




# Tedarik Zinciri ve Lojistik Operasyonlarında Yeni Eğilim: Blok Zinciri Teknolojisi

Semih KAYA<sup>1</sup>  0000-0002-0506-9344  
 Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı, Türkiye [skaya@kuzka.gov.tr](mailto:skaya@kuzka.gov.tr)

Bülent YILDIZ  0000-0002-5368-2805  
 Kastamonu Üniversitesi, Türkiye [dr.yildiz.bulent@gmail.com](mailto:dr.yildiz.bulent@gmail.com)

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Cilt 6 (Sayı 2) 2024: 217-228

 10.5281/zenodo.14577915

Atıf: Kaya,S.; Yıldız, B. (2024). Tedarik Zinciri ve Lojistik Operasyonlarında Yeni Eğilim: Blok Zinciri Teknolojisi, Quantrade Journal of Complex Systems in Social Sciences, 6 (2) , 217-228. Doi: 10.5281/zenodo.14577915

Gönderilme: 11.10.2024

Düzeltilme: 09.12.2024

Kabul: 11.12.2024

## Özet

Tedarik zinciri ve lojistik sektöründe, malların hareketini, depolanmasını ve dağıtımını kolaylaştırmak ve müşteri hizmetlerini iyileştirmek için uzaktan çalıştırılan sistemler gibi teknolojiler benimsenmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte nesnelerin birbirleri ile bağlantı kurduğu ileri teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Blok zinciri teknolojisi de birçok alanda olduğu gibi tedarik zinciri ve lojistik alanında kullanılan ileri teknolojiler arasında benimsenmeye başlamıştır. Bu makale, tedarik zinciri ve lojistik bağlamında blok zinciri teknolojisine kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır. Makalede, tedarik zinciri ve lojistik operasyonlarında blok zinciri teknolojisinin kullanımı incelenmektedir. Öncelikle blok zincirin tanımı ve tarihsel gelişimi ele alınarak, modern işletmelerdeki önemine vurgu yapılmaktadır. Makalede, blok zinciri teknolojisinin sektördeki çeşitli uygulamaları, tedarik zinciri ve lojistik operasyonlarına katkısı üzerinde durulmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Tedarik Zinciri, Lojistik, Blok Zinciri Teknolojisi

## New Trend in Supply Chain and Logistics Operations: Blockchain Technology

### Abstract

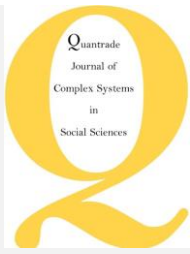
In the supply chain and logistics sector, technologies such as remotely operated systems are being adopted to facilitate the movement, storage, and distribution of goods and to improve customer services. With Industry 4.0, advanced technologies that enable objects to connect with each other have started to be used. Blockchain technology has also begun to be embraced as an advanced technology used in the supply chain and logistics sectors, as in many other fields. This article provides a comprehensive overview of blockchain technology in the context of supply chain and logistics. It examines the use of blockchain technology in supply chain and logistics operations. First, the definition and historical development of blockchain are addressed, emphasizing its significance in modern businesses. The article highlights various applications of blockchain technology in the sector and its contributions to supply chain and logistics operations.

**Keywords:** Supply Chain, Logistics, Blockchain Technology

### Giriş

Dünya Ekonomi Forumu tarafından 2011 yılında ilk kez ortaya atılan Endüstri 4.0 (Pfeiffer, 2017) ile çeşitli yeni üretim modelleri ortaya çıkmış, büyük veri, bulut, nesnelerin interneti (IoT), siber fiziksel sistem (CPS) ve blok zinciri teknolojilerinin gelişimiyle akıllı üretim kavramını hayatımıza yerleştirmiştir (Wu & Zhang,

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar [s.kaya@kuzka.gov.tr](mailto:s.kaya@kuzka.gov.tr)



2022). Donanım ve yazılım seviyelerinde yaşanan bu hızlı değişim birbirini tamamlayıcı bir nitelik taşımaktadır.

Tüm bu değişim sürecinden tedarik zinciri yönetimi de kendine düşen payı almaktadır. Günümüzde tedarik zincirleri, tüketicilere hizmet etmek için rekabet eden çok kademeli, coğrafi olarak dağıtık varlıklardan oluşan doğası gereği karmaşık sistemler bütünü haline gelmiştir. Nitekim cep telefonu uygulamaları aracılığıyla bugün yarım saat içerisinde kapımıza neredeyse istediğimiz her şey ulaşabilmektedir. Ancak, değişen tüketici davranışları, çevresel kaygılar, yasal düzenlemeler, ticari hileler, dolandırıcılık, ürün deformasyonları gibi birçok faktör tedarik zinciri ağlarındaki bilgileri değerlendirmeyi ve riskleri yönetmeyi neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Bu olaylar tüketici nezdinde daha fazla güven eksikliğine yol açmakta ve haklı olarak şeffaflık konusunda daha talepkâr olmalarına neden olmaktadır (Saberî vd., 2018).

Bu aşamada devreye giren blok zinciri, üretim, tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinin bütünsel kontrolüyle şeffaflığını artırabilir. Dolayısıyla hem geleneksel yöntemlere göre daha fazla rekabet avantajı yaratabilir hem de sürdürülebilirliğe katkı sağlayabilir (Berneis vd., 2021). Uygulama alanlarına baktığımızda ise blok zinciri, gıda sektöründen (Westerlund vd., 2021) bankacılığa, noter işlemlerinden muhasebeye (Zheng, 2021) kadar neredeyse her konuda geniş bir bütüncül perspektif sunmaktadır. Hatta blok zinciri, sadece üreticiden tüketiciye değil tüketilen tehlikeli maddelerin ters tedarik zinciriyle bertaraf edilmesi konusunda da çözüm imkanları sunmaktadır (Hrouga vd., 2021).

Blok zinciri endüstri verimliliğini, sürdürülebilirliği, şeffaflığı ve güveni artırmaktadır. Blok zinciri teknolojisi, liberal ekonomide sözleşme özgürlüğünü teşvik eden neo-klasik ekonominin etkin piyasa mekanizmasını engelleyen “işlem maliyeti” sorununu ele almaktadır. İşlem maliyetleri tüm ekonomik yürütme maliyetlerini içermektedir. Birçok insan üretmeden tüketmektedir. Ürün tüketiciye ulaşmadan önce hukukçulardan, finans kurumlarından, muhasebecilerden, devlet memurlarından, el işçilerinden, ofis çalışanlarından, politikacılar, toptan ve perakende satıcılardan izin alınmak zorundadır. Her işlem resmîleştirilmekte ve bunun da parasal bir bedeli olmaktadır. Dolayısıyla, karmaşık sistemlerin koordine edilmesi ve işletilmesi için daha fazla insan gerekmektedir. Bu maliyetler 1970 yılında ABD GSYİH'sinin %45'ini oluşturduğu belirtilmektedir (North, 1992). Blok zinciri, merkeziyetsiz yapısı ve akıllı kontrat oluşturma özelliğiyle bu duruma daha verimli ve güvenilir bir çözüm olma iddiası içerisindedir.

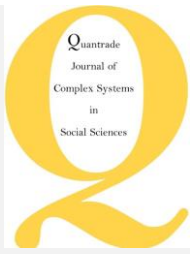
Blok zincirin popülerliği, günümüzde sınıflandırması (menkul kıymet, emtia, dijital para vb.) üzerinde hala mutabakata varılmayan bir varlık olan Bitcoin ile oldukça artmıştır. Ancak, Bitcoin esasen teknoloji olarak blok zinciri kullanan bir finansal yeniliktir. Dolayısıyla blok zinciri teknolojisini sadece kripto paralara indirgemek kısır bir yaklaşımdır.

Bu çalışma ile blok zinciri teknolojisini tanıyarak tedarik zinciri yönetimi alanına getirdiği yenilikleri, avantajları ve dezavantajlarının tartışılması amaçlanmaktadır.

## 1. Kavramsal Çerçeve

### 1.1. Blok zinciri Tanımı

Blok zinciri tanımını iyi anlayabilmek için önce teknolojinin dayandığı pratik amacı, kriptografiyi tanımlamak yerinde olacaktır. Kriptografi, bir bilginin istenmeyen kişilerce okunamayacak hâle dönüştürülmesinde yani, şifrelenmesinde kullanılan matematiksel tekniklerdir (Kaya, 2021). Blok zinciri temelde bir veya birden fazla taraf arasında yapılan işlemlerin (para transferi, mal kabulü, satış, sözleşme vb.) muhasebede olduğu gibi yevmiye defterine (ledger) kaydedilmesi işlemidir. Muhasebeden farkı ise bu defterin sayısız bilgisayarda (node) dijital bir şekilde tutulması ve merkezi bir otorite olmadan sistemdeki çoğunluğun mutabakatı ile her bir kaydın doğrulanmasıdır. Burada blok kelimesi, yapılan her bir işlem kümesine, her bloğun tamamlanmasıyla blokların bir araya gelerek oluşturduğu bilgi kümesine de zincir denilmektedir. Oluşturulan her blok bir önceki ve bir sonraki blok ile kriptografik olarak bağlantılıdır. Bloklar arasında bir bilginin değiştirilmesi için bütün zincirin değişmesi gerekmektedir. Bu nedenle bilgi bir kez girildikten sonra



asla silinemez. Ayrıca, bloklar oluşturulurken yapılan her işlem halka açık olduğu için kesin ve doğrulanabilir bir kayıttır (Crosby vd., 2016).

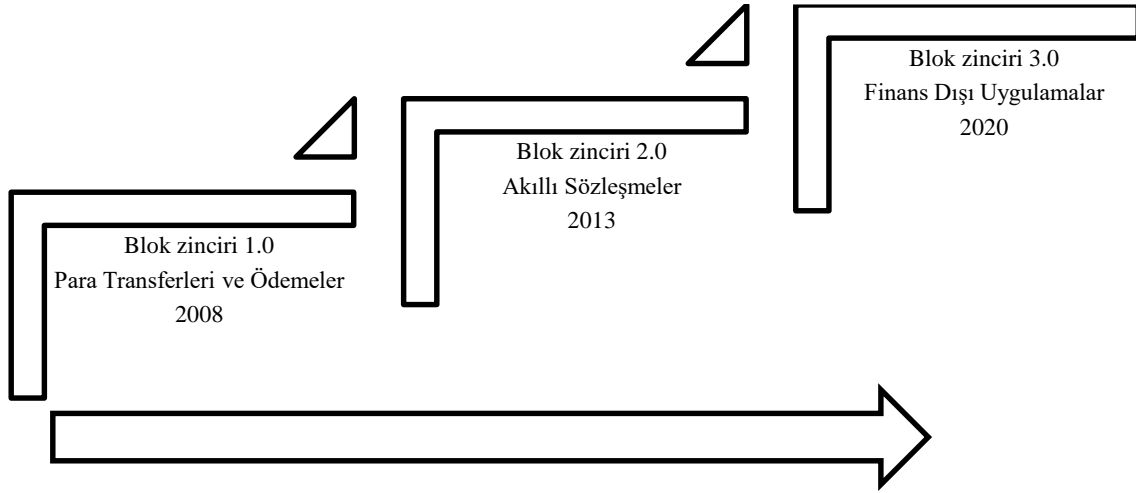
Blok zinciri teknolojisinin özellikleri işlem sürecindeki sorunları ele almaktadır. Eski güvenlik sistemleri ne kadar merkezi olursa olsun, birinde yaşanacak herhangi bir aksaklık muhtemelen diğer tüm faaliyetleri etkileyecektir. Her şeyi kapsayan tasarımları nedeniyle, merkezi sistemler tek bir düğümdeki arızaya karşı savunmasızdır. Bu sorunlar blok zinciri teknolojisinin merkezi olmayan yapısı sayesinde hafifletilmiştir. Daha güvenli bir sistem için, her üye verileri kaydedebilir ve işlemleri eşit şekilde doğrulayabilir. Dağıtılmış veri depolama sayesinde müşteriler, sistem çökse bile bilgilerinin erişilebilir kalacağından emin olabilirler. Dahası, sistemin anonimleştirilmiş yapısı, gizlilik sorunları hakkında endişelenmeden veri depolamayı kolaylaştırır. Dolayısıyla, mevcut güvenlik sistemiyle ilgili sorunlar varsa, cevap blok zinciri olabilir (Shah vd., 2022). Blok zincirinin merkeziz yapısı, verilerin güvenilir biçimde depolanmasını ve güncellenmesini sağlar. Bu yapı, taraflar arasında güven gereksinimini ortadan kaldırarak, işlemlerin dağıtılmış bir şekilde doğrulanmasına olanak tanır. Özetle, blok zinciri güvenli ve şeffaf işlemler için uygun bir sistem olma özelliği taşımaktadır (Blasch. vd, 2019). Blok zinciriler, merkeziyetsiz olmalarına ek olarak, değişmez ve geri döndürülemez olmaları, şeffaflık gibi bazı özel özellikler sunar. Bir blok, blok zincirine bir kez eklendiğinde değiştirilemez veya sahtesi yapılamaz (Astarita vd., 2019). Merkeziyetsiz blok zinciriler herkese açık olup madenciler diledikleri zamanda sisteme giriş çıkış yapabilirler. Bunun yanında merkezi olmayan ve genellikle belirli bir giriş şartı gerektiren veya tamamen örgüte veya işe özel blok zinciriler mevcuttur (Zheng vd., 2017).

## 1.2. Blok zincirin Tarihsel Gelişimi

Daha önce bahsedildiği gibi, blok zincirin ortaya çıkış fikri temelde veri güvenilirliği ve gizliliği olup kriptografinin tarihine kadar gitmektedir. Şimdi olduğu gibi geçmiş çağlarda da bilginin korunması önemli bir güvenlik sorunuydu. Bu nedenle, insanoğlu asırlarca kendine özel bir bilginin nasıl saklanacağı ve istediği kişilere nasıl aktarılacağı üzerine çaba sarf etmiştir. Antik Mısır döneminde kullanılan hiyeroglifler bu çabanın bilinen ilk örneklerindedir. Benzer örneklerine Roma İmparatorluğu'nda, Orta Çağ'da ve 2. Dünya Savaşı'nda Nazi ordularında karşılaşılmıştır (Çeşmeci, 2009). Dolayısıyla, kriptografi neredeyse tüm insanlık tarihi boyunca farklı biçimlerde bizimle olmuştur.

Blok zinciri teknolojisi ise her ne kadar Bitcoin ile yaygınlaşsa da kavramsal çerçevesi 1970'lerde oluşturulmuştur (Sherman, 2019). Blok zinciri, ikisi de kriptograf olan Haber & Stornetta (1991) tarafından ilk kez 1991 yılında dijital belgelerin orijinalliklerini doğrulamak amacıyla hash fonksiyonu kullanılarak belgelere zaman damgası eklenmek suretiyle kullanılmıştır. Böylece fikri mülkiyet hakları gibi sorunları çözmek amacıyla bir belgenin ne zaman oluşturulduğunu veya en son değiştirildiğini onaylama yeteneği dijital olarak geliştirilmiştir. İlkinin 1994 yılında kurdukları Surety isimli şirket günümüzde hala kriptografik zaman damgası hizmeti vermektedir (Surety, 2024). 2008 yılına gelindiğinde ise Nakamoto (2008) isminde henüz kimliği keşfedilememiş kişi ve kişiler tarafından yayınlanan tanıtım metninde (white paper) uçtan uca elektronik para transferi sağlayan Bitcoin tanıtılmıştır. Nitekim Nakamoto yayınladığı dökümanı oluştururken kullandığı sekiz referanstan üç tanesi Haber ve Stornetta tarafından yazılmıştır.

Şekil 1'de görüleceği üzere Satoshi Nakamoto'nun öngördüğü sistem zaman içinde evrimleşerek kullanım alanını genişletmiştir. Günümüzde donanım ve yazılım teknolojilerinde yaşanan büyük gelişmeler ile birçok sektörde blok zinciri kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Blok zinciri artık gazete yazıları veya para transferi aracı olmaktan öteye geçerek çok farklı alanlarda kullanılmaktadır.



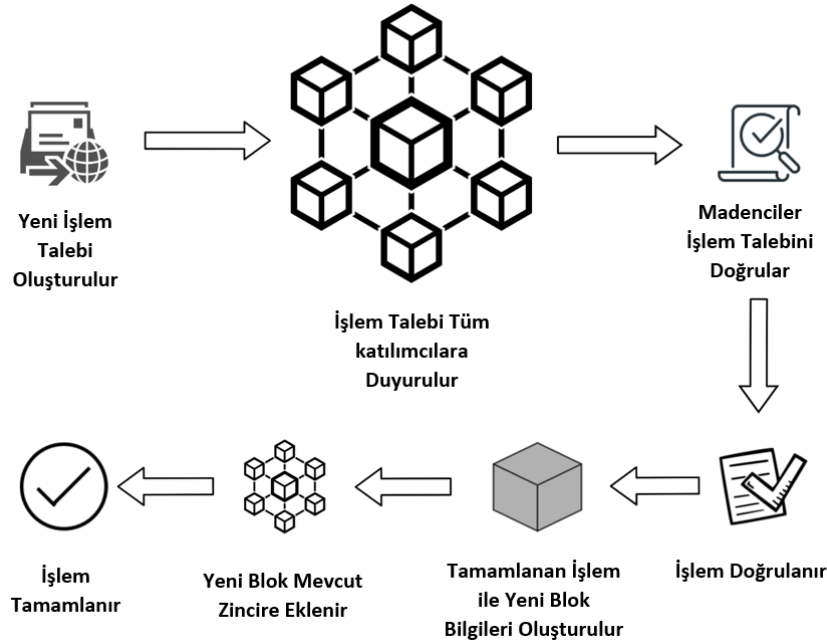
Şekil 1 Blok zinciri Gelişim Aşamaları

Kaynak: Zheng vd.,2017

### 1.3. Blok zinciri Teknolojisi

Bilim tarihi buluşlarla doludur. Bütün buluşların ortak özelliklerinden biri ise bir sorun tanımından yola çıkılmalarıdır. Blok zincirin keşfedilmesi de aslında temelinde bir sorunun çözüm çabasının sonucudur. Dağıtılmış fikir birliği (distributed consensus), birden fazla bağımsız bilgisayarın, hata yapma ihtimali olsa bile, aynı veri üzerinde nasıl anlaşabileceğini inceleyen bir konudur. Özellikle internet gibi büyük ağlarda bu sorun sıkça karşımıza çıkmaktadır. Google, Facebook ve Yahoo gibi büyük veri işleyen ve kullanan şirketler, kritik verileri korumak ve doğruluğunu sağlamak amacıyla özel algoritmalar kullanmaktadır. Verileri tek bir yerde toplamak, güvenlik ve güvenilirlik açısından riskli olduğu için, bu dağıtılmış sistemler sıklıkla tercih edilmektedir (Casey vd., 2018). Bu problemleri insan zihninde canlandırmak için verilen en ünlü örnek şudur; bir ordu, generalleriyle birlikte düşman şehri çevresinde şehri işgal amacıyla farklı lokasyonlarda kamp kurmuştur. Sadece ulaklar aracılığıyla haberleşen generaller, ortak bir savaş planı üzerinde anlaşmak zorundadır ancak içlerinden biri veya birkaçı mensubu olduğu orduya ihanet ederek kuşatmanın başarısız olmasına sebep olabilir. Sorun, sadık generallerin hareket planı hakkında ortak hareket etmelerini sağlayacak bir yöntem bulmaktır. Haberleşme sırasında ulak tarafından ulaştırılacak bilginin değişip değişmeyeceği belirsizdir. Bu noktada sadece doğruluğundan emin olunan yazılı mesajlarla sorun çözülebilir (Lampert vd., 1982). “Bizans generalleri sorunu” olarak adlandırılan bu problem blok zinciri teknolojisinin sorun tanımı olarak kabul edilmektedir.

Nakamoto (2008) uçtan uca elektronik para transferi önerisinde dağıtık defter teknolojisini kullanarak bu soruna bir çözüm getirmiştir. Blok zinciri işlem süreci Şekil 2’de gösterilmektedir.



**Şekil 2** Blok Zinciri İşlem Aşamaları

**Kaynak:** Pranto vd., 2021

Blok zinciri sistemlerinde farklı uzlaşma protokolleri kullanılmaktadır. Bitcoin, bir işlem kanıtı (proof of work) protokolü örneğidir. Güçlü bilgisayarların daha avantajlı olduğu bu protokol, gerçekleştireceği işlemler için yüksek enerji harcamaktadır. Bir diğer alternatif protokol türü ise değer ispatı (proof of stake)'dır. Bu protokol işlem kanıtına kıyasen daha az enerji tüketimi sağlamaktadır çünkü katılımcılar burada bilgisayar gücüne değil sahip oldukları yerel para birimine göre işlem yapabilmektedirler. En çok kullanılan bu iki uzlaşma protokolüne ek olarak Pratik Bizans Hata Toleransı (PBFT), Temsil Edilen Hisse Kanıtı (DPOS), Geçen Süre Kanıtı (Process of Elapsed Time, PoET) ve Ripple gibi farklı konsensüsler bulunmaktadır. Her geçen gün aynı soruna farklı çözümler üreten yeni blok zinciri protokolleri ortaya çıkmaktadır (Tanrıverdi vd., 2019).

#### 1.4. Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetiminde Blok Zinciri Kullanımı

Küresel ekonomi, geleneksel olarak merkezi araçlar (devletler, uluslararası anlaşmalar ve kuruluşlar, tahkim mahkemeleri gibi) tarafından çözülen asırlık bir güvensizlik sorununa sahiptir. Blok zinciri teknolojisi, finansın ötesinde uygulanabilecek yeni araçlar sunarak, toplulukların birlikte çalışmasına, ticarete katılmasına ve sorunların giderilmesine yönelik merkezi olmayan bir platform yaratmaktadır.

Blok zinciri teknolojisine olan ilgi, son yıllarda finans sektörünün ötesinde birçok kullanım durumunu kapsayacak şekilde gelişmektedir. Blok zinciri teknolojileri konusundaki araştırmalar, kripto para sektörü haricinde yoğunlukla tedarik zinciri yönetimi, lojistik ve ticaret finansmanı alanlarına odaklanmaktadır. Blok zinciri, akıllı cihazlardan elde edilen verilerle tüm tedarik zinciri sürecini takip etmekte, akıllı sözleşmeler ile de sözleşme yükümlülüklerini insan inisiyatifi dışında yerine getirmeyi mümkün kılarak güveni artırmaktadır. Bu teknoloji, güven boşluğunu kapatmakla beraber süreç verimliliğini, kaynakların etkin kullanımını ve izlenebilirliği geliştirmektedir (Casey vd, 2018). Bu açıdan bakıldığında süreç şeffaflığı, karşılıklı güven ve blok zinciri teknolojisi, gelecekte tedarik zinciri yönetiminin olmazsa olmaz unsurlarından biri haline gelecektir. Blok zinciri teknolojik gelişmelere kuşkuyla yaklaşan taraflar için her ne kadar bir klişe gibi görünse de vadettiği çözümler göz ardı edilmemelidir (Anzalone, 2020).



Öte yandan, blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri uygulamalarında kullanılabilmesi tek başına mümkün değildir. Bu amaçla halihazırda var olan radyo frekansı tanımlama (RFID), elektronik veri değişimi (EDI), barkotlama, nesnelerin interneti (IoT) gibi bilgi teknolojileri blok zinciri ile beraber kullanılarak tedarikçi entegrasyonunun daha etkin, verimli ve güvenilir işletilmesi sağlanabilir (Yıldız & Sayın, 2020). Nitekim Aslam vd. (2022) önerdikleri model ile Elektronik Kaynak Planlaması (ERP) sistemlerinin blok zincirine entegre edilerek daha verimli operasyonel sonuçlar elde edilebileceğini, modellemesi oluşturulan Geçen Süre Kanıtı (PoET) uzlaşma tabanlı BlockERP ile hali hazırda bulunan uzlaşma sistemlerinden 3 kat daha hızlı işlemler yapılabileceğini belirtmektedir.

Küresel tedarik zincirlerinde ürün menşei ve varış yeri takibi şeffaflığı ve tüketici güvenini artırır. Tedarik zinciri boyunca hesap verebilirlik şeffaflık ve izlenebilirlik gerektirir, ancak geleneksel tedarik zinciri yönetiminin çeşitli ve bağlantısız bilgi sistemleri kayıt tutmayı anlamsız ve tutarsız hale getirir. Bu da doğru ve sürekli ürün takibini zorlaştırmaktadır. Ancak blok zinciri tüm tedarik zinciri işlemlerini kaydeder ve yapılandırır. Bu nedenle blok zinciri, ürünün oluşturulmasından varış noktasına kadar her ayrıntıyı kaydedebilir. Bu merkezi olmayan sistemdeki herhangi bir kayıt herkes tarafından görülebilir ve değiştirilemez. Bu sayede tedarik zinciri güvenliği ve izlenebilirliği artar. Bu şekilde, blok zinciri teknolojisi, tedarik zincirlerinde ürünlerin güvenli bir şekilde izlenmesini sağlayarak, sahtekârlık, hatalı bilgi aktarımı veya yapılan işlemler üzerinde tahribat gibi riskleri ortadan kaldırmaktadır. Bu sayede, işletmeler tedarik zinciri süreçlerini daha şeffaf hale getirerek müşteri güvenini pekiştirebilmektedir (Oriekhoe vd., 2024). Her tedarik zinciri işlemi, merkezi olmayan blok zinciri ağı tarafından zaman damgalıdır. Dağıtılmış bir defter anında güncellenir ve kapalı bir sistemdeki tüm katılımcılar bu işlemlere erişebilir. Sahteciliği önlemek için bu sistemdeki her işlem birden fazla bilgisayar tarafından doğrulanır. Böylece yalnızca yasal işlemler kaydedilerek sahteciliğin önüne geçilir. Birbirine bağlı işlemler kesintisiz bir zincir oluşturur. Veri bütünlüğü ve tedarik zinciri güvenliği ve şeffaflığı sağlanarak sistem tüm katılımcılar için daha güvenilir hale getirilir (Tiwari vd., 2023).

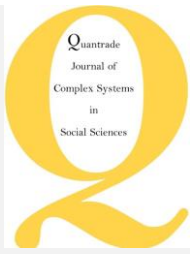
Blok zinciri, yöneticisi veya aracısı olmayan eşler arası bir ağ olduğundan, sınır ötesi işlemleri daha güvenli, daha hızlı ve daha ucuz hale getirebilir. Kullanıcılar blok zinciri verilerinin değişmezliğini garanti edebilir. Bu özellikler blok zincirini tedarik zinciri, lojistik ve finans kurumları için iyi bir teknik altyapı haline getirmektedir (Raja Santhi & Muthuswamy, 2022).

Meidute-Kavaliauskiene vd. (2021) yaptıkları araştırma sonucunda, blok zinciri teknolojisi kullanımının tedarik zincirlerinde şeffaflık, esneklik ve güveni önemli ölçüde etkilediğini tespit etmişlerdir. Yazarlar, firmaların daha şeffaf tedarik zinciri süreçleri sağlayarak müşteri memnuniyetini ve dolayısıyla müşteri sadakatini artırabileceğini vurgulamaktadır.

Uygulamalarına bakıldığında ise özellikle IBM tarafından sunulan kapalı sistem blok zinciri çözümleri farklı sektörlerde pilot olarak kullanılmaya başlanmıştır. IBM, kapalı sistemler için açık kaynak kodlu çözümler üreten bir dağıtık defter teknolojisi olan Hyperledger Fabric ile paket çözümler üretmektedir (What is Hyperledger Fabric?, 2024).

İmalat sektörü, hammadde, işgücü, finansman ve tüketici pazarlarında rekabeti sağlamak için genellikle dünya çapına yayılan dinamik bir sektördür. Uzun uluslararası arz ve talep zincirleriyle öne çık bu sektör tedarik zincirinde yaşanabilecek en küçük sorunda tüm dünyayı zora sokabilecek potansiyele sahiptir. Bu noktada, ulusal, uluslararası ve kurumsal sınırlar arasında güvenilir veri alışverişi ve iş akışı otomasyonu sağlayan blok zinciri teknolojisi imalat sektörü için pratik çözümler sağlamaktadır (IBM Blockchain, 2024).

Günümüzde lojistikte nakliye operasyonlarının anında ve şeffaf bir şekilde takip edilmesi gerekmektedir. Bu eylemlere ek olarak önceki operasyon verilerinin tutulması ve analiz edilmesi de çok önemlidir. Günümüzde şirketler çoğu operasyonel veriyi dâhili olarak tutmaktadır. Bu bilgiler genellikle iş birimlerine dağılmış durumdadır ve bu da sistem mutabakatını zaman alıcı ve hataya açık hale getirmektedir. Çevrimiçi stok işlemleri saniyeler içinde tamamlanabilirken, fiziksel transferler birçok paydaşı kapsamaktadır. Bu da doğal olarak operasyonel ve güven sorunlarına yol açmaktadır. Dolayısıyla, blok zinciri lojistik sorunlarını hafifletebilir ve tedarik zinciri verimliliğini artırabilir (Dobrovnik vd., 2018). Nitekim, lojistik sektörü, bir operasyonun her adımının sorunsuz bir şekilde yürütülmesini sağlamak için bilgi akışlarına bağlıdır. Blok zinciri teknolojisinin kullanımı daha güvenli bir işlem takibin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bunun



nedeni, blok zincirinde şifrelenen ve depolanan verilerin yetkisiz taraflarca ele geçirilememesidir. Bu, firmalara daha güvenilir bir ağ sağlamakta ayrıca lojistik operasyonlarının verimliliğini de arttırmaktadır (Nguyen vd., 2023).

Küresel tedarik zincirleri karmaşıktır ve geleneksel sözleşme ve ödeme sistemleri genellikle gecikmelere, anlaşmazlıklara ve hatalara neden olmaktadır. Bu zincirlerde çok sayıda taraf ve çok sayıda yinelenen işlem bulunmaktadır. Blok zinciri teknolojisinin sunduğu akıllı sözleşmeler, otomatik, verimli ve güvenli tedarik zinciri yönetimi sağlamaktadır (Oriekhoe vd., 2024). Akıllı sözleşmeler, belirlenen koşullar altında işlemleri otomatik olarak gerçekleştirir. Bir ürün belirlenen kalite standartlarını karşılıyorsa sözleşme otomatik olarak ödeme yapabilir. Bu, işlem maliyetlerinden tasarruf sağlar, işlemleri kolaylaştırır, insan hatasını azaltır ve alıcı-satıcı şeffaflığını sağlar (Alqarni vd., 2023). Aracılar ve hizmet sağlayıcılar geleneksel tedarik zincirlerine hâkimdir. Satış anlaşmaları ve konşimentolar gibi kapsamlı sözleşmeleri, gümrükleme ve sigortalama gibi işlemlerin mevzuata uygunluğunu sağlamak için günümüz tedarik zinciri araçları kullanmaktadır. Zaman alan ve hataya açık olan bu stratejiler anlaşmazlıkları teşvik etmektedir. Ancak blok zinciri akıllı sözleşmeleri dijital süreçleri otomatikleştirmekte ve belirli kriterler karşılandığında bunları blok zincirine kaydetmektedir. Bu sözleşmelerin en büyük faydalarından biri aracılığı ortadan kaldırmasıdır. Bu teknoloji, araçların yerini alarak işlemleri hızlandırmakta ve iyileştirmektedir. Bu sayede tedarik zinciri işlemleri daha verimli hale gelmekte, zaman ve para tasarrufu sağlanmaktadır (Oriekhoe vd., 2024). IoT cihazları ve diğer harici veri kaynakları, tedarik zinciri boyunca ürün fiziksel niteliklerini uygulamak ve izlemek için akıllı sözleşmelerde de kullanılabilir. Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, düzeltici eylemde bulunmak veya ilgili tarafları bilgilendirmek için bir aşu soğuk zincirindeki IoT sensör sıcaklık ölçümlerini anında değerlendirebilir (Vazquez Melendez vd., 2024).

Blok zinciri tabanlı tedarik zinciri işbirliği verimliliği artırabilir, işlem maliyetlerini düşürebilir ve istikrar ve güvenilirliği geliştirebilir. Blok zinciri teknolojisi, küçük işletmelerin tedarik zinciri yönetimini, verimliliğini, veri şeffaflığını ve izlenebilirliğini iyileştirmek için çok taraflı işbirliğinde kullanılabilir. Blok zincirleri tedarik zinciri izlenebilirliğinin, merkezi olmayan veri yönetiminin ve döngüsel ekonomi teşviklerinin sağlanmasına yardımcı olur (Xia vd., 2023).

Modern lojistik bilgi paylaşımında blok zincirinin organizasyon, teknoloji ve güvenlik sorunları bulunmaktadır. Blok zinciri lojistik uygulaması tutarlı bir rehberlik çerçevesinden yoksundur. Lojistikte blok zincirine genel bir bakış ve blok zincirini modern lojistik bilgi paylaşımına bağlamak için bir çerçeveye acilen ihtiyaç vardır. Böyle bir katkı, lojistik blok zinciri araştırmasını geliştirecek ve pratik dağıtımı için teorik bir temel sağlayacaktır (Xu ve He, 2024).

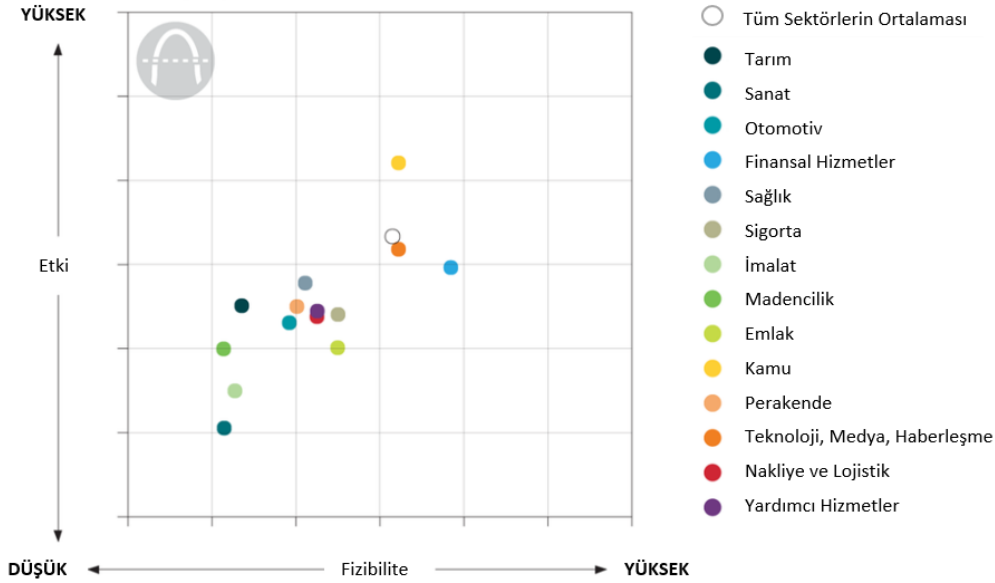
Daha özel uygulamalar, blok zinciri teknolojisinin özellikle limanlarda büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Blok zinciri liman kargolarının izlenebilirliğini artırabilir, hırsızlık ve dolandırıcılığı önleyebilir ve gerçek zamanlı takibi mümkün kılabilir. Ayrıca ödeme koşulları, ticari belgeler ve konşimentolar gibi hassas verilerin alışverişi için güvenli bir ağ sunar (Kasaei & Albatvi, 2023). Ödeme yönetimi, kesintisiz ve şeffaf denizcilik tedarik zinciri faaliyetleri için çok önemlidir. Bu alan, blok zinciri teknolojisinin gerçek ödeme süreci iyileştirmelerinden faydalanmaktadır. Bu gelişmeler ödeme sistemlerini ilerleterek denizcilik tedarik zincirinin şeffaflığını, güvenliğini ve verimliliğini artırmaktadır (Farah vd., 2024).

### 1.5. Blok Zinciri Teknolojisine Yönelik Eleştirel Yaklaşımlar ve Engeller

Bir önceki bölümde sayılan avantajların ve destekleyici çalışmaların yanı sıra blok zinciri teknolojisine şüpheyile yaklaşan görüşlerin sayısı da oldukça fazladır. İşletmeler bazen özelliklerine bakmaksızın teknolojileri kendi operasyonlarına uyarlama çabası içine girmektedir (De Santcis & Poole, 1994 ; Sun vd, 2016). Bunun temel nedenlerinden biri, araştırmalarda da çokça dikkat çeken bir olgu olan “çoğunlukla hareket etme davranışı”dır. Bu davranış, teknolojinin uygun olup olmadığını objektif olarak değerlendirmek yerine, “başkaları uyguluyor” ve “bunu biz de yakalamalıyız” gibi rasyonel olmayan gerekçelere dayanmaktadır (Verhoeven vd., 2018).

Öte yandan blok zincirin kullanımı için yukarıda bahsedilen IoT, RFID vb. teknolojilerin kullanımı güvenlik ve şeffaflık gibi temel özelliklerini olumsuz etkileme potansiyeline sahiptir. Çünkü blok zinciri

kayıtları değiştirilemez olsa da, fiziksel akışlar veya sensör veya RFID teknolojileri hala tahrip edilebilir durumdadır. Örneğin, tahıl veya süt gibi ürünlerin tedarik zinciri her ne kadar şeffaflaşmayı ve güvenilirliği arttırsa da her sistem mutlak anlamda hala insan faktörü barındırmaktadır. Tarlaya ekilen buğday tohumunun niteliği, depoya koyulan sütün gıda değerleri üzerinde kötü niyetli değişimi engelleyen bir araç henüz kullanılmamaktadır.



Şekil 3 Sektör Odaklı Blok Zinciri Fırsatları

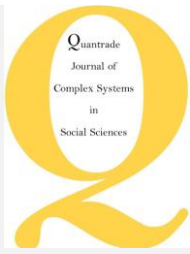
**Kaynak:** Carson vd., 2018

Sekil 3'te bulunan grafik, Carson vd. (2018) tarafından McKinsey&Company adına yapılan çalışmada blok zincirin genel stratejik değerini ve nasıl uygulanacağını sektör bazında daha iyi anlamak için yapılan fizibilite ve stres testinin sonuçlarını göstermektedir. Buna göre, özellikle kripto paralar ile ortaya çıkan heyecana rağmen, blok zinciri hala olgunlaşmamış bir teknoloji ve gelişmemiş bir pazar olup henüz ortaya çıkan net bir başarı reçetesi bulunmamaktadır. Bu açıdan bakıldığında blok zincirinin kısa vadeli değeri, dönüştürücü iş modelleri oluşturmadan önce ağırlıklı olarak maliyeti düşürmeye yarayacaktır. Blok zinciri, yeni işletim modellerinin temeli olmak için büyük bir potansiyele sahip olabilir, ancak ilk büyük etkisi operasyonel verimliliği artırmak olması beklenmektedir. Bu teknolojiyle işlemlerde araçların etkisi ortadan kaldırılarak büyük maliyetler gerektiren işlemler çok daha düşük ücretlerle yapılabilecektir. Ayrıca, blok zincirin maliyet etkinliği, yani fizibil olma durumu hala üç ila beş yıl süre gerektirdiği hesaplanmaktadır. Buna rağmen nakliye ve lojistik sektörü finansal araçlarla beraber bu teknolojinin uygulanabileceği en mantıklı sektörlerden biridir.

Andrew (2024)'e göre, sunduğu avantajlara ve çözüm önerilerine rağmen blok zincirin yüksek ilk yatırım maliyetleri, ölçeklenebilirlik sorunları ve sektör çapında standartlara ihtiyaç duyulması gibi zorlukların bu teknolojinin yaygınlaşması ve benimsenmesinin önündeki temel engeller olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca blok zinciri süreçlerine uygulamayı düşünen kuruluşlara, büyük ölçekli uygulamalara geçmeden önce bu teknolojinin olası etkilerini değerlendirmek için pilot projeler ile aşamalı uygulamalar yürütmeleri ve etkili teknoloji yönetimi için hizmet içi eğitimlere yatırım yapmaları önerilmiştir.

Nitekim Saberi vd. (2018) blok zincir teknolojisinin şeffaflık, izlenebilirlik ve güvenliği sağlayarak tedarik zinciri sürdürülebilirliğini artırma konusunda umut vadettiğini, ancak çeşitli bu teknolojinin benimsenmesi konusunda engellerinin üstesinden gelinmesi gerektiğini belirtmiş ve bunları kurumlar arası (müşterilerin farkındalığı, aktörler arasında işbirliği-iletişim-koordinasyon eksikliği, kültür farklılıkları ve bilgilerin ifşası





riski vb.), kurum içi (parasal kısıtlar, yönetim kademesinin desteği, teknik uzmanlık yetenekleri, örgüt kültürüne adaptasyon, erinme duygusu, teknolojinin adaptasyonunda gerekli araçların eksikliği gibi), teknik (teknolojiye erişim, teknolojinin henüz yeterince gelişmemiş olması, olumsuz kamu algısı vb.) ve dış engeller (yasal düzenlemelerin eksikliği, rekabet ve belirsizlikler, dış paydaş ilgisinin düşük olması, etik ve güvene karşı sektörlerdeki ilgisizlik, ödül ve teşviklerin yetersizliği gibi) olmak üzere dört kategoride sınıflandırmıştır.

Bir başka çalışmada ise Kouhizadeh vd. (2021) blok zincirinin tedarik zinciri yönetimi ve sürdürülebilirlik alanında devrim yaratma potansiyeli ile küresel çapta ilgi gördüğünü, gıda, sağlık ve lojistik gibi az sayıdaki mevcut kullanım örneklerinin bu teknolojinin henüz tam olarak keşfedilmemiş bir potansiyel olduğunu vurgulamıştır. Bu teknolojinin tedarik zincirinde verimliliği, şeffaflığı ve izlenebilirliği artırarak dünya çapında milyarlarca dolarlık finansal tasarruf sağlayabileceğini ancak yıllardır büyük bir beklenti yaratmasına rağmen yaygın kabul görmediğini belirtmiştir. Literatür ve uzman görüşlerinden yararlanılarak, blok zincirin sürdürülebilir tedarik zincirlerinde kullanılmasını zorlaştıran engelleri teknoloji, organizasyon ve çevre perspektifinden analiz etmişlerdir. Akademisyenler ve sektör uzmanlarıyla yapılan karşıt güçler teorisine dayalı analiz sonucunda, en kritik engellerin tedarik zinciri (tedarik zincirlerindeki iş birliği, iletişim ve koordinasyon, tedarik zinciri ortakları arasında bilgi açıklama politikasıyla ilgili zorluklar ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ile blok zinciri teknolojisini entegre etme zorlukları) ve teknoloji (güvenlik kaygıları, teknolojiye karşı olumsuz algı ve teknolojinin olgunlaşmamışlığı) ile ilgili olduğu ortaya konmuştur.

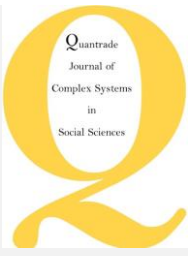
Bunların dışında blok zincirin enerji tüketimini ve dolayısıyla karbon ayak izini yükseltmesi (Bauk, 2023; Ghosh & Das, 2020), ölçeklenebilirliği (Alshahrani vd., 2023); yani blok zincir ağının yapılan işlemlerle büyüklüğü arttıkça, işlem süresi dolayısıyla verimliliğinin düşeceği kaygıları bulunmaktadır.

## 2. Sonuç ve Tartışma

Blok zincirin hemen her sektörde dönüşüm yaratma kapasitesi şüphesiz yüksektir. Bitcoin ile büyük kitlelerin dikkatini çeken ve dünyada hızla tanınan bu teknolojinin ilerleyen yıllarda çok daha geniş kullanım alanları edinmesi yüksek bir olasılıktır. Yazılım teknolojisinin uygun donanım araçlarıyla desteklenmesiyle geleneksel sistemler günümüzde bu dönüşümden payını almaya başlamıştır. Carson vd., (2018)' e göre blok zincirin tüm sektörlerde sağlayacağı etki düzeyi ortalamanın üzerinde, uygulanabilirliği ise orta düzeydedir. Söz konusu çalışma nakliye ve lojistik sektörünü görece ortalamanın altında konumlandırırken tedarik zincirinin bütünü için bir öngörde bulunmamaktadır. Ancak tedarik zinciri tüm sektörleri ilgilendiren bir konu olması sebebiyle bu etkinin tüm sektörlerin ortalamasına yakın bir düzeyde konumlandırılacağı düşünülmektedir. Nitekim Raja Santhi & Muthuswamy (2022)'de daha güncel bir çalışmada bu teknolojinin tedarik zinciri, lojistik ve finansal kuruluşlar gibi çok organizasyonlu işletmeler için son derece uygun altyapı çözümleri sunduğunu belirtmiştir.

Yapılan literatür incelemesinde blok zincirin tedarik zinciri ve lojistikte güven düzeyini artırmaya, süreç verimliliğini, kaynakların etkin kullanımını ve izlenebilirliği geliştirmeye katkı sağlayabileceği vurgulanmıştır (Casey vd, 2018; Yıldız & Sayın, 2020; Meidute-Kavaliauskiene vd., 2021; Xia vd., 2023; Kasaei ve Albatvi, 2023; Saberi vd., 2018; Kouhizadeh vd., 2021). Bu sayede tedarik zincirinin en önemli unsurlarından biri olan şeffaflığı sağlama hususunda önemli ve etkili çözümler sunmaktadır (Oriekhoe vd., 2024). Bununla beraber, adem-i merkezîyetçi yapısı ve sahip olduğu değiştirilemez algoritması sayesinde güven sorununu ortadan kaldırmaktadır (Tiwari vd., 2023).

Blok zincir teknolojisinin avantajlarına rağmen, bu alanda şüpheli yaklaşan birçok karşıt görüş bulunmaktadır. Bu görüşler, organizasyonlarda yeterli sorun tespiti ve ihtiyaç planlaması yapılmadan, sadece aciliyet hissiyle bu tür teknolojilerin uygulanmaması gerektiğini savunmaktadır (De Santcis & Poole, 1994; Sun vd., 2016; Verhoeven vd., 2018). Ayrıca, blok zincirin hala insan faktörüne bağımlı olması nedeniyle güvenilirliliğinin sorgulanabileceği, henüz olgunlaşmamış bir teknoloji olduğu ve başarılı uygulamalar için net bir planın mevcut olmadığını öne sürülmektedir (Carson vd., 2018). Yüksek ilk yatırım maliyetleri ve sektör genelinde standartların eksikliği de teknolojinin tam anlamıyla benimsenmesini engelleyen faktörler arasında yer almaktadır (Andrew, 2024). Bunlara ek olarak, blok zincirin yüksek enerji tüketimi nedeniyle karbon ayak



izini artırdığı ve ölçeklenebilirlik sorunları taşıdığı da belirtilmiştir (Bauk, 2023; Ghosh & Das, 2019; Alshahrani vd., 2023).

Blok zincirin tüm avantaj ve dezavantajlarıyla beraber uygulamada karşılaşılan engeller bir arada değerlendirildiğinde güven, şeffaflık, izlenebilirlik, süreç verimliliği ve işlem maliyetlerinin düşürülmesi başta olmak üzere yüzyıllardır süren temel bazı sorunlara toplu bir cevap niteliğinde vaatler sunmasının heyecan verici olduğu düşünülmektedir. Bu noktada, blok zinciri teknolojisinin benimsenmesi ve uygulaması konusunda daha fazla çaba sarf etmek gerektiği, özellikle kamuoyu algısının düzeltilmesi amacıyla tedarik zinciri uygulamalarının tüketicilere getireceği yenilikler vurgulanarak kripto para sektöründen ayrıştırılması ve güven duygusunun aşılması gerektiği değerlendirilmektedir.

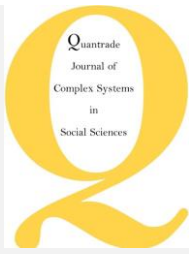
Her ne kadar Carson vd. (2018) tarafından yürütülen çalışmada lojistik sektörünün blok zincir adaptasyonundan finans gibi diğer birkaç sektöre görece az fayda sağlanacağı belirtilse de söz konusu çalışmanın 2018 yılında yapıldığı göz önüne alındığında günümüzde blok zincirin bahsedilen çerçevede tekrar araştırma konusu yapılabileceği ve özellikle Covid-19 pandemisinin bu sürece olumlu-olumsuz etkilerinin gözlemlenmesi gerektiği düşünülmektedir. Tedarik zinciri ve lojistikte karşılaşılan temel sorunların ve olası iyileştirme alanlarının blok zincir teknolojisiyle neredeyse birebir örtüştüğü görülmektedir. Ancak, her adımı hukuki düzenlemelerle güvence altına alınan bu sektörlerde blok zinciri gibi yıkıcı bir teknolojinin tam adaptasyonunu sağlamak amacıyla ciddi yasal düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, özel sektörde olduğu kadar kamu kesiminde de bir aciliyet hissi oluşturulmalı ve gerekli yerel ve uluslararası düzenlemeler için hızlı bir şekilde tedbirler alınmalıdır.

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmelerin hayatımızın her alanına etkisini her gün daha fazla hissetmekteyiz. Bu gelişmeler arasında blok zinciri, henüz beklenen büyük atılımı gerçekleştirmemiş olsa da, gelecekte en önemli yeniliklerden biri olmaya adaydır. Blok zincirinin benimsenmesiyle, uygulama alanlarının da hızla genişleyeceği düşünülmektedir. Aslam vd. (2022)'nin vurguladığı gibi özellikle tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinin, blok zinciri teknolojisini ERP gibi mevcut süreçlere adapte ederek bu dönüşümde öncü rol oynayacağı öngörülmektedir.

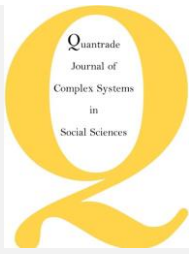
Son olarak, blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik operasyonlarındaki geleceğine ilişkin araştırmaların belirli odak alanlarına yönelmesi, hem akademik literatüre hem de pratik uygulamalara önemli katkılar sunacaktır. Özellikle, blok zinciri teknolojisinin sürdürülebilir tedarik zincirleri üzerindeki etkisinin incelenmesi, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada bu teknolojinin sağlayabileceği potansiyel faydaların daha iyi anlaşılmasını mümkün kılacağı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, karbon ayak izinin azaltılması, kaynakların etkin yönetimi ve yeşil lojistik uygulamalarındaki rolü gibi konuların ayrıntılı incelemesi ve akademik çalışmalara konu edinmesi teknolojinin uygulanabilirliğine katkı sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, Covid-19 sonrası dönemde lojistik operasyonlarda blok zinciri uygulamalarının adaptasyonu ve etkisinin değerlendirilmesi, pandeminin ortaya çıkardığı tedarik zinciri kırılmalıklarının giderilmesine yönelik yenilikçi çözümler geliştirilmesine ışık tutması açısından değerlidir. Bu bağlamda, blok zincirinin şeffaflık, güvenilirlik ve operasyonel esneklik sağlama katkılarını üzerine odaklanacak çalışmalar, hem teorik hem de uygulamalı düzeyde yol gösterici olacaktır.

## Kaynakça

- Alqarni, M. A., Alkathairi, M. S., Chaudhary, S. H., & Saleem, S. (2023). Use of blockchain-based smart contracts in logistics and supply chains. *Electronics*, 12(6), 1340.
- Alshahrani, H.; Islam, N.; Syed, D.; Sulaiman, A.; Al Reshan, M.S.; Rajab, K.; Shaikh, A.; Shuja-Uddin, J. & Soomro, A. (2023). Sustainability in Blockchain: A Systematic Literature Review on Scalability and Power Consumption Issues. *Energies* 2023, 16, 1510. <https://doi.org/10.3390/en16031510>
- Andrew, D. (2024). Blockchain technology in supply chain management. *Journal of Technology and Systems*, 6, 42–56. <https://doi.org/10.47941/jts.2148>
- Anzalone, R., (2020, Temmuz 15). Big Coffee Sellers Use Blockchain to Connect Farmers and Customers. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/robertanzalone/2020/07/15/big-coffee-sellers-use-blockchain-to-connect-farmers-and-customers/?sh=7375e4fe4f1a>
- Aslam, T., Maqbool, A., Akhtar, M., Mirza, A., Khan, M.A. et al. (2022). Blockchain based enhanced ERP transaction integrity architecture and poet consensus. *Computers, Materials & Continua*, 70(1), 1089-1109. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.019416>



- Astarita, V., Giofrè, V. P., Mirabelli, G., & Solina, V. (2019). A review of blockchain-based systems in transportation. *Information, 11(1)*, 1-24.
- Bauk, S. (2023). Blockchain Principles and Energy Consumption Concerns. 2023 27th International Conference on Information Technology (IT), 1-5. <https://doi.org/10.1109/IT57431.2023.10078571>.
- Berneis, M., Bartsch, D. & Winkler, H. (2021). Applications of Blockchain Technology in Logistics and Supply Chain Management—Insights from a Systematic Literature Review. *Logistics, 5*, 43. <https://doi.org/10.3390/logistics5030043>
- Blasch, E., Xu, R., Chen, Y., Chen, G., & Shen, D. (2019). Blockchain methods for trusted avionics systems . In 2019 IEEE National Aerospace and Electronics Conference (NAECON) (pp. 192-199). IEEE.
- Carson B., Romanelli G., Walsh P., & Zhumaev A. (2018, Haziran 19). Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value? McKinsey & Company. 24 Haziran 2024 tarihinde <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value#> adresinden erişildi.
- Casey M., Crane J., Gensler G., Johnson S. & Narula N., (2018). The Impact of Blockchain Technology on Finance: A Catalyst for Change. Geneva Reports on the World Economy 21. International Center for Monetary and Banking Studies (ICMB). Centre for Economic Policy Research Press.
- Çeşmeci, M. Ü., (2009). Elektronik Çağ Öncesi Dönem Kriptoloji Tarihi. *TÜBİTAK UEKA, Cilt 1, Sayı 1*, s. 21-31.
- Crosby M, Pattanayak P, Verma S & Kalyanaraman V. (2016) Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation; 2(6-10)*:71. Erişim adresi <http://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/AIR-2016-Blockchain.pdf>
- De Sanctis, G. & Poole, M.S. (1994). Capturing the complexity in advanced technology use: Adaptive structuration theory. *Organ. Sci. 1994, 5*, 121–147.
- Dobrovnik, M., Herold, D. M., Fürst, E., & Kummer, S. (2018). Blockchain for and in logistics: What to adopt and where to start. *Logistics, 2(3)*. <https://dx.doi.org/10.3390/logistics2030018>
- Farah, M. B., Ahmed, Y., Mahmoud, H., Shah, S. A., Al-Kadri, M. O., Taramonli, S., ... & Aneiba, A. (2024). A survey on blockchain technology in the maritime industry: challenges and future perspectives. *Future Generation Computer Systems. 2024, Vol:157*, 618-637. <https://doi.org/10.1016/j.future.2024.03.046>
- Ghosh, E. & Das, B. (2020). A Study on the Issue of Blockchain's Energy Consumption. In: Chakraborty, M., Chakrabarti, S., Balas, V. (eds) Proceedings of International Ethical Hacking Conference 2019. eHaCON 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1065. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-0361-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-15-0361-0_5)
- Haber, S., & Stornetta, W. S. (1991). How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology, 3(2)*. doi:10.1007/bf00196791
- Hrouga, M., Sbihi A. & Chavallard M. (2022). The potentials of combining Blockchain technology and Internet of Things for digital reverse supply chain: A case study, *Journal of Cleaner Production 2022, Vol:337*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130609>.
- IBM Blockchain. (2024, Temmuz 24). 24 Temmuz 2024 tarihinde <https://www.ibm.com/blockchain> adresinden erişildi.
- Kasaei, A., & Albadvi, A. (2023). Cargo chain: Cargo Management in port logistics with blockchain technology. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2990402/v1>
- Kaya, E., (29 Mayıs 2021). Kriptografi: Bilginin Anahtarı. 5 Temmuz 2024 tarihinde <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/kriptografi-bilginin-anahtari> adresinden erişildi.
- Kouhizadeh, M., Saberi, S., & Sarkis, J. (2021). Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107831>.
- Lamport, L., Shostak, R., & Pease, M. (1982). The Byzantine Generals Problem. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems, 4(3)*, 382-401. <https://doi.org/10.1145/357172.357176>
- Meidute-Kavaliauskiene, I., Yıldız, B., Çiğdem, Ş., & Çinçikaitė, R. (2021). An integrated impact of blockchain on supply chain applications. *Logistics, 5(2)*, 33.
- Nakamoto, S. (2008), "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system," Bitcoin. Erişim adresi <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Nguyen, L. T., Nguyen, D. T., Ngoc, K. N. N., & Duc, D. T. V. (2023). Blockchain adoption in logistics companies in Ho Chi Minh city, Vietnam. *Cogent Business & Management, 10(2)*, 2216436.
- North, D. C., (1992). Transaction Costs, Institutions, and Economic Performance. p. cm. - Occasional papers / International Center for Economic Growth ; no. 30
- Oriekhoe, O. I., Ashiwaju, B. I., Ihemereze, K. C., Ikwue, U., & Udeh, C. A. (2024). Blockchain technology in supply chain management: a comprehensive review. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research, 6(1)*, 150-166.
- Pfeiffer, S. (2017). The Vision of "Industrie 4.0" in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded. *NanoEthics 11(1)*. doi:<http://10.1007/s11569-016-0280-3>
- Pranto, T.H., Noman, A.A., Mahmud, A. & Haque, A.B. (2021). Blockchain and smart contract for IoT enabled smart agriculture. *PeerJ Comput. Sci. 7:e407* DOI 10.7717/peerj-cs.407
- Raja Santhi, A., & Muthuswamy, P. (2022). Influence of blockchain technology in manufacturing supply chain and logistics. *Logistics, 6(1)*, 15.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2018). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research, 1–19*. doi:10.1080/00207543.2018.1533261
- Shah, Z., Ullah, I., Li, H., Levula, A., & Khurshid, K. (2022). Blockchain Based Solutions to Mitigate Distributed Denial of Service (DDoS) Attacks in the Internet of Things (IoT): A Survey. *Sensors, 22(1094)*, 1-26
- Sherman, A. T., Javani, F., Zhang, H., & Golaszewski, E. (2019). On the Origins and Variations of Blockchain Technologies. *IEEE Security & Privacy, 17(1)*, 72–77. doi:10.1109/msec.2019.2893730



- Sun, H.; Fang, Y. & Zou, H. (2016). Choosing a Fit Technology: Understanding Mindfulness in Technology Adoption and Continuance. *J. Assoc. Inf. Syst.* 2016, 17, 377–412.
- Surety Corporate Overview. (2024, Temmuz 5). 5 Temmuz 2024 tarihinde <http://www.surety.com/about> adresinden erişildi.
- Tanrıverdi, M., Uysal, M. & Üstündağ M.T. (2019). Blok zinciri Teknolojisi Nedir ? Ne Değildir ?: Alanyazın İncelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, Cilt: 12, Sayı: 3. DOI: 10.17671/gazibtd.547122
- Tiwari, S., Sharma, P., Choi, T. M., & Lim, A. (2023). Blockchain and third-party logistics for global supply chain operations: Stakeholders' perspectives and decision roadmap. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 170, 103012.
- Vazquez Melendez, E. I., Bergey, P., & Smith, B. (2024). Blockchain technology for supply chain provenance: increasing supply chain efficiency and consumer trust. *Supply Chain Management: An International Journal*. [DOI 10.1108/SCM-08-2023-0383]
- Verhoeven, P., Sinn, F., & Herden, T. T. (2018). Examples from blockchain implementations in logistics and supply chain management: Exploring the mindful use of a new technology. *Logistics*, 2(3) doi:<http://dx.doi.org/10.3390/logistics2030020>
- Westerlund, M., Nene, S., Leminen, S., & Rajahonka, M. (2021). An exploration of blockchain-based traceability in food supply chains: On the benefits of distributed digital records from farm to fork. *Technology Innovation Management Review*, 11(6), 6-18.
- What is Hyperledger Fabric?. (2024, Temmuz 24). 24 Temmuz 2024 tarihinde <https://www.ibm.com/topics/hyperledger> adresinden erişildi.
- Wu Y. & Zhang Y., (2022). An integrated framework for blockchain-enabled supply chain trust management towards smart manufacturing. *Advanced Engineering Informatics* 51(101522). <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101522>
- Xia, J., Li, H., & He, Z. (2023). The effect of blockchain technology on supply chain collaboration: A case study of lenovo. *Systems*, 11(6), 299.
- Xu, X., & He, Y. (2024). Blockchain application in modern logistics information sharing: A review and case study analysis. *Production Planning & Control*, 35(9), 886-900.
- Yıldız, B. & Sayın, B. (2020). Tedarik Zinciri Bilgi Yönetiminin Tedarik Zinciri Performansı Üzerindeki Etkisinde Tedarikçi Entegrasyonunun Aracı Rolü. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 47, 347-374
- Zheng, R. (2021). Applications research of blockchain technology in accounting system. *Journal of Physics: Conference Series*, 1955(1) doi:<http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1955/1/012068>
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2017). An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. 2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress). doi:10.1109/bigdatacongress.2017