eğilimleri analiz etmek, en son girişimleri vurgulamak ve optimizasyon ve endüstri 4.0 tekniklerine özel olarak SSCM alanında halihazırda erişilebilen literatürün bir meta-analizini gerçekleştirmektedir.	Çalışma, alandaki literatürün daha derin bir şekilde anlaşıldığını ve bunun hem uygulayıcılar hem de akademisyenler için yararlı olan çok sayıda sanayi sektöründeki gelişimini ortaya koymaktadır. İçerik analizinden elde edilen sonuçlar, alanda gelecekteki çeşitli araştırma fırsatlarını vurgulamaktadır.

Hmamed, Cherrafi, Benghabrit, Tiwari, Sharma (2023)	I4.0'ın benimsenmesinin sürdürülebilir ve döngüsel bir tedarik zinciri oluşturma yeteneklerini ampirik olarak araştırılmaktadır. Çalışma, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için kurumsal faktörlerin I4.0 teknolojilerinin uygulanması üzerindeki etkisini araştırılmaktadır.	I4.0'ın benimsenmesi, teknolojik hazır olma ve çevresel duyarlılık arasında olumlu bir ilişki bulurken, gelişmekte olan ülkelerde I4.0'ın uygulanmasına ilişkin kurumsal uygulamaların ortaya çıkardığı zorlukları vurguluyor. Bu araştırma, I4.0 teknolojilerinin potansiyel etkisinin teorik temellerine katkıda bulunmakta ve paydaşların I4.0 teknolojilerini etkili bir şekilde benimsemeleri ve böylece daha sürdürülebilir ve verimli uygulamaları teşvik etmeleri için pratik katkılar sağlamaktadır.
Tite (2022)	2020 yılına kadar yürütülen akademik bir çalışmaya dayanarak dijitalleşme ve dijital araçların SSCM'yi ne ölçüde etkilediğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Gereken engelleri tanımlamaktadır.	Dijitalleşmenin tedarik zincirinin tamamında sürdürülebilirliği etkili bir şekilde artırması için aşılması gereken pek çok zorluk bulunmaktadır. Araştırma, dijitalleşmenin daha sürdürülebilir tedarik zincirlerinin tasarlanmasına ve uygulanmasına nasıl katkıda bulunabileceğine ışık tutmaktadır.
Chauhan, Singh, Gehlot, Akram, Bhakisipho, Twala, Priyadarshi (2023)	Endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilir SCM bağlamındaki rolünü tartışmak ve gelecekteki araştırmalar için önemli alanları belirlemektir.	Gelişmekte olan ülkelere yönelik ampirik çalışmaların sınırlı olduğunu ve çoğunun vaka çalışmalarına odaklandığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, az sayıda çalışma SCM'de operasyonel yönleri, ekonomiye ve otomasyona odaklanmıştır. Mevcut çalışma, gelecekte sürdürülebilir SCM'ye ulaşmada IoT, bulut bilişim, büyük veri, yapay zeka, blok zinciri ve dijital ikizin önemine ve uygulanmasına katkıda bulunabilir.
Kunkel, Matthes, Xue, Beier (2022)	Bu nitel ve keşifsel çalışma, elektronik tedarik zincirindeki dijitalleşmeyi ve bunun sürdürülebilir tedarik zinciri iş birliği (SCC) üzerindeki etkilerini incelemektedir. Çevresel veri analizi ve tedarik zincirinde enerji kullanımı gibi çevresel sürdürülebilirlik konularına odaklanılmaktadır.	SCC'de farklı dijital olgunluk seviyelerinde çok çeşitli dijital teknolojilerin kullanıldığını, ancak bunların sürdürülebilirlik amacıyla kullanımının hala az gelişmiş olduğunu göstermektedir. Dijitalleşmenin çoğu firma tarafından sürdürülebilirliği iyileştirmesi beklenmektedir, Tedarik zincirinin genel sosyo-ekolojik performansını artırmak için üç politik ve yönetsel kaldıraç önerilmektedir.

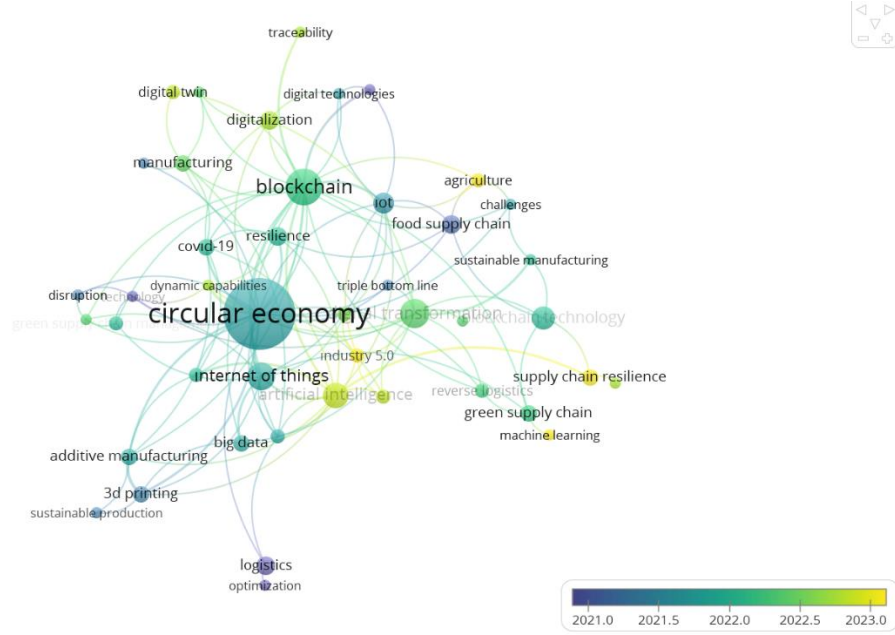
Tablo 2’de yer alan Scopus (www. scopus.com) veri tabanında "supply chain management" AND "sustainability" AND "industry 4.0” anahtar kelimeleriyle tarama yapılmış ve günceli takip etmek düşüncesi ile günümüze yakın tarihli makaleler listelenmiştir. İlgili liste incelendiğinde, örgütlerin dijital çağın sağladığı gerekliliklere uyum sağlamada tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilir faaliyetlerin eğilimine ve bu yolda hangi aşamada oldukları değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada Scopus veri tabanında listelenen 243 çalışmanın genel çerçevesi ile değerlendirildiğinde, VOSviewer ile tedarik zinciri yönetimi, sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 alanında yapılan yayınlara yönelik grafiksel analiz kapsamında ülkelerin atıf bağları analizi (Citation of Countries), yazarların atıf analizi (Citation of authors), anahtar sözcük analizi (Co-occurrence of All Keywords) yayınların ortak atıf analizi (Co-citation of Co-sources) incelenmiştir.



Şekil 2’de yayınlanan çalışmaların ülkelere göre alıntılındığı yılları içeren ağ haritasını oluşturmak için bir ülke tarafından aralarında ilişki ortaya

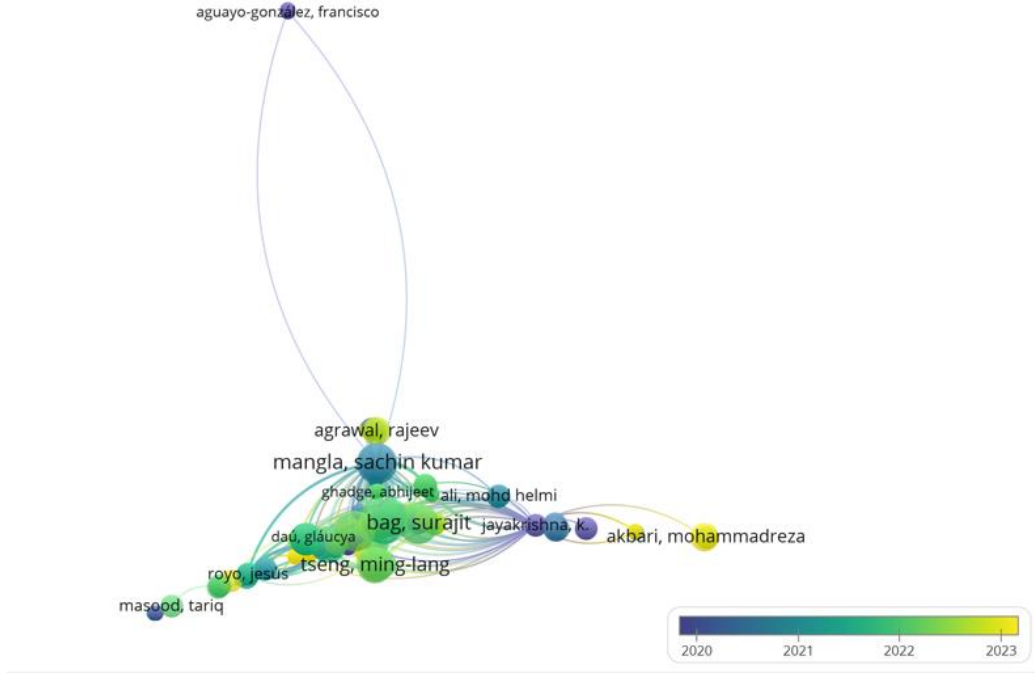
çıkan 55 ülke üzerinden analiz yapılmıştır. Şekilde görüldüğü üzere; 12 küme, 166 bağlantı ve 257 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. En fazla atıf alan ülkeler Hindistan (3138 atıf), Birleşik Krallık (2851 atıf), Brezilya (919 atıf) ve Amerika (728 atıf) olmuştur. Toplam bağlantı gücü açısından bu ülkeler sırasıyla iki, bir, on bir ve altıncı sırada yer almaktadır. Eser sayısı bakımından ise sıralama sırasıyla Hindistan, Birleşik Krallık, Çin ve İspanya şeklindedir.



Şekil 3: Çalışılan Anahtar Kelimeler

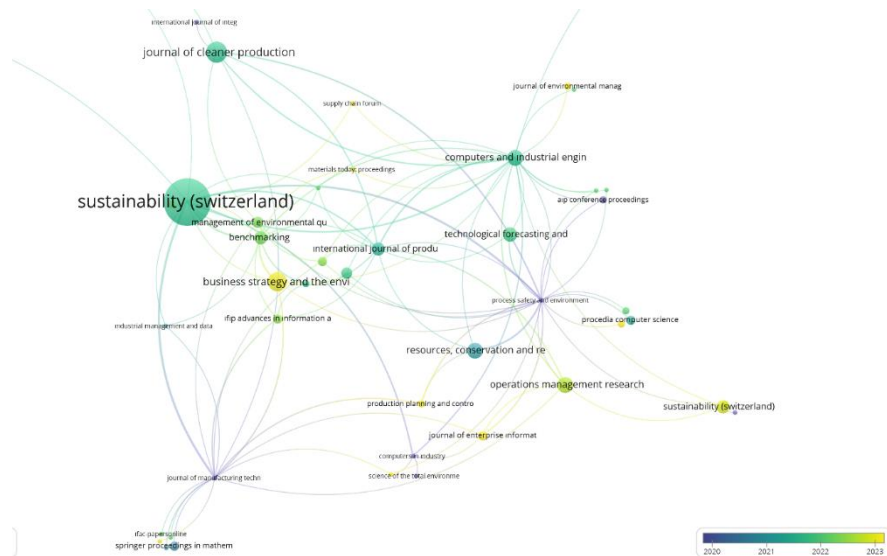
Şekil 3'te görüldüğü üzere, tedarik zinciri yönetimi, sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0'a yönelik çalışmalarda en çok kullanılan anahtar kelimelere bakıldığında tedarik zinciri yönetimi 61 tekrar, tedarik zinciri 23 tekrar, tedarik zincirleri 3 tekrar, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi 18 tekrar, sürdürülebilir tedarik zinciri 16 tekrar, sürdürülebilirlik 77 tekrar, endüstri 4.0 143 tekrar, tedarik zinciri 4.0 5 tekrar ve son olarak sistematik yazın derlemesi 6 tekrar olduğu tespit edilmiştir. Bahsi geçen tekrarlar, ilişkileri ve kelimeleri tespit etmek için veri görselleştirme bölümünde çıkarılmıştır. Şekil 3'te görüldüğü üzere, en az 3 defa görülen ve aralarında ilişki bulunan 44 gözlem birimi ile yapılan analiz neticesinde 10 küme, 122 bağlantı ve toplam 141 bağlantı gücü tespit edilmiştir. Yıllara göre bakıldığında ise yapay zeka,

tedarik zinciri esnekliği, endüstri 5.0, makine öğrenimi, dijitalleşme gibi konuların yoğunlaşmaya başladığı tespit edilmiştir.



Şekil 4: Yazar atıf Bağları

Şekil 4’te yazarların atıf ağlarını belirlemek için ortak araştırmacı bağlarında kullanılan atıf-eser kısıtı kullanılarak ağ haritası oluşturulmuştur. Birbiriyle ilişkili 248 birim için oluşturulan ağda 35 küme, 1520 bağlantı tespit edilmiştir. En fazla atıf alan yazarlar sırasıyla, Sachin Kumar Mangla (1294 atıf), Sunil Luthra (1249 atıf), Jose Arturo Garze- Eyes (786 atıf) olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5'te yayın yapılan dergilerde alıntılanan kaynaklar incelenmiştir. Buna göre tedarik zinciri yönetimi, sürdürülebilirlik ve endüstri 4.0'a yönelik yapılan çalışmalara atıf sayısı en az 1 belirlenerek 49 birim üzerinden yapılan analiz sonucunda 14 küme, 103 bağlantı ve 151 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. Bu kaynakların başında, Sustainability (Switzerland) dergisi gelmektedir. Konuya ilişkin bu dergide 39 yayın yer almaktadır. Bu sıralamayı yayınlanan 11 makale ile "Journal of Cleaner Production" takip etmektedir. "Business Strategy and the Environment" dergisinde 9 makale, "Computers and Industrial Engineering" dergisinde 7 makale, "Resources, Conservation and Recycling" dergisinde 7 makale, "Operations management Research" dergisinde 7 makale, "Technological forecasting and Social Change" dergisinde 6 makale ve son olarak "International Journal of Production Research" dergisinde 5 makale yayın yaptığı tespit edilmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Tedarik zinciri yönetimi, örgüt içinde ve örgütler arasında ürünlerin, bilgi aktarımının ve lojistik süreçlerin planlanması, örgütlenmesi, yönetilmesi ve kontrol edilmesini ifade etmektedir (Cooper, Lambert ve Pagh, 1997). Bu kapsamda tüm bu tedarik zinciri yönetiminin daha etkili ve verimli kullanılmasına yönelik Endüstri 4.0'ın sunduğu olanaklardan yararlanmak sürdürülebilir faaliyetlerin uygulanmasında etkili olmaktadır.

Örgütler, faaliyetlerini iyileştirmek amacıyla kademeli olarak Endüstri 4.0'ın oluşturduğu dijital dünyaya entegre olmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik faaliyetleri, dünyadaki kıt kaynakların verimli ve etkin kullanımını sağlayarak çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarda kalkınmaya katkıda bulunmaktadır. Bu sürdürülebilirlik yaklaşımının Endüstri 4.0 uygulamalarıyla birleşmesi, örgütlere rekabet üstünlüğü elde etme fırsatı sunmaktadır.

Endüstri 4.0 uygulamaları, üretim hattından müşteri taleplerine kadar aktif yanıt verme olanağı sunmaktadır. Verimliliği önceliklendiren örgütler ve paydaşları, tedarik zinciri yönetiminde etkin kullanılan dijital teknolojilerin sağladığı bu fırsatlar sayesinde hızlı karar verme yeteneği kazanmaktadır. Ayrıca, tedarik zinciri yönetiminde etkin bir şekilde uygulanan sürdürülebilirlik faaliyetleri, yeni iş olanaklarının benimsenmesinde ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesinde kilit rol oynamaktadır. Bu yaklaşım, örgütlerin rekabet gücünü artırırken aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmaya da katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada, tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 entegrasyonuna yönelik yazın incelemeleri yapılarak literatüre bibliyometrik analizle katkıda bulunulması amaçlanmıştır. Yazın taramaları sonucunda Scopus veri tabanından 243 çalışma üzerinden değerlendirilmeler yapılmıştır. Bu çalışmaların bibliyometrik niteliklerinin belirlenmesi amacıyla tedarik zinciri yönetiminde Endüstri 4.0 entegrasyonuna yönelik eğilimler değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında işlevselliği yüksek olduğu düşünülen VOSviewer programı kullanılmıştır.

Elde edilen bilgiler ışığında, gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilirlik faaliyetlerine yönelik araştırmaların çokluğu, bu konudaki farkındalığın arttığını göstermektedir. Bu durum, gelişmekte olan ülkelerin kalkınmalarına yönelik olumlu bir etki oluşturduğu düşüncesine varılmasını sağlamıştır. 2017 yılından itibaren tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik faaliyetlerine Endüstri 4.0'ın entegre edilmesi ve günümüzde de yazında bu konuların çalışılmaya devam edilmesi, farkındalığın daha da artacağı düşüncesine varılmasını sağlamıştır. Bu konunun örgütler için hayati önem taşıdığı düşüncesine varılmıştır. Dolayısıyla yazına katkı sağlamak ve genel bir bakış açısıyla durumu değerlendirme çabası ile bu çalışmaya karar verilmiştir.

Araştırmalar, gelişmekte olan ülkelerin bu alandaki çalışmalarının diğer ülkelere oranla daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu ülkelerin diğer ülkelerle iş birliği düzeyinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu

durum, gelişmekte olan ülkelerde kıt kaynakların etkin ve verimli kullanılmasına yönelik artan bir farkındalığın göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, bu ülkelerdeki nüfus fazlalığından kaynaklanan istihdam ihtiyacına yönelik girişimlerde bulunulduğu düşüncesi de ön plana çıkmaktadır.

Akademik çalışmalarda gelişmiş ülkelerle yapılan iş birliklerinin önemi bir kez daha vurgulanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ileri teknolojilere, çevreye, toplumsal kalkınmaya ve ekonomik refaha verilen önem, bu ülkelerin vizyonundan yararlanmak amacıyla yapılan akademik çalışmalarda atıf sayısının yüksek olmasıyla ilişkilendirilmektedir.

Blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri faaliyetlerinde kullanımı, şeffaflığı artırması ve iş süreçlerinin devamlılığında etkin ve güvenilir uygulamalar sunması nedeniyle giderek popülerlik kazanmaktadır. Bu durum, söz konusu teknolojinin tedarik zinciri yönetimindeki öneminin arttığını göstermektedir. Ayrıca yapay zekâ, tedarik zinciri yönetiminde verilerin kontrolünü ve tahminlerin tutarlı bir şekilde yürütülmesini sağlama kapasitesine sahiptir. Bu teknolojinin, olası çevresel etkilerin önlenmesinde etkili olacağı öngörülmektedir. Yapay zekânın sunduğu olanaklar, tedarik zinciri yönetiminde karar alma süreçlerinin otomasyonunu mümkün kılmaktadır. Bu otomasyonun, stok yönetimi ve üretim planlamasında optimizasyon sağlayarak çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunma potansiyeline sahip olacağı düşüncesine varılmıştır.

Sonuç olarak, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve Endüstri 4.0 entegrasyonunun son yıllarda artan bir ilgi gördüğü düşüncesine varılmıştır. Özellikle, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, yapay zekâ ve blok zinciri gibi Endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarına entegrasyonu üzerine yapılan çalışmaların sayısında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve Endüstri 4.0 entegrasyonu operasyonel verimliliğin artırılmasında ve çevresel etkilerin azaltılmasında önemli fırsatlar sunmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin entegrasyonu, tedarik zincirinin şeffaflığını ve izlenebilirliğini artırarak, daha etkin karar alma süreçlerine katkıda bulunmakta ve kaynak kullanımının en uygun hale getirilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, örgütlerin Endüstri 4.0 uygulamalarını benimsemeleri ve bu süreçte gerekli teşvik ve destek mekanizmalarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, bu entegrasyonun beraberinde getirdiği zorluklar da literatürde ele alınmıştır.

Özellikle, teknolojik altyapı gereksinimleri, veri güvenliği endişeleri ve nitelikli işgücü ihtiyacı gibi konular öne çıkmaktadır.

Bu çalışmanın kapsamı, 2017-2024 yılları arasında Scopus veri tabanında yer alan çalışmalarla sınırlıdır. Bu durum, araştırmanın kısıtlılığını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, gelecekte yapılacak araştırmaların ve uygulamaların, Endüstri 4.0'ın sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimine sağladığı katkıları daha net bir şekilde ortaya koyması beklenmektedir. Gelecek çalışmalar için, farklı veri tabanlarının kullanılmasının konuya dair daha kapsamlı bir perspektif sunabileceği ve mevcut çalışmanın kısıtlılıklarını aşmaya yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu alandaki araştırmaların ve uygulamaların gelişiminin, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve Endüstri 4.0 entegrasyonunun potansiyelini tam anlamıyla ortaya çıkaracağı ve işletmelere rekabet avantajı sağlayacak stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunacağı düşüncesine varılmıştır.

KAYNAKÇA

- Acar, Ö. E., & Çağlıyan, V. (2021). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamaları ve Dış Kaynak Kullanımının İşletme Performansına Etkisi: Otomotiv Sektöründe Bir Araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(1), 408-433.
- Altuntaş, C., & Türker, D. (2012). Sürdürülebilir tedarik zincirleri: sürdürülebilirlik raporlarının içerik analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(3), 39-64.
- Atasu, A., Sarvary, M., & van Wassenhove, L. N. (2008). Remanufacturing as a marketing strategy. *Management Science*, 54(10), 1731-1746.
- Bag, S., Telukdarie, A., Pretorius, J. C., & Gupta, S. (2021). Industry 4.0 and supply chain sustainability: framework and future research directions. *Benchmarking: An International Journal*, 28(5), 1410-1450.
- Bahrin, MAK., Othman, MF., Azli, NHN., Talib, MF. (2016). Industry 4.0; A Review on industrial automation and robotic, *Jurnal Teknologi*, 6(13), 137-143.
- Bounsiar, S., Benhamida, F.Z., Henni, A., Ipina, D.L., Mansilla, D.C. (2019). How to enable ~ delay tolerant network solutions for internet of things:

- from taxonomy to open challenges, In *Multidiscipl. Digit. Publ. Inst. Proc.* 31:(1) 24.
- Bulunmaz, B. (2016). Gelişen teknolojiyle birlikte değişen pazarlama yöntemleri ve dijital pazarlama. *Trt Akademi*, 1(2), 348-365.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.
- Carter, C. R., & Liane Easton, P. (2011). Sustainable supply chain management: evolution and future directions. *International journal of physical distribution & logistics management*, 41(1), 46-62.
- Carter, C.R. and Rogers, D.S. (2008), "A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 38 No. 5, 360-387.
- Chin, T., Tat, H. & Sulaiman, Z. (2015). Green supply chain management, environmental collaboration and sustainability performance. *Procedia CIRP*, 26, 695-699.
- Chauhan, S., Singh, R., Gehlot, A., Akram, S. V., Twala, B., & Priyadarshi, N. (2022). Digitalization of supply chain management with industry 4.0 enabling technologies: a sustainable perspective. *Processes*, 11(1), 96.
- Cooper, M.C., Lambert, D.M. and Pagh, J.D. (1997), "Supply chain management: more than a new name for logistics", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 8 No. 1, pp. 1-14.
- Çağlar, M. B., & Taşkın, B. K. (2023). The effects of using artificial intelligence and robotics in logistics service production: an application in 3pls and 4pls. *LogForum*, 19(3): 347-360.
- Christopher, M. (1992). *Logistics and supply chain management*, London: Pitman Publishing.
- D'Eusanio, M., Zamagni, A. & Petti, L. (2019). Social sustainability and supply chain management: Methods and tools. *Journal of Cleaner Production*, 235, 178-189.
- Detwal, P. K., Agrawal, R., Samadhiya, A., Kumar, A., & Garza-Reyes, J. A. (2023). Research developments in sustainable supply chain management considering optimization and industry 4.0 techniques: a systematic review. *Benchmarking: An International Journal*. 31(4): 1249-1269.
- Dinçer Gültekin, D. 2023. Dijital dönüşümün kavramsal çerçevesi Karagöz Taşkın, B., Çağar, MB. (Ed), *Tedarik Zincirinde Dijital Dönüşüm* (1-14). Ekin Yayınevi- İstanbul.

- Dirik, D., Eryılmaz, İ., & Erhan, T. (2023). Post-truth kavramı üzerine yapılan çalışmaların vosviewer ile bibliyometrik analizi. *Sosyal Mucit Academic Review*, 4(2), 164-188.
- Dutta, D. K., & Hora, M. (2017). From invention success to commercialization success: Technology ventures and the benefits of upstream and downstream supply-chain alliances. *Journal of Small Business Management*, 55(2), 216–235.
- Eğilmez, Ö., & Koca, G. (2018). Gelişmekte olan ekonomilerde sürdürülebilir tedarik zinciri için Endüstri 4.0 girişimlerine yönelik güçlüklerin değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı), 1521-1536.
- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., & Behdad, S. (2020). Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. *Resources, conservation and recycling*, 163, 105064.
- Gedik, Y. 2021. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve sürdürülebilirliğin tedarik zincirleri üzerindeki etkileri: kavramsal bir değerlendirme. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(3): 830-860.
- Guimón, J. (2013). Promoting university-industry collaboration in developing countries. *World Bank*, 3, 12-48.
- Gupta, S., & Palsule-Desai, O. D. (2011). Sustainable supply chain management: Review and research opportunities. *IIMB Management review*, 23(4), 234-245.
- Hmamed, H., Cherrafi, A., Benghabrit, A., Tiwari, S., & Sharma, P. (2024). The adoption of I4. 0 technologies for a sustainable and circular supply chain: an industry-based SEM analysis from the textile sector. *Business Strategy and the Environment*, 33(4), 2949-2968.
- Işıklar, Z. E., & Yeşiltuna, C. (2022). Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi çalışmalarının bibliyometrik analizi. *R&S-Research Studies Anatolia Journal*, 5(1), 100-120.
- Jabbour, C. J. C., Fiorini, P. D. C., Ndubisi, N. O., Queiroz, M. M., & Pato, É. L. (2020). Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: A review and a research agenda. *Science of the total environment*, 725, 138177.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2021). Internet of Behaviours (IoB) and its role in customer services. *Sensors International*, 2, 100122.
- Jetty, S., & Afshan, N. (2024). A bibliometric analysis and systematic literature review of industry 4.0 implementation in supply chain. *Journal of Science and Technology Policy Management*.

- Johannes, C. D., & Strandhagen, J. O. (2017). Research into the potential revenue models for Industry 4.0 supported sustainable products. *Procedia CIRP*, 63, 721-726.
- Karakoç, N., Eren, T., & Özcan, E. (2020). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi için Endüstri 4.0'daki Zorlukların Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği* 31 (2): 215–233.
- Karmaker, C. L., Al Aziz, R., Ahmed, T., Misbauddin, S. M., & Moktadir, M. A. (2023). Impact of industry 4.0 technologies on sustainable supply chain performance: The mediating role of green supply chain management practices and circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 419, 138249.
- Khan, S. A. R., Yu, Z., Golpira, H., Sharif, A., & Mardani, A. (2021). A state-of-the-art review and meta-analysis on sustainable supply chain management: Future research directions. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123357.
- Khan, S., Tomar, S., Fatima, M., & Khan, M. Z. (2022). Impact of artificial intelligent and industry 4.0 based products on consumer behaviour characteristics: A meta-analysis-based review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 218-225.
- Kumar, P., Singh, R. K., & Kumar, V. (2021). Managing supply chains for sustainable operations in the era of industry 4.0 and circular economy: Analysis of barriers. *Resources, Conservation and Recycling*, 164(105215): 1-12.
- Kunkel, S., Matthess, M., Xue, B., & Beier, G. (2022). Industry 4.0 in sustainable supply chain collaboration: Insights from an interview study with international buying firms and Chinese suppliers in the electronics industry. *Resources, conservation and recycling*, 182, 106274.
- Lasi, H.; Fettke, P.; Kemper, H.G.; Feld, T.; Hoffmann, M. Industry 4.0. *Bus. Inf. Syst. Eng.* 2014(6): 239–242.
- Lawani, S. M. (1981). Bibliometrics: its theoretical foundations, methods and applications. *Libri*, 31(1), 294-315.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International journal of production research*, 55(12), 3609-3629.
- Liu, L., Song, W., & Liu, Y. (2023). Leveraging digital capabilities toward a circular economy: Reinforcing sustainable supply chain management with Industry 4.0 technologies. *Computers & Industrial Engineering*, 178, 109113.

- Lu, H., Zhao, G., & Liu, S. (2024). Integrating circular economy and Industry 4.0 for sustainable supply chain management: a dynamic capability view. *Production Planning & Control*, 35(2), 170-186.
- Luthra, S., Kumar, A., Zavadskas, E. K., Mangla, S. K., & Garza-Reyes, J. A. (2020). Industry 4.0 as an enabler of sustainability diffusion in supply chain: an analysis of influential strength of drivers in an emerging economy. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1505-1521.
- Luthra, S., & Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168-179.
- Manavalan, E., & Jayakrishna, K. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. *Computers & industrial engineering*, 127, 925-953.
- Martínez-López, F. J., Merigó, J. M., Valenzuela-Fernández, L., & Nicolás, C. (2018). Fifty years of the European Journal of Marketing: a bibliometric analysis. *European Journal of Marketing*, 52(1/2), 439-468.
- Mastos, T. D., Nizamis, A., Terzi, S., Gkortzis, D., Papadopoulos, A., Tsagkalidis, N., ... & Tzovaras, D. (2021). Introducing an application of an industry 4.0 solution for circular supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 300, 126886.
- Mastrocinque, E., Ramírez, F. J., Honrubia-Escribano, A., & Pham, D. T. (2022). Industry 4.0 enabling sustainable supply chain development in the renewable energy sector: A multi-criteria intelligent approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 182, 121813.
- Merigó, J. M., & Yang, J. B. (2017). A bibliometric analysis of operations research and management science. *Omega*, 73, 37-48.
- McArthur, D., Lewis, M., & Bishary, M. (2005). The roles of artificial intelligence in education: current progress and future prospects. *Journal of Educational Technology*, 1(4), 42-80.
- Müller, J.M.; Voigt, K.I. 2018. The impact of industry 4.0 on supply chains in engineer-to-order industries-an exploratory case study. IFAC Pap. (51): 122–127.
- Nascimento, D. L. M., Alencastro, V., Quelhas, O. L. G., Caiado, R. G. G., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., & Tortorella, G. (2019). Exploring industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a

- manufacturing context: A business model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(3), 607–627.
- Özkan, M., Arzu, AL., Yavuz, S. (2018). Uluslararası politik ekonomi açısından dördüncü sanayi-endüstri devrimi'nin etkileri ve Türkiye, *International Journal of Political Science and Urban Studies*, 6(2): 126-156.
- Pagell, M., & Shevchenko, A. (2014). Why research in sustainable supply chain management should have no future. *Journal of Supply Chain Management*, 50(1): 44–55.
- Pan, Z., Yan, W., Jing, G., Zheng, J. (2011). Exploring structured inequality in Internet use behavior, *Asian J. Commun.* 21 (2Apr 1):116–132.
- Saklı, AR. (2013). Fordizm'den Esnek üretim rejimine dönüşümün kamu yönetimi üzerindeki etkileri, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(44), 107-131.
- Sağtaşı, S. 2021. Endüstri 4.0'in dijital pazarlamaya etkileri. *Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 51-66.
- Savaskan, R. C., Bhattacharya, S., & Van Wassenhove, L. N. (2004). Closed-loop supply chain models with product remanufacturing. *Management science*, 50(2): 239-252.
- Seuring, S. and Müller, M. (2008b), “From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 16 No. 15, pp. 1699-1710.
- Sicari, S., Cappiello, C., De Pellegrini, F., Miorandi, D., Coen-Porisini, A. (2016). A security and quality-aware system architecture for Internet of Things, *Inf. Syst. Front* 18 (4) (Aug) 665–677.
- Singh, A., & Trivedi, A. (2016). Sustainable green supply chain management: trends and current practices. *Competitiveness Review*, 26(3), 265-288.
- Spieske, A., & Birkel, H. (2021). Improving supply chain resilience through industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic. *Computers & Industrial Engineering*, 158, 107452.
- Srhir, S., Jaegler, A., & Montoya-Torres, J. R. (2023). Uncovering Industry 4.0 technology attributes in sustainable supply chain 4.0: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, 32(7), 4143-4166.
- Srivastava, S.K. (2007), “Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review”, *International journal of management reviews*, Vol. 9 No. 1, pp. 53-80.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: a Korea perspective. *Technological forecasting and social change*, 132, 40-45.

- Tite, T. (2022). Management de la supply chain durable et digitalisation: une analyse exploratoire de la littérature. *Logistique & Management*, 30(4), 182-196.
- Toktaş-Palut, P. (2022). Analyzing the effects of Industry 4.0 technologies and coordination on the sustainability of supply chains. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 341-358.
- Varsei, M. (2016). Sustainable supply chain management: A brief literature review. *The Journal of Developing Areas*, 50(6), 411-419.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2019). Accuracy of citation data in Web of Science and Scopus. *arXiv preprint arXiv:1906.07011*.
- Yadav, G., Luthra, S., Jakhar, S. K., Mangla, S. K., & Rai, D. P. (2020). A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120112.
- Yaprak, Ü. (2021). Endüstri 4.0 Işığında Pazarlama Faaliyetleri: Literatür İncelemesi.
- Zhu, Q.H., Sarkis, J. and Lai, K.H. (2013), “Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices”, *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol. 19, pp. 106-117.
- Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia Cirp*, 63, 125-131.
- Wichmann, P., Brintrup, A., Baker, S., Woodall, P., & McFarlane, D. (2020). Extracting supply chain maps from news articles using deep neural networks. *International Journal of Production Research*, 58(17), 5320–5336.