



## ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ LOJİSTİK SEKTÖRÜNE ETKİSİ: LİTERATÜR TARAMASI

### THE IMPACT OF INDUSTRY 4.0 APPLICATIONS ON THE LOGISTICS SECTOR: A LITERATURE REVIEW

DOI: 10.20854/bujse.1480026 Elif Şahin<sup>2</sup>, Yavuz Özdemir<sup>2,\*</sup>, Mustafa Yıldırım<sup>3</sup>, Hakan KAVAK<sup>4</sup>

#### Öz

Endüstri 4.0; en genel tanımıyla, hâlihazırda işleyen bir süreçten insan faktörünün alınarak yerine makine sistemlerinin konulmasıdır. Burada bahsi geçen insan faktörü, kas gücü demektir. Önem derecesi düşük, bilgi birikimine ihtiyaç duyulmayan işlerin makineler tarafından yapılarak insan zekâsının daha verimli ve faydalı alanlarda kullanılmasını esas alır. Öte yandan lojistik sektörü, hizmet sektörü içerisinde büyük öneme sahip ve gün geçtikçe değerlendirilen bir sektör hâline gelmiştir. Bitmiş ürünün son tüketiciye ulaştırılması ve/veya hammadde, elektrik, enerji ulaşımı gibi konularda hizmet vermektedir. Lojistik sektörü, dinamik bir süreç olması nedeniyle sürekli gelişime muhtaçtır, aksi takdirde yeni dünya rekabetçileri ve artan müşteri istekleri ile baş edemez duruma gelerek sektör dışı kalabilir. Bu durumda Endüstri 4.0, tıpkı diğer sektörleri etkilediği gibi, lojistik sektörünü de etkileyecektir. Bu çalışma, Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektöründeki etkilerini sistematik bir literatür taraması ile değerlendirmektedir. 2013-2023 yılları arasında özellikle dijital dönüşüm ve akıllı lojistik konularında çeşitli çalışmalar yapılmış olup, bu çalışmaların en çok 2020-2021 yıllarında yoğunlaştığı görülmüştür.

#### Abstract

Industry 4.0, in its most general definition, is the removal of the human factor from an already functioning process and replacing it with machine systems. The human factor referred to here is muscle power. It is based on the use of human intelligence in more efficient and useful areas, with machines performing tasks that are of low importance and do not require knowledge. On the other hand, the logistics sector has become a sector of great importance and increasing value within the service sector. It provides services such as transportation of finished products to the end consumer and/or transportation of raw materials, electricity and energy. The logistics sector is in need of continuous development as it is a dynamic process, otherwise it may be out of the sector by being unable to cope with new world competitors and increasing customer demands. This study evaluates the effects of Industry 4.0 applications in the logistics sector through a systematic literature review. Various studies have been conducted between 2013-2023, especially on digital transformation and smart logistics, and it has been observed that these studies are mostly concentrated in 2020-2021.

**Anahtar Kelime:** Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi, Sürdürülebilir Stok Yönetimi, Sürdürülebilirliğin Üç Boyutu

**Keywords:** Sustainable Supply Chain Management, Sustainable Inventory Management, Three Dimensions of Sustainability

<sup>2</sup> İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, eliifshahin23@gmail.com, orcid.org/0009-0007-0494-7380

<sup>2,\*</sup> Sorumlu Yazar: İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, yavuz.ozdemir@istun.edu.tr, orcid.org/0000-0001-6821-9867

<sup>3</sup> İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, mustafa.yildirim@istun.edu.tr, orcid.org/0000-0001-5709-4421

<sup>4</sup> İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, hakankavak34@gmail.com, orcid.org/0009-0004-8753-56960

## 1. GİRİŞ

Endüstri 4.0, 2011 yılında Hannover fuarında lanse edilen yeni sanayi devrimidir. Endüstri 4.0, önem derecesi düşük, vasıf gerektirmeyen işlerin insan işgücü yerine makine ve robot gücünün kullanılmasına ve önemli kabul edilen, nitelik gerektiren işler üzerine uzmanlaşmaya dayanan bir katma değer yaratma devrimidir (Sener ve Eevli, 2017). İnsan gücünün yerini makinelerin almasıyla ve bu makinelerin bilgisayarlar ve internet teknolojilerindeki yeni gelişimler sayesinde koordine edilebilir hâle gelmesiyle Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkması sağlanmıştır (Bulut ve Akçacı, 2017). Bu yeni sistemde karar almak, kol gücünden makine gücüne geçiş, güvenlikle ilişkili siber-fiziksel sistemler ve çeşitli IT (bilgi teknoloji) ve OT (operasyonel teknoloji) sistemlerindeki verileri kararlara çevirerek yeni meslekler olarak piyasaya çıkmaktadır. Dolayısıyla Endüstri 4.0, üretim teknolojilerinin gerçekleşmesinde “Otonom Robotlar, Büyük Veri, Siber-Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti” ve “Bulut Bilgi İşleme” gibi farklı disiplinler önemli rol oynamaktadır (Aydın, 2019). Bu çalışmada, “Endüstri 4.0 uygulamaları lojistik süreçlerini nasıl dönüştürmektedir?” sorusuna yanıt aranmıştır. Çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektörleri üzerindeki varlığının belirlenmesi ve bu doğrultuda yapılan çalışmaların yıllar içerisinde nasıl bir değişim gerçekleştirdiğini inceleyerek literatür taramasını sunmaktır. Bu bağlamda, araştırma kapsamındaki veriler sistematik bir şekilde çeşitli akademik veri tabanlarında “Endüstri 4.0”, “Lojistik 4.0” ve “Dijital Dönüşüm” gibi anahtar kelimelerle taranmış ve ilgili çalışmalar analiz edilmiştir.

### 1.1. Lojistik 4.0

Lojistik 4.0; lojistik operasyonların dijitalleşme, otomasyon ve akıllı teknolojilerle yeniden şekillendiği bir kavramdır. Rekabetin ön planda olduğu tüm diğer sektörler gibi, lojistik sektöründe de değişim ve gelişim hızlı bir şekilde önemli duruma gelmiştir (Saatçioğlu vd., 2018). Lojistik sektörünün, neredeyse diğer tüm üretim ve hizmet sektörü ile yakın ilişki içerisinde olması, endüstride olası değişimlere uyum sağlaması gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Lojistik süreçlerin tamamen fiziksel olarak ele alınması, lojistik firmalarının rekabetçi olabilmeleri için yeterli değildir. Geleceğin lojistik kavramı, dijitalleşme, akıllı çözümler ve otomasyon etrafında şekillenecektir. Lojistik firmaları için başarının anahtarı geçmişte, verimlilik, standardizasyon ve düşük maliyet iken dijital dönüşüm ile birlikte bunlara çeviklik, müşteri odaklılık, esneklik ve sürekli inovasyon gibi zorunluluklar eklenmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojisindeki son gelişmeler, üretimde dijitalleşme ve otomasyon baskısının artması birleştiğinde, lojistik faaliyetlerin iyileştirilmesi için çeşitli fırsatların yolunu açmıştır (Strandhagen vd., 2017).

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Ginters ve Martin-Gutierrez (2013), lojistikte görselleşme ile ilgili araştırma yapmışlardır. Buna göre, sonuçların belirli bir kullanıcının algısına göre görselleştirilmesinin, lojistik sektöründeki hataları ve maliyetleri azaltacak şekilde giderek daha önemli bir konu hâline geldiğini anlamışlardır. AR (Artırılmış Gerçeklik) çözümlerinin, bu görselleştirmenin etkili bir şekilde sağlanabileceği potansiyel bir çözüm sunduğu belirtilmiştir. Bunun, görsel materyallerle sınırlı kalmayan bir öğrenme sürecine olanak tanıdığı, aynı zamanda psikolojik rahatsızlıklara neden olmadan daha etkili bir öğrenme deneyimi sunduğu belirtilmiştir. Yakın gelecekte, bu tür

çözümlerin depolarda yaygın olarak kullanılacağını ve büyük ölçekli üretim sistemlerinin bir parçası hâline geleceğini öngörmüşlerdir.

Kim ve ark. (2015), nesnelerin interneti tabanlı lojistik konumu ve kaynak hizmeti için akıllı takip sistemi geliştirmekle ilgili araştırma yapmışlardır. Bu araştırma ile sorunları çözerken daha doğru ve güvenilir lojistik taşımacılığı için son derece işlevsel, yüksek verimli bir akıllı çoklu takip sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemin özelliklerinden biri, mevcut sistemlerin en belirgin sorunu olan gerçek zamanlı hareket konum hatalarının, GPS ile konum takibi yerine karmaşık sensörlerle geliştirilerek azaltılması olarak açıklanmıştır.

Timm ve Lorig (2015), lojistikte 4.0 teknolojisini araştırmışlardır. Çalışmanın bulgularına göre, süreç simülasyonunun genişletilmesi sürecinde, otonom yeteneklere sahip herhangi bir kaynak veya insanın ayrı bir sanallaştırmada modellenmesi gerekmektedir. Bunun, lojistik sistemlerde otonom karar vericilerin entegrasyonu için kritik bir adım olduğu söylenmiştir. Ayrıca araç tarafından sağlanan bazı kavramların kötüye kullanılma riski olduğu belirtilmiştir. Bu durumda, güvenlik ve güvenilirlik konularının önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Galindo (2016), Lojistik 4.0'ı araştırmıştır. Endüstriyel bilgisayar üretiminin optimize edilmesi ile ilgili çalışma yapmıştır. Müşteri siparişi doğruladıktan sonra ERP (Enterprise Resource Planning/Kurumsal Kaynak Planlaması) sisteminin benzersiz bir seri numarası içeren faturayı oluşturduğu bir araç araştırılmıştır. Bu araştırmada amaç, bir parti büyüklüğü ile aynı verime sahip tek seferlik bir ürün üretilmesinin önemidir. Sonuç olarak, tedarik zincirinin her aşıdan daha akıllı ve verimli olacağı, müşteri isteklerine odağın artacağı bulunmuştur.

Lee ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada enerji performansını göz önünde bulundurarak talep üzerine teslimat hizmeti için entegre bir karar verme çerçevesi önermişlerdir. Gelen teslimat taleplerinin kabulünün kontrol edilmesine yönelik süreçleri MDP (Markov Decision Process/Markov Karar Süreci) yaklaşımına dayalı olarak modellemişlerdir.

Horenberg (2017), 3PL (3. Taraf Lojistik) firmalarının katma değerli hizmetlerini iyileştirebilmek adına Lojistik 4.0 uygulamalarına yönelik olarak araştırma yapmıştır. Çalışmanın sonucunda, 3PL firmalarının kullanmış olduğu dört teknoloji ile karşılaşmıştır. Bunlar sırasıyla blokzincir, otonom araçlar, elektronik pazar platformları ve 3D yazıcılar olarak bulunmuştur.

Alnıpak ve Alkan (2017), sanayi 4.0'ın liman lojistiğine etkilerini araştırmışlardır. Buna göre, limanlar için otomatik olarak anlık, eksiksiz ve doğru veri sağlanması bu teknolojiler ile kolay hâle geleceğini anlamışlardır. Uzaktan iş emirleri alıp verilerek süreçlerin hızlanmasının sağlanacağı bulunmuştur. Daha etkin ve verimli planlama, tahliye, yükleme sağlanacak ve her aşamada izlenebilirliğin artacağı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra limanların departmanlar arasında etkin veri akışının sağlanması, aktivite içindeki tüm insan, araç ve yüklerin takip edilebilmesi ve konum bilgilerinin alınabilmesinin sağlanacağı söylenmiştir.

Balcı (2017), lojistik sektöründe dijitalleşme sürecini araştırmıştır. Üretimin depolara ve dağıtıma dâhil olmasının, dijital teknolojilerin yer almadığı sistemler ile devam ettirilmesinin mümkün olmadığını görmüştür. Süreçte en uygun bilgi teknolojisinin depolama alanında yapay zekâ olduğu sonucuna varılmıştır. Bunu; IoT (Nesnelerin İnterneti), büyük veri, robot teknolojisi ve artırılmış gerçekliğin izlediği sonucuna varmıştır.

Witkowski (2017), lojistik sektöründe yenilikçi çözümleri araştırmıştır. Buna göre, teslimat hizmetlerinde teslimat süreleri, ürün kullanılabilirliği ve güvenilirlik konularında artan müşteri taleplerine cevap verme amacıyla işletmeler, daha bilinçli ve talepkâr hâle gelen müşterilere değer sağlamaya odaklanmalıdır. En son çözümler arasında IoT, Büyük Veri ve Endüstri 4.0 gibi

teknolojiler, müşteri ihtiyaçlarını karşılama fırsatları sunmanın yanı sıra lojistik gelişimine de katkıda bulunduğunu belirtmiştir.

Önden (2018), lojistik sektöründeki gelişmelere ve gelecekte insansız lojistik sisteminin çalışabilirliğine yönelik araştırmalarda bulunmuştur. Sonuç olarak yakın gelecekte lojistik sistemlerinde insansız araçların kullanılabilmesi öngörülmüştür.

Saatçioğlu ve ark. (2018), Endüstri 4.0 kapsamında bir vaka analizi yapmıştır. IoT, Büyük Veri, görüntü işleme ve otomasyon ağırlıklı olarak kullanılan teknolojiler arasında olduğunu bulmuştur.

Öztemel ve Gürsev (2018); yapılan araştırmada, teknolojik anlamda IoT, robotik, veri madenciliği, depo otomasyon sistemleri gibi teknolojiler lojistik sektörünün ihtiyaçlarını karşılama konusunda yeterli geldiğini bulmuşlardır.

Bacak ve ark. (2018), treyler sektöründe IoT'a dayanan nakliye çözümlerinin lojistik sektörüne etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, treyler sektöründeki Endüstri 4.0 çalışmalarının lojistik sektörünün verimliliğini arttıracaklarını öngörmüşlerdir. Dijital dönüşüm sürecinin gereklilikleri ile treyler üreticilerinin "ürüne dayalı" modelden "ürün ve çözüm odaklı" modele geçiş için çalışmalar yaptığını görmüşlerdir.

Lee (2018); araştırmasında, önerdiği WMS (Depo Yönetim Sistemi), en uygun sipariş toplama yöntemini seçmek için bulanık mantık tekniği ile entegre etmiş ve böylece sipariş toplama sürecinin verimliliği arttırılmıştır. WMS'nin daha iyi bir depo performansı sağladığına ulaşılmıştır. Ayrıca sipariş teslim alma süresini, envanter doğruluğunu ve depo verimliliğini artırabildiğine ulaşılmıştır. Envanterin, RFID (Barkod Okuyucu) ile izlenebilir hâle gelebildiğini anlamıştır. Robotlar kullanılarak toplayıcıdan mallara ve mallardan toplayıcıya kadar depodaki toplama ve paketleme işlemlerinin gerçekleştirilebileceğini söylemiştir.

Göçmen ve ark. (2018), bir lojistik şirketine vaka çalışması yapmışlardır. Şirket; taşıma, depolama ve dağıtım hizmet birimlerine yönelik bilgi sağlamayı amaçlamaktadır. Şirketin Ar-Ge faaliyetleri arasında dijitalleştirme ve görselleştirme, internet ve mobil uygulamalar, bilişim, iletişim teknolojileri, simülasyon ve robotik sistemler gibi önemli alanların yer aldığı belirtilmiştir. Şirketin, özellikle otonom ulaşıma, envanter yönetimine ve gerçek zamanlı rotalama konularına öncelik vermeleri gerektiğine ulaşılmıştır.

Nagy ve ark. (2018), Endüstri 4.0'ın üretim lojistiği performansına olan etkilerini araştırmışlardır. Bu etkilerin, dinamik müşteri ihtiyaçlarına hızlı ve esnek bir şekilde yanıt verebilen, stokları azaltabilen ve süreçleri optimize eden bir üretim ortamını teşvik ettiğini bulmuşlardır. Bu bağlamda, "milkrun" kavramının, malzeme tedariki ve bilgi akışını birleştiren bir yaklaşım sunduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, üretim lojistiği performansını arttırmak için, milkrun süreçlerinin hem malzeme hem de bilgi akışını etkili bir şekilde yöneten, gerçek zamanlı planlama ve bakım görevlerini içeren bir yaklaşım benimsemek gerektiğini belirtmişlerdir.

Seyhan (2019), Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne uyarlanması üzerine bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada; gelişen ve dijitalleşen endüstriyel sektörden, lojistiğin nasıl etkileneceği ve sektör içerisinde kendine nasıl bir yer bulacağı araştırılmıştır. Lojistik sistemlerinin 4.0'a geçiş yapabilmesi için yapılan yatırımlarına ihtiyaç olduğu belirlenmiştir.

Bolat (2019), 4. Sanayi Devrimi'nin lojistik sektörüne etkilerini araştırmıştır. Buna göre, Endüstri 4.0 ile lojistikteki süreçlerin hız kazanacağı ve sektörün bu doğrultuda daha da ilerleyeceği düşünülmektedir. Ayrıca bu süreçte teknolojik sistemlerin lojistik sektörüne

kazandırdığı “sürücüsüz taşıtlar”, “drone ile teslimat”, “verimlilik”, “maliyetlerin azaltılması”, “müşteri memnuniyetinin artırılması” gibi kanıların da olduğunu bulmuştur.

Stachowiak (2019), Lojistik 4.0’ın gelişimini arttırmak için bilgiyi hazmetme kapasitesi üzerine bir araştırma yapmıştır. Buna göre, bilgiyi kullanma yeteneği, Lojistik 4.0’a giren çözümlerin kullanılmasına yönelik en büyük olasılığı sağlar. 5G teknolojisinin gelişmesiyle Lojistik 4.0 çözümlerinin uygulama ve kullanım maliyetleri azalmaktadır. Bir kuruluştaki bilgiyi özümleme yeteneğinden kaynaklanan Lojistik 4.0 araçlarının etkin kullanımına ilişkin faktörlerin belirlenmesinin, sürdürülebilir işletmelerin oluşması açısından önemli bir konu olduğunu belirtmiştir.

Akkaya ve Kaya (2019), akıllı lojistik ile ilgili çalışma yapmışlardır. Buna göre, teknolojik ilerlemeler, akıllı teknoloji ve artan rekabet gibi değişimler, lojistik firmalarını, yeni teknolojileri geliştirmeye yönlendirmektedir. Ayrıca, lojistik operasyonları geliştirmek, hızlandırmak ve maliyetleri en aza indirmek amacıyla, bu firmaların yeni teknolojik yaklaşımlardan yararlanmaları gerektiğini belirtmişlerdir.

Rejeb (2019), yaptığı araştırmada, bilgisayar tarafından üretilen içeriğin gerçek dünya lojistik sahnelerine doğru bir şekilde yerleştirilmesinin zorluğundan bahsetmiştir. Ayrıca, engeller arasında AR teknolojilerinin henüz olgunlaşmamış olması, lojistik faaliyetlere etkili bir şekilde uygulanamaması ve çalışanların AR cihazlarını kullanmadaki yetersizliği gibi faktörlerin bulunduğu belirtilmiştir. Bu sorunların, AR çözümlerinin lojistik sektöründe kabul edilmesini ve uygulanmasını sınırlayabildiğini belirtmiştir.

Karunarathna ve ark. (2019), yazılarında, 3PL (3. Taraf Lojistik) firmalarının karşılaştığı işgücü sıkıntısı gibi kritik zorlukları vurgulayarak bu firmaların başarılarına etki eden faktörlere odaklanmaktadır. İş gücü planlaması, eğitim ve yetenek geliştirme gibi konularda stratejik çözümlerin tartışılması, 3PL hizmet sağlayıcılarının bu zorluklarla başa çıkmasına yardımcı olabildiğini ve lojistik sektöründeki etkilerini olumlu yönde artırabildiğini belirtmiştir.

Çelik (2020), yaptığı araştırmaya göre; lojistik sektöründeki yeni teknoloji ve gelişmelerin sektörün iş alanına köklü değişimler sağlayacağını belirtmiştir. Lojistik sektörünün yeni bilişim teknolojileri ve Endüstri 4.0 ile birleşmesi ile gelecek yıllar içinde yeni mesleklerin hayatımıza gireceğini ifade etmiştir. Buna göre, 2030 yılı ve sonrasında, bugün yapılan mesleklerin çoğunun artık var olmayacağını öngörmektedir.

Ar ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada bulanık Dematel yöntemi kullanarak lojistik firmalarının Endüstri 4.0’a uyumunda dikkate alınmaları gereken faktörleri araştırmışlardır. Sonuçlara göre, lojistik firmalarının Endüstri 4.0’a uyum sürecinde en etkili ilk üç faktörün sırasıyla; uyum yeteneği, dijitalleşme düzeyi ve esneklik olduğu bulunmuştur. Buna göre lojistik firmalarının iş süreçlerini yeni iş yapma modellerine göre dönüştürebilmesinin, en önemli gereklilik olduğunu belirtmişlerdir.

Bilgiç ve ark. (2020), dijitalleşmenin lojistik yönetimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuçlara göre, müşterinin istediği hız, şeffaflık ve kaliteye ulaşmak ve aynı zamanda lojistik maliyetlerini düşürmek için firmaların artık dijital sistemlere uyum sağlamaları gerektiğini anlamışlardır. İnternetin yaygınlaşması ile müşteriler farklı sevkiyat alternatiflerine erişebince şiddetli rekabet de kaçınılmaz olduğundan işletmelerin dijitalleşmeye daha fazla kaynak ayırması gerektiğini belirtmişlerdir.

Verma ve ark. (2020), akıllı lojistik hedeflerine ulaşmada Endüstri 4.0 için risk ve dayanıklılık analizini incelemişlerdir. Sonuç olarak, lojistiğin daha akıllı hâle gelebilmesi için hem bireysel

hem de bir bütün olarak organizasyon içerisinde yeni beceriler edinilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Kodym ve ark. (2020), Lojistik 4.0 teknolojilerinin getirdiği riskler hakkında araştırma yapmışlardır. Buna göre bu teknolojilerin bilinçsizce uygulanmasının şirketler için ekonomik risk oluşturduğunu belirtmişlerdir. Özellikle başlangıç yatırımı açısından hangi teknolojilerin uygun olduğunun dikkatlice düşünülmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca teknik, sosyal, ekolojik veya hukuki risklerin belirlenmesinin de gerekli olduğunu bulmuşlardır. Tüm bu riskler ayrı ayrı hareket etmeyip, birbiriyle yakından ilişkili olduğu için, bu riskleri minimize etmek gerektiğini anlamışlardır.

Winkelhaus (2020), Lojistik 4.0 kavramı üzerine araştırma yapmıştır. Buna göre, toplu kişiselleştirmenin ve sürdürülebilirlik gibi trendlerin artan karmaşıklığa ve lojistik sistemler üzerinde daha yüksek taleplere yol açtığı gösterilmiştir. Bu karmaşıklığın yönetilmesi, günümüzde mevcut olandan farklı planlama ve kontrol mekanizmalarına ihtiyaç duymaktadır. Bunun üzerine Lojistik 4.0 sistemlerinin ana araştırma akış ve modellerini ele almıştır. İnceleme, yeni lojistik sistemlerinin kendi içinde bir amaç olmadığı, gelecekteki üretim ve ticaret ağlarının gerekli bir unsuru olduğu varsayımına dayanmaktadır.

Guo (2020), büyük veriye dayanarak akıllı lojistiği incelemiştir. Buna göre, akıllı lojistiğin yinelenmesi, lojistik ve taşımacılığın verimliliğini etkin bir şekilde artırmak ve müşteri memnuniyetini artırmak için büyük verilere ve diğer ilgili yüksek teknolojilere ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir. Büyük verilere dayalı akıllı lojistik modunun yeniden inşasının fikirler, unsurlar ve yollar gibi farklı yönlerden başlaması gerektiğine işaret edilmiş ve akıllı lojistik modunun makul, güvenli ve istikrarlı çalışmasını gerçekleştirmek için lojistik e-ticaret platformu ve devlet işleri platformu oluşturmak için sistem entegrasyon teknolojilerinden tam olarak yararlanılması gerektiğini ifade etmiştir.

Prokopenko (2020), çalışmasında, lojistik kavramlarını ve teknolojilerini işletmelerin iş süreçlerini optimize etmek amacıyla başarılı bir şekilde uygulayabileceğini ortaya koymuştur. Lojistik sistemlerde hem organizasyon içinde hem de organizasyonlar arası düzeyde iş süreçlerini optimize etmek için lojistik zincirlerinin yönetimine yönelik kanıtlanmış yaklaşımların uygulandığını göstermiştir. Mevcut durumu anlamak, sorunları teşhis etmek ve iş süreçlerini iyileştirerek iş modelini geliştirmek için kurumsal mimari modelinin uygulanması da vurgulanmaktadır. Bu yaklaşımın, işletmelerin iş süreçlerini daha verimli, etkili ve rekabet avantajı sağlayacak şekilde optimize etmelerine olanak tanıdığı belirtilmiştir. Bu çerçevede, lojistik kavramlarının ve teknolojilerinin işletmelerin genel performansını artırmada önemli bir rol oynayabileceği vurgulanmıştır.

Aylak ve ark. (2021), yapay zekâ tekniklerinin lojistik sektörde kullanımı ile ilgili araştırma yapmışlardır. Buna göre, sektörün büyümesiyle karmaşa daha büyük bir boyut kazanmaya başlamıştır. Artan müşteri talepleri, elde edilen veriler, daha fazla işletme ve iş koluyla entegrasyon gibi sorunların bunlardan bazıları olduğu vurgulanmıştır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için insan gücü ve zekâsının yeterli gelmediği anlaşılmıştır. Yapay zekâ bu süreçleri insana kıyasla minimum süre, maliyet ve hata ile yönetebilmektedir. Lojistik şirketlerinin rekabet edebilirliğinin, büyük ölçüde insan-yapay zekâ iş birliği faktörüne bağlı olduğu saptanmıştır.

Öz ve Tanç (2021), Lojistik 4.0 hakkında teorik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmaya göre, Lojistik 4.0 işletmelere inovasyon, katma değer ve sürdürülebilirlik noktalarında önemli avantajlar sağlamaktadır. Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne etkisi üzerine insana gerek

kalmayarak işsizliğin artacağını düşünülebileceğini fakat operasyonel alanlarda azalan personel ihtiyacına karşın kalifiyeli personel ihtiyacının artacağını belirtmişlerdir. Lojistik 4.0, başarılı şekilde uygulanırsa ürün akışıyla ilgili süreci fark edilebilir düzeyde akıcı hâle getireceği belirtilmiştir.

Çakılcı ve Öztürkoğlu (2021), yaptıkları araştırmaya göre, Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektöründeki işletmelere büyük fayda sağlayacağını düşünmüşlerdir. Hammade temininden, tüketiciye kadar olan tüm süreçlerde lojistik faaliyetlerinin öneminin büyük olduğunu vurgulamışlardır. 21. yy'da dijitalleşme ile gelişen teknolojiye sahip olmayan, onu üretemeyen ve süreçlerinde kullanamayan şirketlerin, dünyanın gerisinde kalarak belirli bir süre sonra tamamen silineceğini belirtmişlerdir.

Dilek ve İnceaz (2021), küreselleşme sürecinde teknolojik dönüşümün lojistik sektörüne etkilerini araştırmışlardır. Bu dijital dönüşüm karşısında lojistik sektörünün yeni nesil teknolojik gelişmelerle bu sürece uyum sağlaması ve çözümler geliştirmesi gerektiğini savunmuşlardır. Ayrıca, aktif öğrenme ve öğrenme stratejileri, karmaşık problem çözme, analitik düşünme ve inovasyon ile teknolojiyi kullanım, izleme ve kontrol gibi işlemlerin yoğun olduğu meslek gruplarının istihdam seçeneklerinin planlamaya alınmasının, özellikle lojistik sektöründeki yeni mesleklerin ön plana çıkmasını da sağlayacağını belirtmişlerdir.

Sarkar ve Shankar (2021), Endüstri 4.0 çağında liman lojistiğinin önündeki engelleri araştırmışlardır. Araştırmanın bulgularına göre, gelişmekte olan ekonomiler için çabalar, altyapıya ve modern teknolojilere yönelik fonların artırılmasına, eğitim kalitesinin artırılmasına, ulusal ve uluslararası operasyonlar için ortak standartların geliştirilmesine, ortaklar arasında iyi iş birliğine ve işçilere ileri düzeyde beceri geliştirme eğitimleri sağlanmasına yönelik olması gerektiğini bulmuşlardır.

Ding (2021), IoT tabanlı akıllı lojistik araştırmalarını ve uygulamalarını açıklamaktadır. Araştırmaya göre, nesnelerin interneti tabanlı akıllı depolamanın daha verimli, görselleştirilmiş, doğru ve güvenli olacağını belirtmiştir. Ayrıca depolama sürecinin kolaylaşmış, depolama kaynaklarının da optimize edileceği bulunmuştur.

Woschank ve Zsifkovits (2021), akıllı lojistik kavramı ile ilgili çalışma yapmışlardır. Buna göre, yeni otomatik tanımlama ve izleme yöntemlerine dayalı malzeme akışlarının tutarlı izlenebilirliği, taşıma ve depolama için kendi kendini kontrol eden otonom sistemlerin geliştirilmesi ve ileri veri analitiğinin artan kullanımı, akıllı lojistik yolundaki ilk adımlar olarak kabul edilebilir şekilde belirtmişlerdir. Bu bağlamda, gelecekte, malzeme ve bilgi akışı süreçlerinde sistemlerin ve arayüzlerin sağlayıcıdan bağımsız, endüstriden bağımsız ve sınır tanımayan standartlaştırmasının oluşturulması, yeni teknolojilere yapılan yatırımların faydalarını değerlendirmek için iş senaryolarının tanımı, yeni teknolojilerin entegrasyonu için yenilikçi organizasyon modellerinin geliştirilmesi, insan kaynaklarının ve verilerin güvenliğinin güvence altına alınması, mesleki eğitim ve öğretim teşviklerinde dijitalleşme yeterliliklerinin daha da geliştirilmesi ve desteklenmesi ile gelişen teknolojilerin lojistik süreçlere sürekli entegrasyonu gibi sorunların ortaya çıkacağını öngörmüşlerdir.

Didenko (2021), çalışmasında, dijital dönüşümün bir lojistik sistemin göstergelerini nasıl etkilediğini incelemiştir. Buna göre, dijital dönüşümün iletişim yeteneklerini artırarak ve finansal, ticari ve devlet hizmetlerine erişimi geliştirerek topluma birçok fırsat sunabileceğini belirtmiştir. Dijital dönüşümün getirdiği yenilikler, lojistik sistemlerde verimliliği artırabilir, süreçleri optimize edebilir ve daha sürdürülebilir operasyonlara olanak tanıyabilir olarak belirtmiştir.

Aktaş (2022), giyilebilir teknolojilerin lojistik sektöründeki etkisi üzerine kavramsal bir çalışma gerçekleştirmiştir. Buna göre, akıllı gözlük, akıllı eldivenler ve arttırılmış gerçeklik teknolojilerinin lojistik sektöründe kullanılması insan kaynaklı hataları minimize etmektedir. Aynı zamanda ürün kaynaklı hataları da tespit ederek kaliteyi arttırmaktadır. Depolama alanında, stok yönetimi kapsamında kullanılabilen bu teknolojilerin daha birçok kolaylığı da sağladığı saptanmıştır.

Pak (2022), stok yönetimi sistemlerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının gerçekleştirilmesi üzerine araştırma yapmıştır. Araştırmasında vaka analizi yöntemini kullanmıştır. Araştırma kapsamında konveksiyonel parça toplama yönteminden teknolojik parça toplama yöntemine geçilmiştir. Nihai analiz sonuçlarına göre, işletmenin ürettiği 5 farklı ürün için yapılan tüm çalışmaların sonucunda ortaya %28,3 oranında bir verim artışının ortaya çıkacağı hesaplanmıştır. Bu da işletme için her 100 işçiden 28 adedini tasarruf edebileceği; yani 28 işçiyi başka görevlerde görevlendirebileceği anlamına gelmektedir.

Bayram ve Köse (2022), pandemi döneminde Lojistik 4.0'ın önemini araştırmışlardır. Buna göre, pandemi sürecinde, dijital hayata geçiş ve e-ticaret üzerine kendini geliştirmiş işletmelerin yıldızı parlarken, Endüstri 4.0 teknolojilerini sektörüne entegre etmeyen işletmeler zorlu süreçler yaşamıştır. Lojistik sektörünün canlılığına kısa sürede kavuşmasında en önemli etken olarak Lojistik 4.0 kapsamında kullanılan teknolojilerin insan gücüne fazla ihtiyaç duymadan kusursuz şekilde çalışması olarak gösterildiğini belirtmişlerdir. Pandemi son bulsa dahi bu süreçten sonra işletmelerin, Endüstri 4.0'ı ve lojistik operasyonlarında akıllı sistemleri rekabet üstünlüğü sağlayabilmek için kullanmaları gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Chukleang ve Jandaend (2022), blockchain teknolojisinin lojistiğe uygulanmasını göstermektedir. Bu araştırmada temel amaç, eve teslim hizmetlerini blockchain işlemleri kullanarak iyileştirmektir. Bu teknoloji kullanılarak sistemin şeffaflığı artırmışlardır. Sistemdeki tüm eylemlerin benzersiz kimlikle doğrulanabilir ve blockchain ağındaki akıllı sözleşmeyle kontrol edilebilir hâle geldiği bulunmuştur. Herhangi bir sorun olması durumunda yetkili kullanıcılar siparişe erişebilir ve siparişi takip edebilir şekilde geliştirilmiştir.

Kolasińska-Morawska (2022), üretimde son aşama olan lojistiğin müşteri hizmetlerinde sürdürülebilir teknolojik yeniliklerini araştırmıştır. Buna göre koli makinelerinin verimli işleyişi, her müşterinin bireysel işleyişi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir ve esneklik, tasarruf ve verimlilik açısından ihtiyaçlarını karşılar şeklinde belirtmiştir. Üstelik nakliye alanındaki CO2 emisyonlarını azaltarak ve kuryelerin işlerini iyileştirerek çevre üzerinde olumlu bir etki yarattığını ve alıcının yokluğu nedeniyle geri dönüş veya tekrar yolculuk sayısı azaltılarak son kilometre de optimize edildiğini belirtmiştir.

Vaghani ve ark. (2022), bu makalede blockchain destekli yeni nesil akıllı lojistik ağlarının çeşitli yönlerini araştırmaktadır. Akıllı şehirlerdeki blockchain teknolojisi ve akıllı lojistik konularında mevcut literatürü analiz ederek 6G ve blok zincirlerinin akıllı şehirler ve akıllı lojistik ağlarına entegre edilmesinin önemini vurgulamışlardır. Makale ayrıca, blockchain teknolojisinin akıllı lojistik alanında kullanılabileceği beş gerçek dünya kullanım örneğini tanıtmaktadır. Bu örnekler; tek bir dijital pencere, sektörler arası etki alanı uygulaması, araçtan araca iletişim, yük izleme ve lüks ürün takibi gibi çeşitli uygulamaları içermektedir. Ardından, akıllı lojistikte blockchain kullanmanın karşılaşılabilecek temel zorlukları tanımlayarak bu sorunlara yönelik potansiyel çözümleri ele almaktadır. Bu zorluklar arasında birlikte çalışabilirlik, ölçeklenebilirlik, teknoloji konverjansı, gerçek zamanlı veri toplama ve güvenlik gibi konular bulunmaktadır.



Orozonova ve ark. (2022), yaptıkları çalışmanın kapsamında, akıllı lojistik teknolojilerinin çok modlu kargo teslimatı süreçleri üzerindeki etkilerini belirleme ihtiyacını tanımlamışlardır. Akıllı bir lojistik sağlayıcı-entegratör için birleşik bir zihniyet ve bağlam şeması önerilmiştir; bu şema, stratejik düşünme, bir değer teklifinin kullanılabilirliği ve yüksek müşteri odaklılık gibi belirli özellikleri içermektedir. Akıllı sağlayıcı-entegratör tarafından uygulanan akıllı teknoloji türlerinin belirlenmesinde, işi ölçeklendirme ve genişletme yeteneği sağlayabilen, müşteri-ortaklara rekabetçiliği artırmak ve pazarlara daha kolay erişim sağlamak amacıyla kullanılan akıllı ve müşteri odaklı lojistik çözümleri belirlenmiştir.

Çıkmak ve Yazgan (2023), lojistik sektöründe Endüstri 4.0 engelleri ile ilgili araştırma yapmışlardır. Araştırmalarında bulanık Delphi yöntemi kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, 32 engelden 14 tane engelin öncelikli olduğunu saptamışlardır. Ağırlıkları incelendiğinde ise en önemli engeli tepe yönetim kaynaklı engeller olduğu belirlenmiştir. Ardından ise ekonomik engeller, yasalar, güvenlik ve gizlilik engelleri, teknolojik engeller ve organizasyonel engellerin geldiği belirtilmiştir.

Çakmak ve Özerhan (2023), yaptıkları çalışmada, lojistik firmalar açısından Endüstri 4.0'a dönük yatırımlar artırıldıkça firmaların lojistik çevikliğinin, lojistik esnekliğinin, lojistik hizmet üretim performanslarının olumlu yönde etkileneyeceği saptanmıştır. Bu durumda, firmaların katma değerli, kaliteli ve rakiplerden farklılaştırılmış bir lojistik hizmet üretme performansına sahip olarak rekabette avantajlı hâle gelebilecekleri ifade edilmiştir.

Erdem (2023), akıllı lojistik üzerine çalışma yapmıştır. Bu doğrultuda, lojistik süreçlerine yapay zekâ eklenerek ihtiyaçların daha etkili bir şekilde karşılanmasını amaçlamıştır. Böylece geleneksel lojistikteki iş ve yönetim biçimleri, daha akıllı bir yapıya dönüşmektedir. Akıllı lojistik ve uygulamalarına yönelik bu kavramlar oldukça yenidir ve uygulamaları yeterince yaygınlaşmamıştır. Bu nedenle lojistik faaliyetlerin ve teknolojilerin artan etkileşimi hakkında daha fazla araştırma yapılması gerektiği sonucuna varmıştır.

Wu ve ark. (2023), lojistik sektörü ile bağlantılı olan uzun mesafe kamyon taşımacılığı için yük eşleştirmeyi araştırmışlardır. Yapay zekâ sistemi, nakliye siparişlerini kamyoncularla hızlı bir şekilde eşleştirmek için şirketin konum, rota ve kargo türü gibi bilgilerinden oluşan bir veri tabanından yararlanmaktadır. Bu sistemi, geçmiş işlem verilerine dayanarak bir gönderi için uygun bir piyasa fiyatı da belirleyebilmekte ve göndericilerin nakliye maliyetlerini azaltabilmektedir. Buna göre, nakliyeciler için düşük maliyetli kamyoncu bulmak kolaylaşmıştır, lojistik platformun gelişimiyle göndericinin uygun taşıma stratejisini seçerek kendi karını ve sistemin verimliliğini nasıl artırabileceği gösterilmiştir, göndericiye özel bilgilerini nasıl kullanacağı ve lojistik platformu için göndericinin bağlılığını ve katılımını nasıl artıracakları gösterilmiştir şeklinde bir sonuca varmışlardır.

Balfagih (2023), akıllı lojistik sistemler üzerine bir araştırma yapmıştır. Buna göre, akıllı lojistik sistemi, IoT, CPS (Siber Fiziksel Sistemler) ve PI (Physical Internet) gibi iletişim ve bilgi teknolojilerindeki son yeniliklerin yapay zekâ uygulamalarını kullanmalarının şirketler için önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. Lojistik sistemler, bir kısıtlama yolu olarak zaman harcayarak yolun planlama sonuçlarını etkilemenin yanı sıra, güncel bilgiler, tahminlere dayalı beklentiler ve tahminler vererek karar verme prosedürüne yardımcı olan verileri analiz etmek için kullanılan yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerine sahiptir. Bu nedenle yapay zekânın, lojistik sektörünün dönüşümünün arkasında önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir.

Damianos ve ark. (2023), yaptıkları çalışmada, dokuz yeni lojistik girişiminin web sitesi verilerini analiz etmiştir. Araştırma, dijital pazarlama ve reklamcılık stratejilerini optimize

etmek amacıyla büyük veri ve web analitiği ölçümlerine odaklanmışlardır. Özellikle organik trafik aracılığıyla lojistik girişimlerinin marka adını, kullanıcı katılımını ve kârını artırmayı hedeflemişlerdir. Araştırmada, büyük veri ve web analitiği ölçümlerinin doğru bir şekilde anlaşılması ve değerlendirilmesine odaklanmışlardır. Bunu, girişimlerin dijital varlıklarının etkin bir şekilde izlenmesi ve analiz edilmesi için temel bir adım olarak belirlemişlerdir.

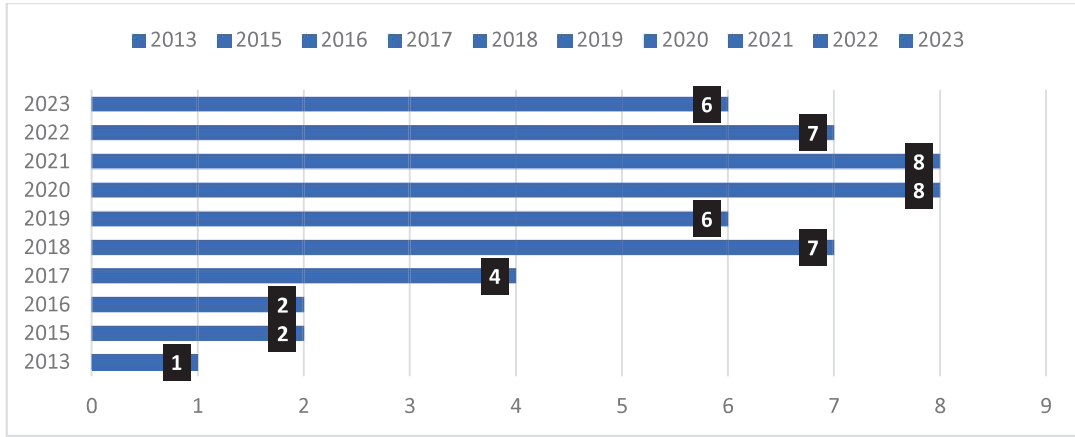
### 3. BULGULAR

Endüstri 4.0 ile, lojistik sektöründe önem kazanan Lojistik 4.0 kavramı, birçok sektör temsilcisi ve lojistik firması tarafından çeşitli süreçlerin geliştirilmesi amacıyla uygulanmakta ve benimsenmektedir. Söz konusu literatür çalışmasında elde edilen bulgular da bu geliştirme çabalarını desteklemektedir.

**Tablo 1:** 2013-2023 yılları arasında incelenen çalışmaların konulara ve türlerine göre dağılımı.

	Literatür taraması	Uygulama ve analiz	Anket ve değerlendirme	Tartışma	Vaka analizi	Toplam
Dijital dönüşüm	7	5	1		2	15
Yeşil lojistik		1				1
Akıllı lojistik	6	9	1		2	18
Depo yönetim sistemi	1				1	2
Stok yönetim sistemi		1				1
Taşımacılık	1	3				4
Süreç optimizasyonu		1				1
3PL sağlayıcıları	1					1
Stratejik lojistik 4.0 yönetimi			1			1
Blokchain uygulaması	2	1				3
Artırılmış gerçeklik ve RFID	2					2
Lojistik 4.0 zorluk ve engelleri	1	1				2
Toplam	21	22	3		5	51

Tablo 1'e göre, bu alanda yapılan çalışmaları türlere göre sıraladığımızda 51 araştırma arasından, 3 değerlendirme ve anket çalışması, 21 literatür taraması, 22 uygulama ve analiz, 5 vaka analizi çalışması bulunmaktadır. Lojistik çalışmalarını değerlendirdiğimizde 15 dijital dönüşüm, 18 akıllı lojistik, 1 süreç optimizasyonu, 2 artırılmış gerçeklik ve RFID, 2 Lojistik 4.0'da engel ve zorluklar, 3 blokchain uygulaması, 4 taşımacılık, 2 depo yönetimi, 1 stok yönetimi, 1 yeşil lojistik, 1 3PL sağlayıcıları ve 1 stratejik lojistik yönetimi çalışması bulunmaktadır.



Şekil 1: 2013-2023 yılları arasında yapılan çalışmaların sayısı.

2013-2023 yılları arasında incelenen çalışmaların yıllara göre dağılımı Şekil 1’de gösterilmiştir. Lojistik 4.0 ile ilgili çalışmaların özellikle 2015 yılından sonra olduğu görülmektedir. 2015 yılından sonra yapılan çalışmaların sayısında bir artış görülmekte olup 2019 ve 2023 yıllarında bir azalma gözlemlenmiştir. 2020 ve 2021 yılları ise en çok çalışma yapılan yıllar olmuştur.



Şekil 2. Çalışmaların ülkelere göre dağılımı.

2013-2023 yılları arasında incelenen çalışmaların ülkelere göre dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir (Türkiye hariç). Şekli Türkiye hariç incelediğimizde Polonya ve Çin, 2013-2023 tarihleri arasında incelenen 51 çalışmadan, en çok çalışma yapan ülkeler arasındadır. Ardından Almanya ve diğer ülkeler gelmektedir.

**Tablo 2:** Literatür araştırması özet tablosu.

Çalışma	Ülke	Konu	Tür
Ginters vd., 2013	İspanya	Artırılmış gerçeklik ve RFID uygulaması	Literatür taraması
Kim vd., 2015	Kore	Akıllı takip sistemi geliştirme	Uygulama ve analiz
Timm vd., 2015	Almanya	Lojistik 4.0 ve simülasyon	Vaka analizi
Galindo, 2016	Norveç	Lojistik 4.0 zorlukları	Uygulama ve analiz
Lee vd., 2016	USA	Yeşil lojistik	Uygulama ve analiz
Horenberg, 2017	Hollanda	3PL sağlayıcıları ve Endüstri 4.0	Literatür taraması
Alkan vd., 2017	Türkiye	Taşımacılık	Uygulama ve analiz
Balcı, 2017	Türkiye	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz
Witowski, 2017	Polonya	Lojistikte yenilikçi çözümler	Uygulama ve analiz
Önden, 2018	Türkiye	İnsansız akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Saatçioğlu vd., 2018	Türkiye	Görüntü işleme	Vaka analizi
Öztemel vd., 2018	Türkiye	Stratejik lojistik yönetimi	Anket çalışması
Bacak vd., 2018	Türkiye	Taşımacılık	Uygulama ve analiz
Lee, 2018	Çin	Depo yönetim sistemi	Vaka analizi
Göçmen vd., 2018	Türkiye	Akıllı tesis	Vaka analizi
Nagy vd., 2018	Macaristan	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz
Seyhan, 2019	Türkiye	Dijital dönüşüm	Anket çalışması
Bolat, 2019	Türkiye	Dijital dönüşüm	Vaka analizi
Stachowiack, 2019	Polonya	Lojistik 4.0 ve bilgiyi hazmetme kapasitesi	Literatür taraması
Akkaya, 2019	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Rejeb, 2019	Macaristan	Artırılmış gerçeklik	Literatür taraması
Karunarathna, 2019	Tayland	Depo yönetim sistemi	Literatür taraması
Çelik, 2020	Türkiye	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz
Ar vd., 2020	Türkiye	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz
Bilgiç, 2020	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması

Verma, 2020	Hindistan	Akıllı lojistik	Anket çalışması
Kodym, 2020	Çek Cumhuriyeti	Blokchain ve riskler	Literatür taraması
Winkelhaus, 2020	Almanya	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Guo, 2020	Çin	Akıllı lojistik ve big data	Uygulama ve analiz
Prokopenko, 2020	Ukrayna	Süreç optimizasyonu	Uygulama ve analiz
Aylak vd., 2021	Türkiye	Yapay zekâ uygulamaları	Literatür taraması
Öz vd., 2021	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Çakılcı vd., 2021	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Dilek vd., 2021	Türkiye	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Shankar vd., 2021	Hindistan	Taşımacılık	Uygulama ve analiz
Ding, 2021	Birleşik Krallık	Akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Woschank vd., 2021	Avusturya	Akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Didenko vd., 2021	Rusya	Dijital dönüşüm	Literatür taraması
Aktaş, 2022	Türkiye	Giyilebilir teknoloji	Literatür taraması
Pak, 2022	Türkiye	Stok yönetim sistemi	Uygulama ve analiz
Bayram vd., 2022	Türkiye	Pandemide Lojistik 4.0	Literatür taraması
Chukleang vd., 2022	Tayland	Blokchain teknolojileri	Uygulama ve analiz
Kolasinska, 2022	Polonya	Akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Vaghani vd., 2022	Avusturalya	Blokchain ve güven sorunları	Literatür çalışması
Orozonova vd., 2022	Kırgızistan	Taşımacılık	Literatür taraması
Çıkmak vd., 2023	Türkiye	Akıllı lojistikteki engeller	Literatür taraması
Özerhan vd., 2023	Türkiye	Lojistik 4.0'da esneklik ve çeviklik	Uygulama ve analiz
Erdem, 2023	Türkiye	Akıllı lojistik	Literatür taraması
Wu vd., 2023	Çin	Akıllı lojistik	Uygulama ve analiz
Balfağih, 2023	Suudi Arabistan	Akıllı lojistik	Literatür taraması
Damianos vd., 2023	Yunanistan	Dijital dönüşüm	Uygulama ve analiz

2013-2023 yılları arasında incelenen çalışmaların özeti Tablo 2'de gösterilmiştir. Çalışılan yıl, çalışan yazar/yazarlar, çalışılan ülke, konu ve tür olarak sınıflandırılmıştır.

#### 4. YÖNTEM

Bu çalışma ile, literatür taramasına dayalı olarak Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektörleri üzerinde neler yapabileceğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Veriler, sistematik bir şekilde çeşitli akademik veri tabanlarında taranmış ve analiz edilmiştir. Araştırma sürecinde Google Scholar, Scopus ve Science Direct veri tabanları kullanılmıştır. Aramalar, “Endüstri 4.0”, “Lojistik 4.0”, “Dijital Dönüşüm”, “Akıllı Lojistik” ve “Otomasyon Teknolojileri” gibi anahtar kavramlarla gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgular, belirli kriterlere göre filtrelenmiş ve analiz edilmiştir. Bu kriterler arasında yayın yılı (2013-2023), konu odaklılık (Endüstri 4.0 ve lojistik iş birliği) ve metodoloji (vaka analizi, kavramsal analiz, uygulama ve analiz) yer almaktadır. Literatür tarama sürecinde öne çıkan çalışmalar özetlenmiş, temel özellikler sınıflandırılmış ve bu bulguların analizi yapılmıştır.

Analiz sürecinde, çalışmalar içeriklerine göre kategorilere ayrılmış (örneğin; dijital dönüşüm, akıllı lojistik, engeller ve zorluklar, yeşil lojistik gibi) ve bu kategorilere göre öne çıkan sonuçlar yorumlanmıştır.

#### 5. SONUÇ

Endüstri 4.0, dijitalleşme ve son teknolojiyi beraberinde getiren yeni dönem anlayışını benimseyen bir kavramdır. Buna göre, çeşitli sektörlerin, bünyelerine “akıllı” kavramını entegre ederek gelecek yıllarda konumlarını daha yukarı taşıyabileceği öngörülmektedir. Bu çalışmada, lojistik sektöründe Endüstri 4.0’ın etkisi üzerine yapılan araştırma ve çalışmalar bir araya getirilerek sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik sektörüne etkisi üzerine yapılan literatür taramasında araştırılan 51 makalenin 2013-2023 yılları arasındaki sayılarını değerlendirdiğimizde en çok araştırmanın 2020-2021 yıllarında yapıldığı görülmüştür. Bu alandaki çalışmaların son 5-6 yılda ortaya çıkması sebebiyle araştırma sayıları da aynı yıllar içinde bir artış göstermektedir. Bu çalışmanın amacı, Lojistik 4.0 alanında literatür taraması gerçekleştirerek bu alandaki çalışmaları ortaya koymaktır. Lojistik 4.0 ile ilgili çalışmaları incelediğimizde kavramsal açıdan “dijital dönüşüm” ve “akıllı lojistik” olmak üzere iki terimin yoğun olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Dijital dönüşümün uygulanması şirketlerde birçok konuda değişime neden olacaktır. Neredeyse tüm şirketlerde dijitalleşme yeni bir kavram ve kültür olacağından, en üst yetkiliden en alt çalışana kadar uyum sürecinde zorluklar yaşanacaktır. Ayrıca bu süreç uzun vadede etki göstereceğinden (4-5 yıl gibi), bu durumun bir fırsat maliyeti yaratacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durumda, karar vermeden önce titiz bir çalışma yürütülmelidir. Çalışmalar incelendiğinde Endüstri 4.0 uygulamalarının diğer birçok sektör üzerinde etkisi olacağı gibi lojistik sektöründe de etkileri olacağı öngörülmüştür. Dijitalleşen dünyada, insan sistemlerinin yerini alacak olan makine sistemleri, lojistiğin birçok alanında kendini göstererek hayatımızı kolaylaştıracaktır. Bu çalışmanın bulguları değerlendirildiğinde üç ana başlık öne çıkmaktadır. İlk olarak, incelenen 51 araştırma arasından akıllı lojistik ile ilgili yapılan çalışmalar, diğer konulara göre daha ağırlıklıdır. Buna rağmen, yeşil lojistik, 3PL sağlayıcılar, süreç optimizasyonu gibi konu başlıkları hakkında yeterince araştırma yapılmadığı görülmüştür. Çalışmaların türlerine göre değerlendirdiğimizde en çok literatür araştırması ve uygulama/analiz yöntemlerinin yoğun olduğu gözlenmiştir. Bu durumun sebebinin Lojistik 4.0 anlayışının son yıllarda duyulmuş olmasına bağlı olarak henüz vaka analizi veya pratik çözümlerin yapılması için yeterli bilgi kaynağı olmamasına bağlamak mümkün olabilir. Çalışmaların konularını değerlendirdiğimizde ise en çok dijital dönüşüm ve akıllı lojistik makalelerinin olduğu gözlenmiştir. İkinci olarak, çalışmaları yıllara göre değerlendirdiğimizde, 2020-2021 yılları arasında daha çok çalışma yapıldığı gözlemlenmiştir. Son olarak, çalışmaları

ülkelere göre değerlendirdiğimizde (Türkiye hariç), en çok çalışmanın Polonya ve Çin tarafından yapıldığını söyleyebiliriz. Gelişmiş/gelişmekte olan bu ülkelerin Lojistik 4.0 hakkında araştırma yapması, bu konunun gelecekte önem derecesi yüksek bir çalışma alanı olacağını gösterebilir. Bu çalışma literatürdeki çalışma alanlarını haritalayarak bu konuda yapılan genel çalışmalarını derlemek üzerine yapılmıştır. İlerideki çalışmalarda, yeşil lojistik, depo yönetim sistemi, stok yönetim sistemi, süreç optimizasyonu, 3PL sağlayıcıları, Lojistik 4.0 önündeki engel ve zorluklar ile ilgili çalışmaların yapılması planlanmakta olup, vaka analiz ile anket ve değerlendirme yöntemine ağırlık verilmesi planlanmaktadır.

## 6. KAYNAKÇA

- Akçacı, T., & Bulut, E. (2017). "Endüstri 4.0 Ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi." *ASSAM-UHAD*, 4(7): 55-77.
- Akkaya, H., & Kaya, H. (2019, Ekim). "Innovative and smart technologies in logistics." In 17th International Logistics and Supply Chain Congress, pp. 97-105, İstanbul, Turkey.
- Aktaş, İ. (2022). "Giyilebilir Teknolojilerin Lojistik Faaliyetlerde Kullanımının Ve Etkilerinin Değerlendirilmesi." *Beykoz Akademi Dergisi*, 10(2): 258-273.
- Alkan, G., & Alnıpak, S. (2017, Ocak). Sanayi 4.0'ın Lojistik ve Limancılık Sektörüne Etkileri. III. Ulusal Liman Kongresi, İzmir, Türkiye. doi:10.18872/DEU.df.ULK.2017.006.M.
- Ar, İ., Çekiç, B., & Ömürgönülşen, M. (2020). "Lojistik firmalarında endüstri 4.0 uyum sürecinde dikkate alınacak faktörlerin bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmesi." *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 167-184.
- Aydın, N. (2019). "Endüstri 4.0: Akıllı fabrika." *Atlas International Refereed Journal On Social Sciences*, 5(21), 558-569.
- Aylak, B. L., Okan, O. R. A. L., & Yazıcı, K. (2021). "Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin lojistik sektöründe kullanımı." *El-Cezeri*, 8(1), 74-93.
- Bacak, G., Yiğit, F., & Çakıroğlu, E. (2018). "Treyler Sektöründeki Endüstri 4.0 Gelişmeleri İle Nesnelerin İnternetine Dayanan Nakliye Çözümlerinin Lojistik Sektörüne Etkileri." *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 8(2), 92-94.
- Balcı, E. (2020). "Lojistik sektörünün uluslararası alanda dijitalleşme süreci ve Türkiye'ye etkileri [Doktora Tezi]." *Marmara Üniversitesi, Türkiye*, 5, 56-69.
- Balfaqih, H. (2023, March). Artificial Intelligence and Smart Logistics Systems in Industry 4.0. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Manila, Philippines, March 7-9, 2023.
- Bayram, F. Ç., & Ömer, K. Ö. S. E. (2020). "Covid-19 Pandemisinde, Endüstri 4.0'ın Lojistik Sektörüne Etkisi." *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 72-81.
- Bilgiç, E., Türkmenoğlu, M. A., & Koçak, A. (2020). "Dijitalleşmenin lojistik yönetimi bağlamında incelenmesi." *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 5(1), 56-69.
- Chukleang, T., & Jandaeng, C. (2022). "Security Enhancement in Smart Logistics with Blockchain Technology: A Home Delivery Use Case. *Informatics*." *MDPI*, 9(3), 70.

- Çakılcı, C., & Öztürkoğlu, Y. (2021). "Yeni Dijital Çağ Yaklaşımı İle Lojistik Sektöründe Yenilikçi Çözümler." *Journal of Business in The Digital Age*, 4(1), 65-75.
- Çakmak, M., & Özerhan, Y. (2023). "Endüstri 4.0'a Dönük Yatırımların Lojistik Hizmet Üretim Performansına Etkisinde Esneklik ve Çevikliğin Rolü Üzerine Bir Araştırma." *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 15(3), 1734-1752.
- Çelik, R. (2020). "Lojistik Sektöründe Kullanılan Yeni Bilişim Sistemleri: Lojistik 4.0 Örneği." *Balkan & Near Eastern Journal of Social Sciences (BNEJSS)*, 6(4).
- Çıkmak, S., & Yazgan, H. İ. (2023). "Lojistik Sektöründe Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Önündeki Engellerin Bulanık Delphi Yöntemiyle İncelenmesi." *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(88), 2065-2086.
- Dey, B., & Shankar, R. (2021). "Understanding the barriers of port logistics for effective operation in the Industry 4.0 era: Data-driven decision making." *International Journal of Information Management Data Insights*, 1(2), 1-13.
- Didenko, N., Skripnuk, D., Kikkas, K., Kalinina, O., & Kosinski, E. (2021). "The Impact of Digital Transformation on the Micrologistic System, and the Open Innovation in Logistics." *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 115.
- Dilek, Ş., & İncaz, S. (2021). "Küreselleşme sürecinde teknolojik dönüşümün lojistik sektörüne etkileri." *Beykoz Akademi Dergisi*, 9(2), 30-49.
- Ding, Y., Jin, M., Li, S., & Feng, D. (2021). "Smart logistics based on the internet of things technology: An overview." *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24 (9),1-23.
- Dixit, V., Verma, P., & Kushwaha, J. (2020, March). Risk and resilience analysis for industry 4.0 in achieving the goals of smart logistics: An overview. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 10-12), Dubai, United Arab Emirates.
- Elevli, B., & Şener, S. (2017). "Endüstri 4.0'da yeni iş kolları ve yüksek öğrenim." *Mühendis Beyinler Dergisi*, 1(2), 1-13.
- Erdem, M. B. (2023). *Akıllı Lojistik. Sosyal, İnsan ve İdari Bilimlerde Güncel Yaklaşımlar 2*, 867-889.
- Galindo, L. D. (2016). "The challenges of logistics 4.0 for the supply chain management and the information technology. (Master's Thesis)." NTNU, 1-94.
- Giannakopoulos, N. T., Sakas, D. P., Reklitis, D. P., & Trivellas, P. (2023). "The influence of websites user engagement on the development of digital competitive advantage and digital brand name in logistics startups." *European Research on Management and Business Economics*, 29(2).
- Ginters, E., & Martin-Gutierrez, J. (2013). "Low cost augmented reality and RFID application for logistics items visualization." *Procedia Computer Science*, 26, 3-13.
- Göçmen, E., & Rizvan, E. R. O. L. (2018). "The transition to industry 4.0 in one of the Turkish logistics company." *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(1), 76-85.



- Grosse, E. H., & Winkelhaus, S. (2020). "Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system." *International Journal of Production Research*, 58(1), 18-43.
- Guo, X. (2020). Construction of Smart Logistics Model Based on Big Data. Shandong Vocational and Technical University of International Studies, China, 1533(4), 042036p.
- Horenberg, D. (2017). "Applications within Logistics 4.0: A research conducted on the visions of 3PL service providers." [Bachelor's Thesis]. University of Twente.
- Huang, J., Wu, Y., & Chen, X. (2023). "The information value of logistics platforms in a freight matching market." *European Journal of Operational Research*, 312(1), 227-239.
- Karunaratna, N., Wickramarachchi, R., & Vidanagamachchi, K. (2019, August). A study of the implications of logistics 4.0 in future warehousing: a Sri Lankan perspective. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 1024-1035), Bangkok, Thailand.
- Kim, J.-S., Lee, H.-J., & Oh, R.-D. (2015). "Smart integrated multiple tracking system development for IoT based target-oriented logistics location and resource service." *International Journal of Smart Home*, 9(5), 195-204.
- Kodym, O., Kubáč, L., & Kavka, L. (2020). "Risks associated with Logistics 4.0 and their minimization using Blockchain." *Open Engineering*, 10(1), 74-85.
- Kolasińska-Morawska, K., Sułkowski, Ł., Buła, P., Brzozowska, M., & Morawski, P. (2022). "Smart Logistics—Sustainable Technological Innovations in Customer Service at the Last-Mile Stage: The Polish Perspective." *Energies*, 15(17), 6395.
- Lee, C.K.M., Lv, Y., Ng, K.K.H., Ho, W., & Choy, K.L. (2018). "Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics." *International Journal of Production Research*, 56(8), 2753-2768.
- Lee, S., Kang, Y., & Prabhu, V. V. (2016). "Smart logistics: distributed control of green crowdsourced parcel services." *International Journal of Production Research*, 54(23), 6956-6968.
- Lorig, F., & Timm, I. J. (2015, December). Logistics 4.0 - A challenge for simulation. In *2015 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 3118-3119).
- Nagy, G., Illés, B., & Bányai, Á. (2018). "Impact of Industry 4.0 on production logistics. In IOP conference series: Materials science and engineering." IOP Publishing. 448(1), 012013.
- Orozonova, A., Gapurbaeva, S., Kydykov, A., Prokopenko, O., Prause, G., & Lytvynenko, S. (2022). "Application of smart logistics technologies in the organization of multimodal cargo delivery." *Transportation Research Procedia*, 63, 1192-1198.
- Önden, İ. (2018, Mayıs). İnsansız lojistik ağlarının geleceğinin değerlendirilmesi. In *Irditech 2018 Uluslararası Ar-Ge İnovasyon ve Teknoloji Yönetimi Kongresi*, İstanbul, Türkiye.
- Öz, Ş. G., & Tanç, G. (2021). "Endüstri 4.0 Kapsamında Lojistik 4.0'ın İncelenmesine Yönelik Teorik Bir Çalışma." *The Journal of Academic Social Science*, 110, 460-469.
- Öztemel, E., & Gürsev, S. (2018). "Türkiye'de lojistik yönetimde endüstri 4.0 etkileri ve yatırım imkânlarına bakış üzerine anket uygulaması." *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 30(2), 145-154.

- Pak, E. (2022). "Stok yönetim sistemlerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının gerçekleştirilmesi: Bir otomotiv firmasında komisyonlama (parça toplama-montaj hatlarına parça besleme) yönteminin dijitalleştirilmesi." Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, [Doktora Tezi].
- Prokopenko, O., Dikiy, A., Butenko, N., Naumenko, M., Dedilova, T., & Miroshnyk, R. (2020). "Business process optimization based on logistics concepts and technologies." *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 11(6), 184-196.
- Rejeb, A. (2019). "The challenges of augmented reality in logistics: a systematic literature review." *WSN*, 134(2), 281-311.
- Saatçioğlu, Ö., Gökçe, K. Ö. K., & Özispa, N. (2018). "Endüstri 4.0 ve lojistik sektörüne yansımalarının örnek olay kapsamında değerlendirilmesi." *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 1675-1696.
- Seyhan, Ç. (2019). "Lojistik 4.0: Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne uyarlanması üzerine bir araştırma." [Phd Tezi], Marmara Üniversitesi (Türkiye).
- Stachowiak A, Adamczak M, Hadas L, Domański R, Cyplik P. (2019). "Knowledge Absorption Capacity as a Factor for Increasing Logistics 4.0 Maturity." *Applied Sciences*. 2019; 9(24), 5365.
- Strandhagen, J. O., et al. (2017). "Lojistik 4.0 ve ortaya çıkan sürdürülebilir iş modelleri." *Avrupa Üretim*, 5, 359-369.
- Vaghani, K., Sood, S., & Yu, S. (2022). "Security and qos issues in blockchain enabled next-generation smart logistic networks: A tutorial." *Blockchain: Research and Applications*, 3(8), 100082.