



**T.C.
ANKARA SOSYAL BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**BLOK ZİNCİRİ VE AKILLI KONTRATLARIN LNG
TİCARETİNDE KULLANILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Abdullah ÇETİNKAYA

Denetim ve Risk Yönetimi

Eylül 2024



**T.C.
ANKARA SOSYAL BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**BLOK ZİNCİRİ VE AKILLI KONTRATLARIN LNG
TİCARETİNDE KULLANILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Abdullah ÇETİNKAYA

Denetim ve Risk Yönetimi

Doç. Dr. Hakan KARABACAK

Dr. Furkan UYSAL

Eylül 2024

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans süresi boyunca desteğini esirgemeyen ve rehberlik eden Denetim ve Risk Yönetimi Programı Anabilim Dalı Başkanı Doç.Dr. Halis KIRAL'a, tez çalışma sürecinde değerli bilgilerini paylaşan ve fikirleriyle bana yol gösteren danışman hocalarım Doç.Dr. Hakan KARABACAK ve Dr. Furkan UYSAL'a, her zaman desteğini hissettiğim değerli eşime, varlığıyla hayatıma anlam katan biricik kızlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1: ULUSLARARASI TİCARETTE ÖDEME YÖNTEMLERİ VE AKREDİTİF	16
1.1. Uluslararası Ticarete Ödeme Yöntemleri	16
1.2. Akreditif (Letter of Credit).....	20
1.3. Dijital Dünyada Akreditifin Geleceği	24
1.4. Akreditifin Avantajları, Dezavantajları ve Riskleri.....	26
1.5. Akreditifin Hukuki Niteliği.....	28
BÖLÜM 2: BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ VE SÖZLEŞMELERDE KULLANIMI	31
2.1. Kavramsal Çerçeve.....	31
2.2. Blok Zincirinin Teknik Temeli ve İşleyişi	33
2.3. Blok Zincirinin Özellikleri	36
2.3.1. Dağıtılmış Defter (Distributed Ledgers)	36
2.3.2. Merkezi Olmayan Yapı (Decentralized)	36
2.3.3. Değişmezlik (Immutability)	37
2.3.4. Fikir Birliği (Consensus)	38
2.3.5. Gelişmiş Güvenlik (Enhanced Security)	39
2.4. Blok Zinciri Türleri ve Platformları.....	39
2.4.1. Halka Açık, Özel ve Konsorsiyum Blok Zinciri	39
2.4.2. İzne Tabi Olan ve İzne Tabi Olmayan Blok Zinciri	41
2.4.3. Blok Zinciri Platformları	41
2.5. Blok Zincirinin Avantajları, Dezavantajları ve Riskleri	43
2.6. Blok Zinciri ile Ticaretin Finansmanına İlişkin Çalışmalar	46
2.7. Akıllı Sözleşmeler.....	47
2.8. Akıllı Sözleşmelerin Özellikleri	49

2.8.1. Güvenilir	49
2.8.2. Değiştirilemez	50
2.8.3. Otomatik	50
2.8.4. Aracısız	50
2.8.5. Şeffaf	51
2.8.6. Hızlı ve Düşük Masraflı	51
2.8.7. Kesin	52
2.9. Akıllı Sözleşmelerin Hukuki Niteliği	53
2.10. Akıllı Sözleşmelerin Avantajları, Dezavantajları ve Riskleri	54
BÖLÜM 3: LNG TİCARETİ VE SÖZLEŞME YAPILARI	56
3.1. LNG'nin Özellikleri	56
3.2. Doğal Gaz ve LNG Pazarına Genel Bakış	58
3.3. LNG'nin Önemi ve Faydaları	67
3.4. LNG Tedarik Zinciri	69
3.5. LNG Ana Satış ve Satın Alma Sözleşmesi (MSPA)	72
3.5.1. LNG Ticaret Sözleşmelerinin Evrimi	72
3.5.2. LNG MSPA Yapısı	74
3.6. LNG MSPA Çeşitleri	79
BÖLÜM 4: LNG TİCARETİNDE BLOK ZİNCİRİ TABANLI AKILLI SÖZLEŞME MODELİ	82
4.1. Modelin İhtiyaç Analizi	82
4.2. Modelin İşlevişi	86
4.2.1. Akreditifin Düzenlenmesi	87
4.2.2. Belgelerin İbrazı	89
4.2.3. Belgelerin İncelenmesi	91
4.2.4. Akreditif Bedelinin Ödenmesi	95
4.3. Modelin İşlevişinin Önündeki Engeller	96
4.4. Akıllı Sözleşme Modelinde Uyuşmazlıkların Çözümü	100
4.5. BP LNG Sözleşmesinin Akıllı Sözleşme Olarak Kodlanması	102
4.5.1. Akıllı Kontrat Üzerinde Onay Bildirimi ve Operasyonel Maddelerin Kodlanması	103
4.5.2. Akıllı Kontrat Üzerinde Teminat Akreditifi İşlemlerinin Kodlanması	110
BÖLÜM 5: SONUÇ	114

KAYNAKÇA	118
EKLER	125
EK A. Onay Bildirimi ve Sözleşme Kodları	125
EK B. Teminat Akreditifi Kodları	135



ÖZET

BLOK ZİNCİRİ VE AKILLI KONTRATLARIN LNG TİCARETİNDE KULLANILMASI

Ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamak için daha hızlı ve pratik bir çözüm olan Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG) ticaretini tercih etmektedir. Uluslararası LNG ticareti, doğası gereği bazı riskler içerir. Bu riskleri azaltmak ve taraflar arasındaki işlemlerin güvenli olarak gerçekleştirilmesi için akreditif kullanılır. Ancak, akreditifin karmaşık yapısı, işlemlerin uzun sürmesi, yüksek maliyetler, fiziksel belge inceleme süreçlerinin yavaş olması ve taraflar arasındaki koordinasyon eksikliği bazı sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunların teknoloji ile aşılabileceği düşünülmektedir. Özellikle blok zinciri, akıllı sözleşmeler ve IoT teknolojileri, bu riskleri azaltma potansiyeline sahiptir. Blok zinciri ve akıllı sözleşmelerin akreditif sürecine dâhil edilmesi dijital, otomatik ve izlenebilir örnek bir modeli temsil eder. Bu model, geleneksel kâğıt tabanlı süreci dijitalleştirerek işlemlerin anlık ve şeffaf bir şekilde paylaşılmasını, kolaylıkla takip edilmesini ve akreditif sürecindeki sorunların büyük ölçüde giderilmesini sağlar. Böylece, taraflar arası koordinasyon daha hızlı sağlanır, maliyet ve riskler azalır. Tez kapsamında, akıllı sözleşmeler ile otomatik bir sistem üzerinden LNG ticareti yapılabilir mi? sorusu araştırılmıştır. LNG sözleşmeleri incelenerek blok zinciri tabanlı akıllı sözleşme modeli analiz edilmiş ve bu model için araştırmalar yapılmıştır. Örnek bir sözleşme, akıllı sözleşme üzerinde gösterilerek Solidity dili ile Ethereum platformu üzerinde yazılım kodları geliştirilmiştir. Sonuç olarak, blok zinciri ve akıllı sözleşmeler LNG ticaretinde teknolojik açıdan kullanılabilir. Ancak, bu teknolojiler üzerinden oluşturulan sözleşmelerin hukuken geçerli bir sözleşme olarak kabul edilip edilemeyeceği karmaşık bir konudur. Belgelerin elektronik olarak değiş tokuş edilmesi konusundaki zorluklar ve yasal düzenlemelerle ilgili bazı engeller görülmüştür. Bu nedenle, blok zinciri tabanlı akıllı sözleşme modelinin başarıyla uygulanabilmesi için devletlerin kendi yasalarında kâğıtsız ticarete yönelik somut adımlar atması ve yaşanabilecek ihtilafların çözümü için yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Blok Zinciri, Akıllı Sözleşmeler, Solidity, LNG Ticareti, Akreditif

ABSTRACT

USE OF BLOCKCHAIN AND SMART CONTRACTS IN LNG TRADE

Countries prefer Liquefied Natural Gas (LNG) trade, which is a faster and more practical solution to meet their energy needs. International LNG trade inherently involves some risks. Letters of credit are used to reduce these risks and ensure that transactions between parties are carried out securely. However, the complex structure of letters of credit, long duration of transactions, high costs, slow physical document review processes and lack of coordination between parties lead to some problems. It is thought that these problems can be overcome with technology. Blockchain, smart contracts and IoT technologies in particular have the potential to reduce these risks. The inclusion of blockchain and smart contracts in the letter of credit process represents a digital, automatic and traceable exemplary model. This model digitizes the traditional paper-based process, allowing transactions to be shared instantly and transparently, easily tracked and largely eliminating problems in the letter of credit process. Thus, coordination between parties is provided faster, costs and risks are reduced. Within the scope of the thesis, the question of whether LNG trade can be carried out through an automated system with smart contracts was investigated. By examining LNG contracts, the blockchain-based smart contract model was analyzed and research was conducted for this model. A sample contract was shown on the smart contract and software codes were developed on the Ethereum platform with the Solidity language. As a result, blockchain and smart contracts can be used technologically in LNG trade. However, whether contracts created over these technologies can be considered legally valid contracts is a complex issue. There have been difficulties in exchanging documents electronically and some obstacles related to legal regulations. Therefore, in order for the blockchain-based smart contract model to be successfully implemented, states need to take concrete steps towards paperless trade in their own laws and create legal regulations to resolve possible disputes.

Keywords: Blockchain, Smart Contracts, Solidity, LNG Trade, Letter of Credit

KISALTMALAR

AIPN	Association for International Petroleum Negotiators (Uluslararası Petrol Müzakerecileri Birliği)
API	Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)
CNG	Compressed Natural Gas (Sıkıştırılmış Doğal Gaz)
DAO	Decentralized autonomous organization (Merkezi olmayan özerk organizasyon)
DApp	Decentralized application (Merkeziyetsiz uygulama)
DAP	Delivered At Place (Yerinde Teslimat)
DES	Delivered Ex Ship (Belirlenen Varış Yerinde Teslimat)
DES LNG MSA	LNG'nin Gemiden Varışta Teslim Edilmesine Dair Sözleşme
DLT	Distributed Ledger Technology (Dağıtılmış Defter Teknolojisi)
EVM	Ethereum Virtual Machine (Ethereum Sanal Makinesi)
eUCP	Elektronik ibraz için UCP 600'ü tamamlayan dijital karşılığı ve eki
EFED/ISDA	European Federation of Energy Traders / International Swaps and Derivatives Associatio
FOB	Free On Board (Belirlenen Yükleme Gemi Bordasında Teslimat)
FOB LNG MSA	LNG'nin Yerinde Teslim Edilmesine Dair Sözleşme
GIIGNL	International Group of Liquefied Natural Gas Importers (Uluslararası LNG İhracat Grubu)
IBM	International Business Machines Corporation (Uluslararası İş Makineleri)
ICC	International Chamber of Commerce (Uluslararası Ticaret Odası)
IEA	International Energy Agency
ISBP 745	International Standart Banking Practices (Uluslararası Standart Bankacılık Uygulaması)
ISP 98	International Standby Practices (Uluslararası Teminat Akreditifi Uygulamaları)

IMO	International Maritime Organization (Uluslararası Denizcilik Örgütü)
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
Incoterms	ICC tarafından uluslararası ticarete kullanılan terimlerin bir standarda kavuşturulması amacıyla uygulamaya konulan bir program
LC - LoC	Letter of Credit (Akreditif)
LCIA	London Court of International Arbitration (Londra Uluslararası Tahkim Mahkemesi)
LNG	Liquefied Natural Gas (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
MSPA	Master Sales And Purchase Agreement (Ana Satış ve Satın Alma Sözleşmesi)
MTPA	Million tonnes per year (Yıllık milyon ton)
NG	Natural Gas (Doğal Gaz)
PoS	Proof-of-Stake (Hisse Kanıtı)
PoW	Proof of Work (İş Kanıtı)
SBLC	Standby Letter of Credit (Teminat Akreditifi)
SIAC	Singapore International Arbitration Centre (Singapur Uluslararası Tahkim Merkezi)
SWIFT	Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunications (Dünya Bankalararası Finansal Telekomünikasyon Topluluğu)
UCP	Uniform Custom and Practise (Akreditiflere İlişkin Birörnek Usuller ve Uygulama Kuralları)
USDT	Tether (Dolar eşdeğeri kripto para birimi)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Blok Zinciri Versiyonları	33
Şekil 2: Örnek Blok Zinciri (Brownworth, 2021)	34
Şekil 3: Merkezi ve Dağıtık Veri Tabanı Yapısı (Vurdu, 2021)	37
Şekil 4: Halka açık, konsorsiyum ve özel blok zinciri karşılaştırması (Zheng ve diğerleri, 2017).	40
Şekil 5: 2021 ülkelere göre doğalgaz rezervleri (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2023)	56
Şekil 6: FSRU Ertuğrul Gazi - Dörtyol (BOTAS, 2021)	57
Şekil 7: Küresel fosil yakıt tüketimi – yüzdesel gösterimi (BP Statistical Review of World Energy 2022)59	
Şekil 8: Dünya fosil yakıt tüketimi - çizgi grafik gösterimi (Statistical Review of World Energy 2023) ..	60
Şekil 9: 2022 yılı ülkelere göre doğalgaz üretimi (Enerdata, World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2023).....	61
Şekil 10: 2021 yılı itibarıyla doğal gaz ticareti	62
Şekil 11: Dünya LNG ticareti 2021.....	63
Şekil 12: LNG ticaret hareketleri 2022 (Statistical Review of World Energy 2023).....	64
Şekil 13: 1970-2022 Dünyada sıvılaştırılmış doğal gaz ticaret hacmi	65
Şekil 14: 2022 Bölgeler arası LNG ticareti (IGU World LNG Report, 2023)	66
Şekil 15: LNG Tedarik Zinciri	70
Şekil 16: Maliyetlere ve riske ilişkin sorumlulukları içeren INCOTERMS şeması (ICC INCOTERMS) .	76
Şekil 17: LNG Ticaretinde Kullanılacak Blok Zinciri Temelli Akıllı Sözleşme Modeli Diyagramı.....	87

GİRİŞ

Uluslararası ticarette tarafların farklı ülkelerde bulunması, bir dizi potansiyel zorluğu ve riski beraberinde getirmektedir. Farklı ülkeler arasındaki uzun mesafeli taşıma süreleri, malın taşıma sırasında hasar görmesine veya gecikmeli teslimata yol açabilir. Deniz aşırı ticarette meydana gelebilecek kazalar veya taşıma sırasındaki problemler, sözleşme gereği ifanın eksik veya ayıplı olmasına neden olabilir. Bir ülkenin siyasi veya ekonomik kararları, uluslararası ticaretin akışını etkileyebilir. Örneğin, belirli malların ithalatına yasaklar getirilebilir veya ambargolar uygulanabilir. Bu tür politika değişiklikleri, sözleşmeye uygun ifanın gerçekleşmesini engelleyebilir. Son yıllarda ortaya çıkan savaşlar buna örnek olarak verilebilir. Özellikle Ukrayna-Rusya Savaşı siyasi durumların enerji ticaretini nasıl etkilediğini çarpıcı olarak göstermektedir. Taraflar arasındaki anlaşmalar genellikle farklı para birimleriyle gerçekleştirilir. Döviz kurlarındaki dalgalanmalar sözleşme şartlarını etkileyebilir ve ödeme sürecini karmaşıklıştırabilir. Ayrıca ödeme yapılmaması da bir risktir. Tarafların farklı ülkelerin hukuk sistemlerine tabi olmaları, sözleşme hükümlerinin yorumlanması ve uygulanmasında karmaşıklıklara ve anlaşmazlıklara yol açabilir. Bu anlaşmazlıkların nasıl çözüleceği konusunda da belirsizlik olabilir. Uluslararası ticarette taraflar arasındaki anlaşmazlık durumunda hangi hukuki çözüm yolunun izleneceği önemlidir. Uluslararası tahkim, yargıya başvurma veya alternatif çözüm yolları ortaya çıkabilir. Bu zorluklar ve riskler, uluslararası ticarette başarılı olmak için iyi bir hazırlık ve sözleşme yapılmasını gerektirir. Taraflar arasında net ve kapsamlı bir sözleşmenin hazırlanması, riskleri en aza indirmeye yardımcı olur. Potansiyel sorunları önceden tanımlamak ve çözüm yolları geliştirmek önemlidir. Deniz aşırı ticarette güven sorunları, ödeme yöntemlerini büyük ölçüde etkilemektedir. Seçilen ödeme yöntemi, tarafların karşılıklı yükümlülüklerini nasıl yerine getireceklerini ve hangi teminatları vereceklerini belirler. Taraflar arasındaki edimlerin güvence altına alınması için genellikle bankalar gibi güvenilir kurumlar devreye girer. Günümüzde, uluslararası ticaretin güvenli bir şekilde yürütülebilmesi için sıkça bankalara başvurulmaktadır. Akreditif, sözleşmeden doğan para borcunun banka tarafından ödeneceğine dair bir banka taahhüdüdür. Akreditif, genellikle basit akreditif ve belgeli akreditif olarak iki temel türe ayrılır. Basit akreditif, bankanın ödeme yapabilmesi için herhangi bir belgenin sunulmasına ihtiyaç duymadığı bir türdür. Belgeli akreditif ise, bankanın ödeme yapabilmesi için önceden belirlenen

belgelerin belirli koşullara uygun olarak sunulduğu ve incelendiği tez kapsamında ele alınacak olan akreditif türüdür. Akreditif çerçevesinde, bankaların ödeme yükümlölüğünün doğabilmesi için önceden belirlenen belgelerin belirli bir süre içinde bankaya sunulması gerekmektedir. Sunulan belgelerin önceden belirlenen şartları karşılaması durumunda, banka akreditif bedelini ödemekle yükümlüdür. Bu, taraflar arasındaki işlemlerin güvenli ve düzenli bir şekilde gerçekleşmesini sağlayan bir mekanizmadır. Akreditifler, uluslararası ticarete özellikle mal teslimatları sırasında güvenilir bir ödeme yöntemi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bankalar aracılığıyla gerçekleşen bu ödeme yöntemi, hem alıcı hem de satıcı için güvence sağlar ve ticaretin güvenli bir şekilde sürdürölmesine katkı sağlar (Blockchain Türkiye Platformu, 2021).

Akreditif, uluslararası ticarete ödeme güvencesi sağlamak için güvenilir bir yöntem olarak kabul edilir ve ödemenin yapılacağına dair bankanın açık bir taahhüdünü içerdiği için bu yöntem güvenilir olarak değerlendirilir. Ancak, akreditif kullanımının bazı dezavantajları da vardır ve bu nedenle tercih edilme oranı zaman içinde azalmıştır. Akreditif işlemleri sırasında bankalara ödenen komisyonlar genellikle yüksektir. İşlem maliyetleri artabilir ve taraflar arasında daha fazla mali yük doğurabilir. Yüksek komisyonlar, belge ibrazı için gönderilen posta masrafları ve diğer işlem maliyetleri, akreditifin maliyetini artırır. Akreditif süreçleri bazen karmaşık ve bürokratik olabilir. Belgelerin incelenmesi, uygunluğunun kontrol edilmesi ve onay süreçleri zaman alabilir. Geleneksel olarak akreditif işlemleri sırasında belgelerin fiziksel olarak ibraz edilmesi gereklidir. Bu durum, işlemlerin hızını düşürebilir, özellikle belgelerin uluslararası posta yoluyla gönderilmesi gerektiğinde işlemler zaman gerektiren zor bir hal alır. Son yıllarda, elektronik para transferi, kripto para birimleri ve diğer dijital ödeme yöntemleri gibi alternatif ödeme yöntemleri giderek daha yaygın hale gelmiştir. Bu yöntemler, akreditifin kullanımına alternatif olabilir. Sonuç olarak, akreditif uluslararası ticarete hala önemli bir ödeme yöntemi olarak kabul edilse de, yüksek maliyetler ve bürokratik süreçler nedeniyle tercih edilme oranı azalmıştır. Ödeme yöntemleri dikkatlice değerlendirilmeli ve işlemlerin daha verimli ve maliyet etkin bir şekilde yönetilmesi için alternatif çözümler araştırılmalıdır.

Ülkeler için enerji kaynakları her geçen gün daha da önemli olmaktadır. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamak için daha hızlı ve pratik bir çözüm olan LNG ticaretini tercih etmektedirler. LNG ve doğal gaz, enerji dönüşümünü sağlamada ve kömür veya ağır yakıtlar gibi daha kirli enerji kaynaklarından daha temiz bir alternatife hızlı bir geçiş sağlamada önemli bir rol oynamaktadır.

Çalışmalar, LNG'nin elektrik üretmek için yakıldığında kömürün yaydığı sera gazı emisyonunun yaklaşık yarısı kadar olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca doğal gaz ihtiyacı olup boru gazı ile ulaşımın zor olduğu özellikle Asya-Pasifik ülkelerine enerji kaynağı sağlama ve arz çeşitliliği açısından LNG büyük öneme sahiptir. LNG ticaretinin yıllar içindeki artış eğilimi ve toplam doğal gaz tüketimi içindeki payının ciddi olarak artması LNG'nin yakın gelecekte çok daha önemli olacağını göstermektedir. Dünya genelinde yapımı devam eden LNG gemi sayısı, LNG limanları ve LNG ile çalışan motorlu araçların sayısı tezin konusunun LNG olarak seçilmesinin başlıca nedenleridir (GIIGNL, 2023).

LNG ticareti sırasında satıcı ve alıcı ülkelerin farklı olması, ülkelerin birbirlerine fiziksel olarak uzak olması, daha önce ticaret yapmamış olmaları ve kültürel farklılıklar sözleşmenin zorluğunu ve güvenilirliğini sorgulamaya neden olmaktadır. Belirsizlikler alıcı ile satıcı arasındaki sözleşme/ticaret riskini ortaya çıkarmaktadır. LNG ticaretinde bugüne kadar bu gibi durumları aşmak için sıklıkla Akreditif (Letter of Credit) denilen banka vb. gibi üçüncü tarafların sürece dâhil olması ve teminat vermesi ile güvenli ticaret ortamı sağlanmıştır. Alıcı alacağı ürünün sözleşmede belirtilen koşullarda/kalitede, zamanında ve olması gereken miktarda olduğundan emin olmak isterken satıcı, sözleşmedeki belirtilen tutarın zamanında kendisine transfer edilmesini ister. İki taraf arasındaki bu süreçlerin zamanında, eksiksiz ve tam bir güvenilirlikle olmasının sağlanması kolay olmadığı için her iki taraf da güvenilir üçüncü tarafların sürece dâhil edilmesini, alacaklarının teminat altında olmasını isterler (Toorajipour ve diğerleri, 2022).

Özellikle uluslararası tarafların olduğu LNG ticareti anlaşmalarında riski azaltmanın etkili bir yolu olarak akreditif kullanılmaktadır. Böylece satıcının bankası müşterinin bankası tarafından belirtilen tutardaki ödemeye ilişkin teminat almış olur. Sözleşmede belirtilen gereklilikler yerine getirildikten ve gerekli dokümanlar alındıktan sonra bu ödeme gerçekleştirilir. Akreditif her iki tarafın alacaklarına dair teminat sağlayan, işlem riskini minimize eden evrak odaklı bir çözüm olmuştur. Akreditifler ticari sözleşmelerdeki ödeme riskini minimize etmek için özellikle uluslararası alanda iyi bir yöntemdir. Ancak bu yöntemde üçüncü tarafların dâhil olması ile işlem süreçleri daha da yavaşlamış hantal bir hal almış evrak işlemleri yoğunluk kazanmıştır. Akreditifler sadece doküman üzerinden yürütülen bir süreçtir, teslim edilen ürünlerin fiziksel bir kontrolü sağlanmaz. Ayrıca banka komisyonu gibi ekstra maliyetlere yol açmaktadır (Al Amaren ve diğerleri, 2020).

LNG ticaretinde satıcı en kısa zamanda ve en iyi kâr ile malını satmak isterken alıcı için doğru zamanda en düşük maliyetle istenen yere malın teslimatı çok önemlidir. Bu amaçla daima işlemlerin optimizasyonu amaçlanır. Bazen LNG gemisi ilk çıktığı anda teslimat detayları belli iken bazen uluslararası sularda malını yüksek fiyattan satmak için spot piyasada gezinmektedir. Firmalar risklerini minimum maliyetle en iyi nasıl yönetebileceklerinin yollarını sürekli ararlar ve uygun koşullar olduğunda satış yaparlar. Satış işleminde sonra, lojistik ekibi, malın transferini ve anlaşmada belirtildiği şekilde teslimatını yapacaktır. Devir sırasında, konşimento veya muayene/kontrol sertifikası gibi önemli belgeler düzenlenir. Bu belgeler teslimatın sözleşmeye uygun olarak yapıldığını kanıtlamak, ödeme sürecini tamamlamak ve olası bir dava durumunda kanıt olarak kullanılmak üzere saklanır. Bu süreçte belgelerin önemi görülmektedir. Doküman ve evrak esaslı sözleşmeler yavaş olmasına rağmen asırlardır kullanılan bir yöntemdir. Bu aşamada teknolojinin kullanılması riskleri büyük ölçüde azaltabilir. Operasyonel maliyetler ve zamandan tasarruf sağlaması akıllı sözleşmelerin faydaları arasındadır. Akıllı kontratlar süreçteki kısıtların bazılarını ortadan kaldırmaktadır. Sözleşme akıllı kontratlar üzerinde kodlanarak otomatize edilebilir ve üçüncü taraf maliyetler azaltılabilir. Blum (2019) bir akıllı sözleşmenin gerçekleştirilmesi için işlem ücretlerinin işlem hacminin %0,001'ine karşılık geldiğini ve akreditif işlemiyle karşılaştırıldığında ücretlerin %99 oranında azaldığını yaptığı hesaplamalar sonucunda göstermiştir. Sözleşmeler birçok kez kullanılabildiği için akıllı sözleşmelerin dağıtımına ilişkin ücretlerin tek seferlik maliyetler olduğunu göz önünde bulundurmıştır. Bu maliyetlerin hariç tutulması ile ücretlerin önemli ölçüde azalacağını ileri sürmüştür. Akıllı sözleşmelerin şeffaflık ve değiştirilemez özelliği uluslararası ticarete kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca akıllı cihazlar ile teslim edilen ürünlerin fiziksel kontrolünün yapılması dijital sürecin bir parçası olabilir. Bu tezin amacı LNG ticaretinde akıllı sözleşmelerin teknik olarak uygulanmasının mümkün olup olmadığını gerçek bir sözleşme kullanarak göstermektir. Geleneksel akreditif yerine daha yenilikçi çözüm olan blok zinciri üzerinde kodlanabilen akıllı kontratlar üzerinde çalışılmıştır. Örnek bir LNG sözleşmesi akıllı sözleşme hâline getirilmiştir. LNG ticareti süreçleri ve aşamaları adım adım gösterilmiştir. Böylece LNG ticaretinde alıcı ile satıcı arasındaki sözleşmenin akıllı kontratlar ile kodlanmasının ne derece mümkün olabileceğine dair araştırmalar yapılmıştır. Blok zinciri teknolojisinin gelişmekte olan bir alan olması, bu alandaki nihai çözümlerin zorluğunu da ortaya koyar. Bu nedenle, bu teknolojinin akreditif süreçlerine uygulanması ekonomi, bilgi teknolojileri ve hukuk alanlarını içeren multidisipliner bir çalışma gerektirir.

Akreditif sürecine blok zinciri, nesnelerin interneti (IoT), akıllı sözleşme gibi teknolojilerin entegrasyonu, uluslararası ticarete büyük bir potansiyele sahip olup bu konu günümüzde yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Bu teknolojilerin akreditifin işleyişine nasıl avantajlar sağlayabileceği konusunda birçok çalışma ve araştırma yapılmaktadır. Blok zinciri teknolojisi, akreditif işlemlerinde karşılaşılan yüksek maliyet ve yavaşlık gibi sorunların aşılmasına yönelik potansiyel bir çözüm sunabilir. Blok zinciri, dijital verilerin güvenli ve şeffaf bir şekilde depolanıp transfer edildiği, merkezi olmayan bir kayıt tutma teknolojisi olarak bilinir. Blok zinciri kullanılarak akreditif işlemlerinin dijitalleştirilmesi, denizaşırı ticaretin doğasından kaynaklanan riskleri azaltabilir ve bir dizi avantaj sunabilir. Bu avantajlar şunlardır:

Daha Hızlı İşlemler: Blok zinciri üzerinde yapılan akreditif işlemleri, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı gerçekleşebilir. Belgelerin dijital olarak paylaşılması ve onaylanması, işlemleri hızlandırabilir.

Daha Düşük Maliyetler: Blok zinciri kullanımı, bankalar arasındaki aracılardan rolünü azaltabilir ve bu da işlem maliyetlerini düşürebilir. Yüksek komisyonlar ödemek yerine daha ekonomik bir sistem oluşturulabilir.

Şeffaflık ve Güvenilirlik: Blok zinciri işlemleri şeffaf bir şekilde kaydedilip izlenebilir. Bu, işlemlerin güvenilirliğini artırabilir ve anlaşmazlıkların çözümünü kolaylaştırabilir.

Otomasyon ve Akıllı Sözleşmeler: Blok zinciri üzerinde çalışan akıllı sözleşmeler, belirli koşullar uygun olduğunda otomatik olarak yürütülür. Böylece, süreç daha otomatik ve hatasız hale getirilebilir (Larson, 2018).

Blok zinciri tabanlı akreditif avantajların yanında bazı zorlukları da beraberinde getirebilir. Belgelerin elektronik olarak değiş tokuş edilmesi ve ülkelerin iç hukuklarının kâğıtsız ticarete uyum sağlaması gerekir. Ayrıca, blok zinciri tabanlı akreditiflerin hukuki geçerliliği ve yargı önündeki statüsü de değerlendirilmelidir. Kısaca blok zinciri teknolojisi, akreditif işlemlerinde verimliliği artırabilir, süreci daha güvenli hale getirebilir ve maliyetleri düşürebilir. Ancak bu teknolojinin akreditif süreçleriyle bütünleşmesi, sürecin hukuki geçerliliği ve yasalara uyum gibi konuların dikkatle ele alınması gerekmektedir (Al Amaren ve diğerleri, 2020).

Özellikle 2017 yılından sonra popülerlik kazanan blok zinciri ve akıllı kontratlara ilişkin literatür taraması yapılmış ve yapılan çalışmalar kısaca aşağıda açıklanmıştır.

Ernst & Young'ın “*Enerji ve emtia ticareti için blok zincirine genel bakış*” makalesine göre, enerji ve emtia geçişi, blok zinciri teknolojisinin uygulanması için uygundur. Bazı şirketler bundan önemli tasarruflar sağlanacağını tahmin etmişlerdir. Şu an birçok projede işbirliği geliştirilmektedir. Bunlardan biri, toptan elektrik ve doğal gaz işlemlerini yürütmek için bir blok zinciri platformu geliştiren yirmiden fazla Avrupa enerji şirketinden oluşan bir grupla ilgilidir (Ernst & Young, 2017).

Adelaide Üniversitesi Hukuk Fakültesi tarafından 2017 yılında yayınlanan “*Akıllı sözleşme gerçekten akıllı bir fikir mi?*” isimli makale hukukî bir perspektiften akıllı sözleşmeler yorumlanmıştır. Farklı yargı alanlarındaki sözleşmeleri düzenleyen mevcut yasal çerçeveye uyum sağlamanın zorluklarıyla ilgili olarak akıllı sözleşmeyle ilgili önemli endişeler dile getirilmektedir. Akıllı sözleşmelerin ortak hukuk içinde kullanılmasından kaynaklanan olası sorunların dikkate alan bazı çözümler ortaya konulmuştur (Giancaspro, 2017).

Özalp (2018), akreditiflerin açılması için başvuru yapılması, bilgilerin iletilmesi ve onaylanması için Contour Blockchain Platformu R3 Corda dağıtık yapısı üzerinde geliştirilmiş uygulamaları çalışmasında incelemiştir. Civelek ve Özalp (2018) çalışmalarında dış ticaret ve finans alanındaki elektronik belgeleri blok zinciri teknolojisi perspektifinden incelemiştir. Kâğıt tabanlı süreçlerin devam etmesi, bu alanın altyapı, yasal uyumluluk, yenilikçi ürünler ve yatırımlar gibi köklü ve kapsamlı değişikliklere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Özellikle tedarik zinciri iş süreçlerinde, blok zinciri teknolojisinin maliyeti azaltacağı ve zaman kayıplarını ortadan kaldıracağı beklenmektedir.

Reuters tarafından 2018'de emtia ticareti için ilk blok zinciri tabanlı platformun lansmanı hakkında bir makale yayınlanmıştır. Küresel bankalar ve ticaret firmalarının petrolden buğdaya kadar emtia ticaretini finanse etmek için ilk blok zinciri tabanlı platformu başlattıklarını duyurmuşlardır. Bu platform şirketler tarafından kurulan Cenevre'deki Komgo SA adlı bir ortak girişim tarafından gerçekleştirilmiştir. Bankalar ve büyük ticaret şirketleri son birkaç yılda emtia genelinde çok sayıda pilot programı test etmiştir. Bu girişim herhangi bir şirketin katılabileceği ilk ortak girişim olmuştur (Payne, 2018).

Larson (2018), akreditifin dijital olarak dönüşümünü ve blok zincirinin bu dönüşümdeki etkisini araştırmıştır. Farklı ülkelerdeki taraflar arasında belgeleri paylaşmanın ve doğrulamanın gerekli olduğu kâğıt tabanlı bir sistem olan geleneksel akreditif yöntemi, akreditif mekanizmalarını

yavaş, etkisiz ve pahalı hale getirir. Uluslararası ticarete ödeme yöntemine gelişmiş teknoloji dâhil edilerek, akreditifin karmaşık ve bürokrasi gerektirmediği; alıcı, satıcı ve banka gibi üçüncü taraflar arasında hızlı bir şekilde yürütülen tek bir sistem ile şeffaf, uçtan uca ticaretin yapılabilmesi beklenmektedir. Bu çalışma ile blok zincirinin çeşitli taraflar arasındaki yoğun emek, yüksek maliyet, israf edilen zaman ve fazla belge akışının azalacağı verimli bir ağın oluşturulabileceği ortaya konulmuştur.

Golosova ve Romanovs (2018), blok zinciri teknolojisinin avantajları ve dezavantajlarını analiz etmiş avantajlarının çok daha fazla olduğunu araştırma sonucu olarak paylaşmışlardır. Blok zinciri teknolojisi, endüstriyel alanda güven, şeffaflık, güvenlik ve veri işleme güvenilirliği gibi farklı türden sorunları çözmeye yardımcı olabilir. Farklı endüstrilerdeki sistemlerin çoğunu kolaylaştırabilmesine rağmen yeni ve uygulaması pratikte çok az çalışılmış bir konudur. Blok zinciri teknolojisinin hâlihazırda uygulanan uygulamaları incelenmiş ve ayrıca uygulamalar sırasındaki başarı veya engeller araştırılmıştır. Yakın gelecekte farklı alanlarda blok zinciri teknolojisine dayanan uygulamaların geliştirilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.

Akıllı sözleşme konusuna bağlı kalınarak, bilgi teknolojisi hukuku alanında Estonya Tartu Üniversitesi'nde akıllı sözleşme bağlamında güven hakkında bir araştırma yapılmıştır. 2018'de yayınlanan “*Güvensiz ortamlarda pazarlar yaratmak: Akıllı sözleşmelerin kanunu ve ekonomisi*” isimli makale kamuya karşı özel blok zincirinde faaliyet göstermenin yanı sıra sözleşmelerin altında yatan uygulama mekanizması ve güven ilişkisinden bahsetmektedir. Bu makale, akıllı sözleşmenin güvenilir taraflar üzerindeki etkisi hakkında bir fikir vermektedir (Eenmaa-Dimitrieva, Schmidt-Kessen, 2018).

Lu ve diğerleri (2019), blok zincirinin petrol ve gaz sektöründe kullanımına dair araştırma yapmıştır. Blok zinciri teknolojisi ile petrol ve gaz endüstrisinin yönetim seviyesini, verimliliğini ve veri güvenliğini önemli ölçüde iyileştirilebileceği görüşüne sahip olmuşlardır. Bu makalede blok zincirinin petrol ve gaz endüstrisine nasıl uygulanabileceği, ticaret, yönetim ve karar alma, denetim ve siber güvenlik açılarından ele alınmıştır. Uygulama durumu, blok zincirinin petrol ve gaz endüstrisindeki olgunluk seviyesi, fırsatlar, zorluklar, riskler ve geliştirme eğilimleri analiz edilmiştir. Günümüzde, petrol ve gaz endüstrisinde blok zincirinin anlaşılması yeterli değildir, uygulama hala deneysel aşamadır ve yatırım yeterli değildir. Blok zinciri, işlem maliyetlerini düşürmek, şeffaflığı ve verimliliği artırmak gibi petrol ve gaz endüstrisine birçok fırsat getirebilir.

Ancak, hala uygulama erken aşamada olduğundan, teknolojik, düzenleyici ve sistem dönüşümü olmak üzere hala birçok zorluk vardır. Petrol ve gaz endüstrisinde blok zincirlerinin geliştirilmesi, hibrit blok zinciri mimarisine, çoklu teknoloji kombinasyonuna, çapraz zincire, hibrit fikir birliği mekanizmalarına ve daha fazla disiplinlerarası profesyonele doğru ilerleyecektir.

Viriyasitavat ve Hoonson (2019), blok zinciri teknolojisinin, iş süreçlerini yenilemek için büyük bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Kalıcılık, geçerlilik, denetlenebilirlik ve aracısız olma özellikleri, dijitalleşme, otomasyon ve şeffaflık elde etmek için modern iş süreçlerini büyük ölçüde iyileştirebilir. Bu makalede, blok zincirinin iş süreçleri açısından özellikleri araştırılmıştır. Bu özelliklere dayanarak, blok zinciri çağında iş süreçlerinin yenilenmesine yönelik temel teknolojilerden ve kılavuzlardan oluşan iş süreçleri mimarisi önerilmiştir. Mimari, blok zincirinin sunduğu kalıcılık, geçerlilik, denetlenebilirlik ve aracısızlığı sağlar. Ayrıca, mutabakat mekanizması gerçekleştirilirken düğümlerin seçilmesine izin vererek esneklik sağlar; böylece önyargı azalır.

Chang ve diğerleri (2019), “*Blok Zinciri Destekli Ticaret Finansmanı İnovasyonu: Akreditif Kullanımında Potansiyel Bir Paradigma Değişimi*” isimli makalede ticaret finansmanında blok zinciri teknolojisinin uygulanabilirliğini ve akreditif perspektifinden finansmanı kolaylaştırmanın nasıl başarılabilirliğini araştırmıştır. Akreditif pilot projelerinin vaka çalışmaları, uluslararası ticaret ve finans kuruluşlarının ilgili alanlara çaba harcadıklarına dair kanıt olarak sunulmaktadır. Blok zinciri, değişmezliği, şeffaflığı ve birlikte çalışabilirliği sayesinde iş operasyonlarını yeniden şekillendirme potansiyeline sahiptir. Kâğıt tabanlı işlemleri azaltma, paydaşlar arasındaki güveni artırma ve sürdürülebilir iş ortamlarının yanı sıra sürdürülebilir finansman sağlayabilir. Süreç basitleştirme veya araçların ortadan kaldırılmasında yenilikçi bir potansiyele sahip olabilir. Ancak, teknik sınırlamalar ve yasal endişeler, pratikte daha fazla benimsenmesini engelleyebilir. Tipik zorluklar arasında ölçeklenebilirlik, verim ve teknik standartlar yer alır. Uluslararası ticarete köklü bir değişimin, çok sayıda uluslararası ticaret paydaşı arasındaki işbirlikçi ağ oluşturma yoluyla sağlanabileceği göz önüne alınarak, gümrük ve liman yönetimi ile ilgili konulara yönelik araştırma çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

Belu (2019), blok zinciri teknolojisine özgü unsurları, temel ilkeleri ve ayrıca bu teknolojinin uygulanabileceği alanları araştırdığı makalesinde blok zincirinin hala geliştirme aşamasında olduğunu ancak iş yapma biçimini kökten değiştirecek potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir.

Blok zinciri lojistik uygulamaları, tüketicilerin daha fazla güvenle yatırım yaptığı ve taşıyıcıların ve tedarikçilerin güvenebileceği daha verimli bir sistem oluşturmaya yardımcı olabilir. Yeni teknolojiler, teknik ilerlemeler, yenilikçi lojistik çözümler ve daha düşük lojistik maliyetlerine yol açabilir. Blok zincirinin dış ticaret işlemlerinde finansman ve ödeme sürecinde uygulanmasıyla, bankalar bu faaliyetleri dijitalleştirebilir ve finansman yöntemleriyle ilgili maliyetlerde bir azalmaya ve bir ticari işlemi başlatmak ve yürütmek için gereken nakit fonlara erişim daha kolay olabilir.

Blum (2019) makalesinde, blok zinciri teknolojisinin yardımıyla ticaret yapanlar arasındaki dengesiz risk dağılımının nasıl çözüleceğine dair bir çözüm sunmuştur. Akreditif gibi geleneksel finansal araçları oyun teorisi perspektifinden analiz etmiştir. Akıllı sözleşmelerin yasal sınıflandırmasını yapmıştır. Örnek olması için aracısız, işlem maliyetlerini önemli ölçüde düşüren ve genel ticaret finansmanı sürecini hızlandıran akıllı bir sözleşme tasarlamıştır.

Sananes (2019), IBM ile yaptığı çalışmada akıllı kontratların LNG ticaretine uygulanmasına yönelik analiz ve sonuçları ortaya koymuştur. Akıllı kontratların temeli üzerinde yaptığı çalışmada LNG ticaretinin akıllı kontratlar üzerinden uygulanması için çeşitli sözleşmeleri ve sözleşme maddelerini incelemiştir. İngiliz kanunlarında akıllı kontratların geçerliliği ve uygulanabilirliğine değinilmiştir. Incoterm, kalite ve spesifikasyon, ölçüm örnekleme ve test maddeleri incelenmiş ve yapılan puanlamaya göre BP sözleşmelerinin en uygun ve güncel olduğuna karar vermiştir. Bu sözleşmenin akıllı kontratlar üzerinde kodlanması gerektiğini belirterek çalışmasını tamamlanmıştır.

Küresel eTicaret Hizmetleri nakliyeciler ve nakliye komisyoncuları gibi önemli paydaşların ticaret belgelerini birbirleri arasında paylaştığı “*Open Trade Blockchain*” adında bir blok zinciri platformu başlatmıştır. Bu platform liman operatörleri arasında ticaret belgelerini paylaşmak için basit arayüzü olan bir sistemdir. Bunun yanı sıra, dünyanın en büyük liman operatörlerinden biri olan PSA, limanların yönetimi ve tedarik zincirlerinin geliştirilmesi için IBM ile bir anlaşma yaparak blok zinciri çözümlerini kullanmaya başlamıştır (Küresel eTicaret Hizmetleri, 2019).

Al Amaren ve diğerleri (2020), blok zincirinin akreditif işlemlerinde bankada kredinin açılmasından ve alıcıya gönderilmesinden ödemeye kadar çeşitli aşamalarda kullanılabileceğini söylemiştir. Blok zinciri ve akıllı sözleşmeler, akreditifleri iyileştirmeye yardımcı olabilecek teknolojilerdir. Akreditifin uluslararası alanda kullanımdaki sürekli düşüş bu teknolojiler ile

önlenebilir. Blok zinciri, süreçteki tüm işlemleri hızlı ve güvenli hale getirir, uzun sevkiyat süreçleri ve süresi içeren denizaşırı ticarete faydalar sağlar. Bazı eleştirilere rağmen, blok zinciri ve akıllı sözleşmeler, akreditiflerin geleneksel yapısını ve işleyiş biçimini değiştirebilir.

Kel (2020), “*Milletlerarası Ticarete Akıllı Sözleşmelerin Uygulanabilirliği*” makalesinde akıllı sözleşmelerin uluslararası ticarete hem finansman hem de dokümantasyon süreçleri için kullanılmaya başlandığını ya da kullanılması amacıyla araştırma ve geliştirme süreçlerinin devam ettiğini belirtmiştir. Ancak sağladığı kolaylığa rağmen akıllı sözleşmelerin; gizlilik açısından taşıdığı riskler, aracıya duyulan ihtiyacı ortadan kaldıramaması ve yasal düzenleme noksanlıkları dolayısıyla devrim niteliğinde bir değişim gerçekleştirmekten uzak olduğunu açıklamıştır. Akıllı sözleşmelerin, mevcut durumdan daha güvenilir ve hızlı bir şekilde sürece katkı sağlayacağını belirtmektedir.

Khalil ve diğerleri (2021), blok zinciri teknolojisini kullanarak akreditif sürecinin ve ticaret finansmanının dijitalleştirilmesi üzerine araştırma yapmıştır. Bu araştırma, mevcut teknolojik çözümleri değerlendirerek, mevcut ticaret finansmanı süreçlerinden kaynaklanan sorunları incelemeyi amaçlamaktadır. Teknolojik çözümler aramanın amacı, büyük ölçüde manuel emeğe ve evrak işlerine dayanan geleneksel ticaret finansmanının eski süreçlerinin yerini almaktır. Bu araştırmada, blok zinciri teknolojisinin ticaret finansmanı süreçleri üzerindeki etkisi, kağıt akreditif, banka ödeme yükümlülüğü (BPO) ve blok zincirine dayanan akreditif olmak üzere üç model kullanılarak incelenmiştir. Araştırma bulguları, blok zinciri platformu altında süreçler yürütülürken %94 ve BPO kullanılarak %74'e kadar süreç verimliliğinde önemli bir artış gözlemlenmiştir. Ticaret finansmanı süreçlerine uygulanmasıyla elde edilen verimliliğin üretkenliği nasıl artırabileceği ve işlem maliyetlerini önemli ölçüde nasıl azaltabileceği gösterilmiştir. Araştırma bulguları, bankalara, şirketlere ve hükümet yetkililerine blok zinciri teknolojisinin ticaret finansmanındaki önemi hakkında temel bir farkındalık sağlamış ve acil bir dijital dönüşüme ihtiyaç duyulduğunu vurgulamıştır.

Fridgen ve diğerleri (2021), uluslararası ticarete blok zincirinin bankaların yerini alıp alamayacağına dair üç model üzerinde süreç odaklı analizler yapmıştır. “*Blok zinciri teknolojisi, akreditif için merkezi yaklaşıma kıyasla alternatif sağlayabilir mi?*” sorusuna cevap aramışlardır. Bankaların aracı olmamasının teoride mümkün olabileceğini ancak pratikte pek mümkün olamayacağına dair görüşleri savunmuşlardır. Çalışma, gelecekte finansman sağlamak için çok

basit ve etkili alternatifler geliştirilmediği sürece akreditifleri tamamen aracısızlaştırmanın mümkün olamayacağını göstermiştir. Araştırmada standardizasyonun önemi ve farklı uluslararası yasal çerçeve ve politik koşullarla birlikte gelen zorluklar vurgulanmıştır. Lehtara yapılacak ödemenin kilitlenmesinin, modellerin önünde önemli bir engel olduğunu ancak kısmi bir aracısızlaştırmanın gerçekçi ve umut verici olduğunu paylaşmışlardır. Blok zincirinin araçların ortadan kaldırılması özelliğine büyük bir potansiyel atfedilmesine rağmen araştırma bilimsel kanıt pek sağlayamamıştır. Bu teknolojiler ile finansal hizmetler sektöründe bankalar gibi üçüncü taraflara hala ihtiyaç duyulacağı ancak, rollerin ve iş modellerinin önemli ölçüde değişeceği beklenmektedir.

Kowalski ve diğerleri (2021), blok zinciri teknolojisi ve ticaret finansmanında güven ilişkilerini araştırmıştır. Güven sorunlarına çözüm olarak blok zinciri teknolojisinin ticaret yapanların arasındaki güven ilişkilerini nasıl etkilediğini incelemek için sektör uzmanlarıyla derinlemesine görüşmeler yapılmıştır. Blok zinciri teknolojisi ile işlemlerin ve veri alışverişinin güvenliği iyileştirilerek, iletişimin verimliliği ve kalitesi artırılarak ve ticaret yapan tarafların öngörülebilirliğini sağlanarak güven ilişkilerinin geliştirildiği sonucuna varılmıştır.

Tevetoğlu (2021), güven esasına dayanan sözleşmelerin ifasına yönelik risklerin giderilmesine, teknoloji çözüm getirebilir mi? sorusuna cevap aramıştır. Bitcoin ile ortaya çıkan blok zinciri teknolojisinin Ethereum ile birlikte daha fazla tartışılır, merak edilir hale geldiğini, akıllı sözleşme kavramının mezkûr sözleşmenin, taraflarının karşılıklı, subjektif güvenine mahkûm edilmeden, kendi kendini ifa edebilmesinin yeniden tartışılmasına ve heyecanla karşılanmasına yol açtığını belirtmiştir. Bu makalede, Ethereum üzerinde geliştirilebilen ve uygulanabilen akıllı sözleşmelerin ne anlama geldiği, kendi kendini nasıl ifa edebildiği, gelecekteki teknoloji ve hukuk işbirliğine dair hangi etkileşimleri yarattığı ve bunların hukuki sonuçları incelenmiştir. Akıllı sözleşmelerin fayda sağlayabilmesi için yazılım ve donanım yeterliliği, kullanımın yaygınlığı ve kullanıcı tecrübesinin oluşması önemlidir. Akıllı sözleşmelerdeki güvenlik sorunları, şeffaf yapısının gizlilik ihtiyacı bakımından oluşturduğu çekinceler, DAO örneğindeki gibi hacklenme riskleri, geri alınmazlık ve uyarılama yapılamaması tereddüt noktalarıdır. Yapay zekâ ve doğru veri ile desteklenmesi halinde akıllı sözleşmelerin önümüzdeki yıllarda sözleşmeler hukukunu önemli ölçüde etkileyecek ve değiştirecek bir altyapı ve teknoloji olmaya aday olduğunu ifade etmek

mümkündür. Özel şekil şartlarına tabi olan istisnalar dışında bu programların hukuken geçerli ve bağlayıcı birer akıllı sözleşme olarak kabul edilmesinin önünde bir engel bulunmamaktadır.

Vurdu (2021), blok zinciri teknolojisinin dış ticaretteki potansiyel uygulama alanlarını araştırmıştır. Blok zinciri teknolojisinin gelecekte dış ticaret ile ilgili alanlar üzerinde önemli etkilerinin olacağı anlaşılmaktadır. Blok zincirin yapısal eksikliklerinin tamamlanarak, iş dünyası ve kamu tarafından zaman içinde kademeli olarak kullanıma uygun duruma gelmesi değerlendirilmektedir. Ayrıca blok zincirinin dış ticaret alanında etkin kullanımı için özel, kamu ve uluslararası kuruluşların işbirliğinin gerekli olduğu görülmektedir.

Ruslan (2022), blok zinciri ile akreditifin kullanımına ilişkin literatür taraması yapmıştır. Araştırma, geleneksel akreditif sorunlarının blok zinciri ile giderilebileceğini ve uluslararası ticarete fayda sağlayabileceğini ortaya çıkarmıştır. Blok zinciri, akıllı sözleşmeler ve IoT ile otomasyon sağlanabilir, süreç daha şeffaf olabilir, basitleştirilebilir, hızlandırılabilir ve daha iyi güvenlik sağlanabilir. Ancak, blok zincirinin zayıflıklarına dikkat etmek gerekir. Bunlar, blok zincirinin yalnızca sınırlı sayıda varlığa izin vermesi, birlikte çalışabilirlik sorunları, insan yargısına ihtiyaç duyan otomatikleştirilemeyen belge incelenmesi ve para birimi olarak sıralanabilir. Bununla birlikte, en önemli faktör, teknolojinin ölçeklenebilirliğini sınırlayan belirsizlikleri barındıran blok zinciri akreditifinin yasal sorunudur. Bu nedenle, bu teknolojilerin kullanılması hakkında uluslararası bir düzenleme yapılması ve ulusal yasalar ile uyumlu hale getirilmesi gerekir. Blok zincirine dayanan akreditifin geleceği, kullanıcıların teknolojiyi benimseme isteğine bağlıdır. eUCP'nin düşük benimsenme oranı, bu alandaki belirsizlikleri yansıtmaktadır ve blok zincirine dayanan akreditifin benimsenme oranını artırmak için destekleyici bir yasal ortama ihtiyaç duyulmaktadır.

Toorajipour ve diğerleri (2022), uluslararası ticarete blok zinciri esaslı uçtan uca ödeme konusunu araştırmışlardır. Uluslararası ticarete, karmaşık süreçler, bilgi sızıntısı riski, yüksek maliyetler, üçüncü tarafların ticari işlemlere dâhil olmasından kaynaklanan zorluklar bazı sorunlardır. Bu çalışma, uluslararası ticaret bağlamında üçüncü taraflara bağlı işlemlerin eksikliklerini gidermek için yeni bir iş süreci modellemesi önermektedir. Blok zincirinin rol ve yeteneklerini analiz ederek ve tanımlayarak blok zinciri teknolojisine dayalı bir akreditif (BTLC) önermektedir. İş süreçleri, akreditif mekanizması, blok zinciri ve akıllı sözleşmeler hakkında temel araştırmalar yapılmıştır. Öncelikle akreditif süreci çıkartılmış, dijital akredifi geliştirmek için blok

zincirinin rolleri ve yetenekleri araştırılmış ve yeni blok zinciri tabanlı akreditif süreci oluşturulmuştur. BTLC ile işlemlerin şeffaflığı ve izlenebilirliği sağlanarak dolandırıcılık ve yolsuzluk önlenir ve kara para aklama gibi yasadışı uygulamalar uzun vadede işlemler takip edilerek engellenir. BTLC kullanımı alıcıyı ve satıcıyı bankalardan bağımsız kılar, işlem belgelerini gizli tutar, maliyetleri düşürür ve işlem hızını artırır. Blok zincirinin kurcalamaya dayanıklı yapısı ve kriptografi gibi gelişmiş özelliklere sahip olması nedeniyle bilgi güvenliğini artırır. Bu araştırma ayrıca blok zinciri tabanlı işlemler, akreditifler, iş süreci modellemesi ve iş modeli prototiplemesi alanında literatüre de katkıda bulunmaktadır. Blok zincirinin potansiyel uygulamaları ve tedarik zincirinin tüm seviyelerinde iş işlemlerini nasıl kolaylaştırabileceği konusunda perspektif sağlayarak sektöre katkıda bulunmaktadır.

Özkan (2022), “*Akreditifte Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmelerin Uygulanabilirliğinin Hukuki Açıdan Değerlendirilmesi*” isimli tezinde blok zinciri ve akıllı sözleşme teknolojilerinin akreditif sürecinde paradigma değişikliği yaratabilecek güçte olup olmadığı hukuki bir bakış açısıyla incelenmekte ve bu teknolojilerin akreditife uygulanmasının hukuki sonuçları ele alınmaktadır. Bu kapsamda, akreditifte blok zinciri modelinin vaatleri ve önündeki engeller bir arada verilmektedir. Blok zinciri tabanlı akıllı akreditif modeli için hangi tür blok zinciri ağının ve hangi uzlaşma mekanizmalarının kullanılmasının uygun olacağı açıklanmakta, akreditifte blok zinciri modelinin hukuki geçerliliği aşama aşama incelenmektedir. Bunu yaparken, mevcut hukuki düzenlemelerden hareket edilmekte, yasal zeminin uygulamaya hazır olup olmadığı değerlendirilmektedir. Mevcut düzenlemelerin yeterli olmadığı noktada alternatif yöntemler önerilmektedir.

Blok zinciri teknolojisi büyük şirketler tarafından birçok endüstri üzerinde kullanılmaya çalışılmaktadır. Birçok firma ile ortaklaşa hareket eden IBM farklı endüstrilerde hizmet vermektedir. IBM ile birçok şirket arasında tedarik zinciri, üretim, perakende, eczacılık, tüketim malları gibi farklı endüstriler için projeler ve anlaşmalar yapılmaktadır. IBM Global Financing platformu üzerinde akıllı kontratlar ile finanslar çözümler üzerinde projeler yapmaya devam etmektedir. IBM 2017 yılında lojistik ve denizcilik endüstrisinde çalışmalar yapmak için uluslararası bir nakliye şirketi olan Maersk ile blok zinciri tabanlı bir nakliye ve tedarik zinciri yönetiminin kurulması için iş birliği başlatmıştır. IBM Şeffaf Tedarik Zinciri çözümü ile tedarik zinciri verilerinin kurumsal bir blok zinciri platformunda paylaşmakta ve daha fazla işlevsellik sağlanmaktadır. Tedarik zinciri şeffaflığı çözümü ve yönetim sistemiyle, tedarik zinciri ortaklarıyla

daha güvenilir ve verimli bir şekilde işlem yapılması için dağıtılmış ve paylaşılan bir defter kullanılır. İşletmeler için envanter yönetimi ve mevzuata uygunluk için blok zincirinin önemi ortaya konulmuştur. Yine IBM Gıda Güvenliği çözümü yetiştiriciler, toptancılar, dağıtıcılar, üreticiler, perakendeciler ve diğerlerinden oluşan işbirliğine dayalı bir ağıdır ve gıda tedarik zinciri boyunca şeffaflığı ve hesap verilebilirliği artırır. IBM Blockchain üzerine inşa edilen bu çözüm, gıda menşei, işlem verileri, işleme ayrıntıları ve daha fazlasına ilişkin izin verilen, değiştirilemez ve paylaşılan bir kayıt aracılığıyla katılımcıları birbirine bağlar (IBM Blockchain Web Site, 2023).

Irmak (2023), “*Uluslararası Ticarete kullanılan Akreditif Ödeme Yönteminde Blokzincir Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler*” makalesinde blok zinciri teknolojisinin dış ticarete kullanılan akreditif ödeme yöntemindeki potansiyel kullanımını ve akıllı sözleşmelerin rolünü ele almaktadır. Makalede, akreditif ödeme yönteminin blok zinciri teknolojisine entegrasyonu incelenerek dış ticarete dijitalleşmenin önemi vurgulanmaktadır. Makalede, blok zinciri teknolojisinin akreditif ödeme yöntemine getirdiği yenilikleri ve potansiyel avantajları ortaya konulmaktadır.

Delioğlu (2023)’e göre, blok zinciri üzerinden kurulan akıllı sözleşmelerin hiçbir güce tabi olmaması ve her ne olursa olsun sözleşme hükümlerinin sistem tarafından ifa edilmesi sözleşmeler hukukuna ciddi yenilikler getirmiştir. Akıllı sözleşmelerin hukuki niteliği tartışmalı olsa da sözleşme olarak kabul edilmeleri gerekir. Akıllı sözleşmeler, kodun ve dijitalleşmenin yer aldığı her alan ve sektörde kullanılabilir. Kodlanan eylemleri hiçbir aracıya gerek kalmaksızın ve mutlak suretle yerine getiren akıllı sözleşmeler, sağladığı avantajlarla birçok alanda kullanılmaya başlanmış veya kullanmaya başlanması için adımlar atılmıştır.

Tezde yer alan bölümler aşağıda kısaca özetlenmektedir:

Giriş: Bu bölümde tezin amacı, kapsamı ve kısıtları hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca literatür taraması yapılmış yapılan çalışmalar açıklanmıştır.

Birinci Bölüm: Uluslararası Ticarete Ödeme Yöntemleri ve Akreditif

Bu bölümde, uluslararası ticarete aynı zamanda LNG ticaretinde de kullanılan bir ödeme yöntemi olan akreditifin temel işleyişi ve tarafları hakkında genel bilgiler sunulmaktadır. Akreditifin tanımı, işleyişi, hukuki niteliği ve dijital dönüşüm süreci açıklanmaktadır.

İkinci Bölüm: Blok Zinciri Teknolojisi ve Sözleşmelerde Kullanımı

Bu bölümde, akreditifte karşılaşılan sorunların nasıl çözülebileceği araştırılmıştır. Blok zinciri kavramlarına odaklanılmıştır. Blok zinciri teknolojisinin merkeziyetsiz, değiştirilemez, güvenli, verimli, şeffaf olması gibi özellikleri incelenmiştir. Blok zincirinin teknik temeli ve işleyişi, blok zinciri çeşitleri ve platformları, blok zincirinin avantajları ve dezavantajları hakkında bilgi verilmiştir. Akıllı kontratların, çalışma mekanizmaları ve uygulamaları üzerinde durulmuş, nasıl oluşturulduğu, hukukî boyutu açıklanmıştır. Blok zinciri ve akıllı kontratların kullanılmasının önündeki engeller araştırılmıştır. Akıllı kontratların kullanılmasıyla hangi risklerin ortaya çıkabileceği risk çerçevesinden incelenmiştir.

Üçüncü Bölüm: LNG Ticareti ve Sözleşme Yapıları

Bu bölümde ticareti yapılan emtia olarak öncelikle LNG hakkında bilgiler verilmiş günümüz enerji kaynakları içindeki öneminden bahsedilmektedir. Akreditifin LNG anlaşmalarındaki yeri hakkında bilgi verilerek mevcut durumun eksiklikleri, taraflar arasındaki riski ne düzeyde azalttığına dair araştırma yapılmıştır. LNG değer zinciri, LNG Satış ve Satın Alma Sözleşmeleri hakkında araştırmalar yapılmıştır. Akıllı kontratların LNG anlaşmalarına uygulanabilirliği üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Dördüncü Bölüm: LNG Ticaretinde Blok Zinciri Tabanlı Akıllı Sözleşme Modeli

Bu bölümde, blok zinciri tabanlı akıllı sözleşme modeli ele alınmaktadır. Farklı blok zinciri modelleri incelenerek tavsiye edilen model açıklanmaktadır. Geleneksel akreditif sistemine alternatif olarak akıllı kontratların bir sistem içinde uygulanabilirliğinden bahsedilmiştir. Ayrıca, örnek bir akreditifin akıllı sözleşmeye nasıl dönüştürülebileceği ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Solidity dili ile Ethereum platformu üzerinde akıllı kontrat kodları yazılmıştır. Örnek bir sözleşmenin maddeleri kodlanmıştır. Akıllı sözleşmelerin kullanılmasıyla ortaya çıkacak değişiklikler irdelenerek “*Akıllı bir sözleşme ile kısmen veya tamamen otomatikleştirilmiş bir LNG ticaret süreci mümkün müdür?*” sorusuna cevap aranmıştır.

Beşinci Bölüm: Sonuç

Tez çalışması hakkında sonuçlar ve çıkarımlar yapılarak yapılan bu yazılımın/uygulamanın uygulanabilirliği ve çıktıları anlatılmıştır.

BÖLÜM 1: ULUSLARARASI TİCARETTE ÖDEME YÖNTEMLERİ VE AKREDİTİF

1.1. Uluslararası Ticarete Ödeme Yöntemleri

Ticaret genel bir ifadeyle alıcı ile satıcı arasında belirli bir mal ya da hizmetin kazanç sağlamak amacıyla el değiştirmesi olarak tanımlanabilir. Ancak uluslararası ticaret, farklı ülkelerden gelen bir dizi paydaşın dâhil olduğu daha karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte Satıcı (İhracatçı), Alıcı (İthalatçı), Bankalar, İmalatçılar vb. aktörler olabilir. Uluslararası ticaret, bu farklı aktörlerin işbirliği yapması gereken bir alandır ve her biri kendi ülkesinin hukuki normlarına tabi olabilir. Farklı ülkelerin ulusal ve uluslararası hukuk kuralları, ticaret sürecinin yönetilmesinde büyük bir rol oynar. Bu hukuki kurallar, ticaretin düzenlenmesi, sözleşmelerin uygulanması ve ihtilafların çözülmesi gibi konularda geçerlidir. Bu nedenle, uluslararası ticaret işlemleri, hukuki, finansal ve operasyonel açıdan karmaşıktır ve dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu süreçte doğru belgelerin sağlanması, ödeme taahhütlerinin yerine getirilmesi ve ihtilafların çözülmesi gibi faktörler önemlidir.

Uluslararası ticaretin karmaşıklığı ve çok uluslu yapısı, çeşitli riskleri içerir ve bu riskler ticaretin her aşamasında karşılaşılabilen önemli zorluklara yol açabilir. Taraflar arasında güvenli bir ödeme yöntemi belirlemek ve sözleşmelerin dikkatli bir şekilde oluşturulması, bu riskleri yönetmek ve işlemleri sorunsuz bir şekilde gerçekleştirmek için kritik öneme sahiptir. Uluslararası ticarete karşılaşılan bazı riskler şunlardır:

- **Siyasi ve Ekonomik Riskler:** Ülkeler arasındaki siyasi istikrarsızlık veya ekonomik dalgalanmalar nedeniyle ticari işlere yönelik kısıtlamalar veya değişkenler ortaya çıkabilir. Örneğin, bir ülke ticari ambargo uygulayabilir veya bu ülkeye ambargo uygulanabilir.
- **Taşıma ve Lojistik Riskleri:** Sınır ötesi taşımacılık, uzak mesafe ve sevkiyat süreleri gibi faktörler ticarete riskler oluşturabilir. Malın hasar görmesi, kaybolması veya gecikmesi gibi lojistik sorunlar ticareti etkileyebilir.
- **Ödeme/Kur Riskleri:** Uluslararası ticarete alıcı ve satıcı, sözleşme konusu malın ödemesi ve teslimatıyla ilgili risklerle karşı karşıyadır. Döviz kurlarındaki ani dalgalanmalar ticaret

işlemlerini etkileyebilir. Alıcı malı almadan veya ödeme yapmadan önce satıcıya güvenmek zorundadır. Satıcı ise alıcının ödeme yapacağından emin olmalıdır.

- **Karşılıklı İfa Zorlukları:** Uluslararası ticarette edim borçlusu ve para borçlusu arasındaki coğrafi uzaklık, edimlerin aynı anda ve karşılıklı olarak ifa edilmesini zorlaştırır. Bu nedenle, hangi tarafın önce teslimatı yapacağı ve hangi tarafın önce ödeme yapacağı gibi konular belirsizlik yaratabilir.
- **Kredi/Ödeme Yöntemi Riskleri:** Farklı ödeme yöntemleri kullanılarak riskler azaltılabilir. Örneğin, akreditif gibi ödeme garantisi sağlayan yöntemler veya vadeli ödeme anlaşmaları riskleri minimize etmeye yardımcı olabilir (Alhattab, 2018).

Uluslararası ticarette taraflar arası sözleşme ile belirlenmiş olan ödeme şekillerinin seçimi taraflar arasındaki güven ilişkisine dayanmaktadır. Bazı ödeme şekillerinde riski ihracatçı üstlenirken, bazı ödeme şekillerinde ithalatçı üstlenebilmektedir. Ödeme şekillerinde taraflar kendilerine avantaj sağlayan ve kendilerini risk altına sokmayacak ödeme şeklini tercih etmektedir. Farklı ihtiyaçlar ve şartlar sonucu farklı ödeme şekilleri ortaya çıkmıştır. Günümüzde uluslararası ticarette kullanılan başlıca ödeme yöntemleri; peşin ödeme, mal mukabili ödeme, vesaik mukabili ödeme, akreditif ve banka ödeme yükümlülüğüdür. Bu yöntemler, uluslararası ticarette yabancı bir ülkedeki alıcının ödeyeceği sözleşme bedelinin ne şekilde güvence altına alınacağını belirlemektedir (Topal, 2021).

Peşin Ödeme: Uluslararası ticarette peşin ödeme, alıcının malları henüz teslim almadan önce, sözleşme bedelini peşinen ödemeyi üstlendiği yöntemdir. Bu yöntemde alıcı, mal bedelini nakit olarak ödeyebilir veya kendi bankası aracılığıyla satıcının bankasına havale ettirebilir. Sözleşme bedeline henüz kendi edimini ifa etmeden kavuşan satıcı için bu yöntem oldukça avantajlıdır. Diğer yandan, sözleşmeye uygun olmayan bir ifanın gerçekleşmesi halinde riski alıcı taşımaktadır. Peşin ödeme yöntemine uluslararası ticarette son derece nadir başvurulmaktadır. Daha çok tarafların birbirlerini tanıdığı, satıcının sektördeki itibarına veya satıcının mukim olduğu ülkeye güvenildiği durumlarda tercih edilmektedir (Boztürk, 2007).

Mal Mukabili Ödeme: Açık hesap olarak da anılan mal mukabili ödeme, peşin ödemenin tam tersi şekilde işlemektedir. Bu ödeme yönteminde, satıcı henüz bedeli almadan malı yüklemekte ve sözleşme bedelini daha sonra almayı kabul etmektedir. Bu ödeme şeklinde risk ihracatçı üzerindedir. Satıcı, sözleşme konusu malı yükledikten sonra, alıcının malı teslim almasına sağlayan

belgeleri alıcıya posta, banka ya da güvenilir üçüncü bir kişi aracılığıyla gönderir. Alıcı, bu belgeler ile malı gümrükten çekebilir. Satış bedeli ise taraflar arasındaki anlaşmaya göre, belirlenen şartların yerine getirilmesi halinde veya kararlaştırılan vadede yapılır. Dolayısıyla mal mukabili ödeme yönteminde satıcı borcunu ifa etmesine rağmen, alıcı bedel ödeme borcunu sonraki bir tarihte yerine getirmektedir. Satıcı, alıcının şahsi durumundan veya ülkesinden kaynaklanan sebeplerle mal bedelini vadesinde veya hiç alamama riskiyle karşı karşıyadır. Sözleşme yapılması, banka garantisi verilmesi veya emtia için sigorta yapılması ile satıcı riskini azaltabilir (Topal, 2021).

Vesaik Mukabili Ödeme: Vesaik mukabili ödeme yöntemi, uluslararası ticarete belge tabanlı bir ödeme yöntemidir ve genellikle alıcının ödeme garantisi sağlamak için kullandığı bir yöntemdir. Bu yöntemde belgeler, malın teslimini ve ödemenin yapılmasını düzenler ve düzgün bir şekilde sunulduğunda ödeme yapılması gereken belgelerdir. Bazı yaygın kullanılan belgeler şunlar olabilir: Taşıma Belgeleri: Genellikle navlun faturası veya taşıma senedi olarak adlandırılır. Bu belgeler, malın nakledildiği ve teslim edildiği taşıma yöntemine bağlı olarak farklı isimler alabilir. Bu belgeler, malın taşıma sırasında güvenli bir şekilde teslim edildiğini doğrular.

Fatura: Satıcının alıcıya mal veya hizmet için çıkardığı bir belgedir. Bu fatura, malın veya hizmetin ayrıntılarını ve fiyatını içerir.

Konşimento: Deniz taşımacılığıyla ilgili olarak kullanılan bir belgedir. Malın taşıma sırasındaki hareketini ve sahipliğini belirler.

Sigorta Poliçesi: Mal taşınması sırasında sigortalıysa, sigorta poliçesi ödeme belgelerinden biri olabilir.

Diğer İlgili Belgeler: Ticaretin niteliğine göre, özellikle türüne bağlı olarak çeşitli belgeler de vesaik mukabili ödeme işlemine dâhil edilebilir. Bu belgeler, ticaretin türüne ve gereksinimlerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Vesaik mukabili ödeme yönteminde, belgelerin doğru ve eksiksiz bir şekilde sunulması, ödemenin yapılabilmesi için kritik bir rol oynar. Belgelerde herhangi bir hata veya eksiklik, ödemenin gecikmesine veya iptal edilmesine neden olabilir. Bu nedenle satıcılar ve alıcılar, bu belgelerin nasıl hazırlanması gerektiği ve hangi belgelerin gerektiği konusunda dikkatli olmalıdır. Ayrıca, bu işlem sırasında bankaların sadece belge ibrazını değerlendirdiğini ve malların fiziksel teslimatını kontrol etmediklerini unutmamak önemlidir. Bu nedenle taraflar, belgelerin özenle hazırlanması ve sunulması gerektiğine dikkat etmelidir (Boztürk, 2007).

Banka Ödeme Yükümlülüğü: Özellikle akreditif işlemine benzer olmasının yanı sıra bazı önemli hususlar bakımından özel ve kendine özgüdür. Akreditiften bazı farklılıklar içermektedir. BPO makine iletişimine bağlı otomatikleştirilmiş bir sistemdir. Aynı bankacılık araçlarıyla ilgili işleme bağlı bankalar arası bir taahhüttür. Günümüzde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Banka Ödeme Yükümlülüğü yönteminin bazı temel özellikleri ve avantajları şunlardır:

- Banka Ödeme Yükümlülüğü, verilerin elektronik ortamda işlenmesine dayanır. Akreditif gibi kâğıt belgelerin fiziksel olarak taşınması veya sunulması gerekmeyen bir avantaj sunar. Verilerin elektronik ortamda paylaşılması, süreci hızlandırabilir ve maliyetleri azaltabilir.
- Banka Ödeme Yükümlülüğü işleminde, akreditif gibi fiziksel belgelerin ibrazı gerekli değildir. Bu, ticaretin hızlanmasına ve işlem maliyetlerinin düşmesine yardımcı olabilir. Belgelerin elektronik olarak paylaşılması yeterlidir.
- Akreditif işleminde bankanın yükümlülüğü doğrudan lehtara karşı iken Banka Ödeme Yükümlülüğü yönteminde alıcının bankası doğrudan satıcının bankasına karşı bir ödeme yükümlülüğü altına girer. Bu nedenle, ödeme işlemi alıcının bankası ve satıcının bankası arasında gerçekleşir. Bu, alıcının ödeme yapma yükümlülüğünü yerine getirmediği durumda satıcının bu riski azaltmasına yardımcı olabilir.
- Banka Ödeme Yükümlülüğü yöntemi, verilerin elektronik olarak işlenmesi ve karşılaştırılması nedeniyle işlem hızını artırabilir. Belgelerin fiziksel olarak taşınması ve inceleme süreçlerinin uzunluğu gibi gecikmeler yaşanmaz. Şeffaflık ve kontrol artar.
- Banka Ödeme Yükümlülüğü işlemi, fiziksel belge taşıma, inceleme ve saklama maliyetlerini azaltabilir. Ayrıca, belgelerin hızlı ve otomatik bir şekilde işlenmesi, işlem maliyetlerini düşürür ve etkinliği artırır (Alhattab, 2018).

Her ödeme yönteminin avantajları ve dezavantajları vardır ve hangi yöntemin kullanılacağı, ticaretin türüne, tarafların ihtiyaçlarına ve risk toleranslarına bağlı olarak değişebilir. Banka Ödeme Yükümlülüğü, özellikle akreditifin bazı dezavantajlarından kaçınmak isteyen taraflar için cazip olabilir, ancak her işlemde uygun olup olmadığını değerlendirmek önemlidir.

Akreditif: Akreditif, en genel anlamıyla, bir bankanın, alıcının talimatı doğrultusunda, belirli şartların yerine getirilmesi halinde satıcıya ödeme yapma yükümlülüğü olarak tanımlanabilir. Akreditif, uluslararası ticarete taraflar arasında ödemenin güvence altına alınmasını sağlayan güvenilir bir ödeme yöntemidir. Akreditif işlemi, işlemlerin eş zamanlı ve karşılıklı yürütülmesine

nedeniyle, uluslararası ticaretin yapılış düzenindeki belirsizlik sorununun çözümünde faydalı bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Akreditif, alıcı ve satıcı arasında güvenin korunmasını sağlar çünkü belgelerin doğru ve eksiksiz olarak ibraz edilmediği durumda ödeme yapılmaz. Ayrıca, akreditif işlemi, satıcının başka bankalardan kredi kullanmasını kolaylaştırabilir ve finansman sağlama konusunda esneklik sunabilir. Akreditifin güvence, ödeme ve kredi fonksiyonları vardır. Bankalar aracılığıyla gerçekleştirilen bu işlem, uluslararası ticarete taraflar arasında yaşanabilecek krizlere karşı bir tür sigorta işlevi görebilir. Bu nedenlerle, akreditif uluslararası ticarete sıkça tercih edilen bir ödeme yöntemidir (Topal, 2021).

Akreditif işleminin temel aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Sözleşme ve Karar: Alıcı ile satıcı (ithalatçı ile ihracatçı) arasındaki temel satış sözleşmesinde, ödemenin akreditif yoluyla yapılacağına dair karar alınır.
2. Akreditif Açma: İthalatçı açılacak akreditif ile ilgili akreditif vadesi, yükleme vadesi, ulaşım yolu, fatura, yükleme belgesi, sigorta belgesi gibi belgelerin nasıl düzenleneceği ve diğer ayrıntıları akreditif açtırma talimatında amir bankaya bildirmek zorundadır.
3. Muhabir Banka (Satıcı Bankası): Alıcı tarafından belirlenen banka, akreditifi lehtar bankaya açar ve bildirir. İthalatçının bankası akreditifi, ihracatçının ülkesindeki muhabir bankaya iletir.
4. Belge İbrazı: Satıcı, akreditifte belirtilen şartları yerine getirerek sözleşme gereği malı temsil eden belgeleri muhabir bankaya ibraz eder. Belgelerin uygunluğu, akreditifteki şartlara uygun olmalıdır.
5. Belge İncelemesi: Muhabir banka, ibraz edilen belgeleri inceleyerek akreditifteki şartlara uygunluk kontrolünü yapar. Belgeleri amir bankaya gönderir. Amir banka da akreditif koşullarına göre belgeleri inceler.
6. Ödeme: Eğer ibraz edilen belgeler akreditifteki şartlara uygunsa, ödeme gerçekleşir ve satıcıya ulaşır.
7. Akreditifin Kapanışı: İşlem tamamlandığında, akreditif kapanır (Boztürk, 2007).

1.2. Akreditif (Letter Of Credit - L/C - LoC)

Akreditif ilişkisi genellikle alıcı (ithalatçı), satıcı (ihracatçı) ve banka arasında kurulur. Ancak akreditifin daha güvenilir ve sorunsuz çalışmasını sağlamak amacıyla, üçüncü tarafların da bu

süreçte yer aldığı görülmektedir. Bu çerçevede, akreditif ilişkisinin temel bileşenleri şunlardır: akreditif açtıran (amir) alıcı, akreditif bankası ve akreditif alacaklısı (lehtar). Ayrıca, akreditife dâhil olan üçüncü taraflar, görevlerine bağlı olarak farklı adlarla anılırlar. Bu taraflar şunlar olabilir: muhabir banka, ödeme bankası, teyit bankası, rambursman bankası veya görevli banka. Bu üçüncü taraflar, akreditif işleminin düzgün bir şekilde ilerlemesine katkıda bulunurlar ve işlemin güvenilirliğini arttıırırlar (Larson, 2018).

Uluslararası bir satış sözleşmesinde akreditif ödeme yönteminin kullanılabilmesi için öncelikle taraflar arasında ödemenin akreditif ile yapılacağına dair bir karar alınmalıdır. Bu sayede, ödeme şekli önceden belirlenir. Alıcı ve satıcı arasındaki sözleşmede bu ödeme şartına "*akreditif şartı*" veya "*akreditif klotu*" denir. Ancak, temel sözleşmede akreditif şartının bulunması, akreditif ilişkisinin otomatik olarak kurulmasına yol açmaz. Bu aşamada alıcı, sözleşmede belirtilen süre içinde bir bankada akreditif açtırmalıdır. Temel satış sözleşmesinde alıcı konumunda olan taraf, akreditif ilişkisinde "*amir*" olarak adlandırılır. Akreditifin açılması için amir, bir bankaya talimat verir ve böylece akreditif süreci başlamış olur (Çebi, 2022).

Akreditifin açılmasının ardından, lehtarın akreditif şartlarına uygun olarak taahhütlerini yerine getirmesi durumunda, amir banka akreditif sözleşmesinde belirtilen tutarı ödemekle yükümlü hale gelir. Akreditif, uluslararası ticarete belgelere dayalı bir ödeme yöntemi olduğundan, amir bankanın lehtara ödeme yapma sorumluluğu, akreditif metninde belirtilen belgelerin lehtar tarafından belirtilen süre içinde bankaya sunulması gerektiği koşuluna bağlıdır. Aksi takdirde, bankanın ödeme yükümlülüğünden bahsedilemez. Bu nedenle akreditif, belgeye dayalı bir işlem olarak kabul edilir ve belgelerin eksiksiz ve doğru bir şekilde sunulması gerekmektedir (Adıgüzel, 2019).

İbraz işlemi, bir akreditif altında belgelerin amir bankaya veya görevli bankaya sunulması veya bu şekilde sunulan belgeleri ifade eder. İbraz edilen belgelerin akreditif şartlarına uygun olup olmadığı, bankalar tarafından yapılan inceleme sonucunda belirlenir. Belgelerin akreditif sürecindeki rolü göz önüne alındığında, ibraz edilmesi gereken belgelerin ne olduğu ve hangi bilgileri içermesi gerektiği gibi konuların açıkça akreditif metninde belirtilmesi büyük önem taşır. Bu bağlamda, belgenin kim tarafından düzenleneceğinin de akreditif metninde açıkça belirtilmesi tavsiye edilir. Bu, işlemi daha şeffaf ve sorunsuz hale getirir ve belgelerin akreditif şartlarına uygunluğunun doğru bir şekilde değerlendirilmesine yardımcı olur. Belge incelemesini

gerçekleştiren banka, eğer ibraz edilen belgeler akreditif şartlarına uygun değilse veya belgeler akreditifte belirtilen süre içinde teslim edilmezse, lehtar temel ilişkiden doğan yükümlülüğünü yerine getirmiş olsa bile, bankanın ödeme yükümlülüğü doğmaz. Başka bir ifadeyle, belgelerin akreditif şartlarına uygun olmadığı veya zamanında sunulmadığı durumlarda banka ödeme yapma sorumluluğuna sahip değildir. Ancak, amir banka bazen ibraz edilen belgelerin akreditif şartlarına uygunluğu konusunda tereddüt yaşayabilir. Bu durumda, banka akreditife "rezerv" koyarak bu rezervi lehtara bildirmekle yükümlüdür. Banka, rezerv altında ödeme yapma veya belgeleri reddetme seçeneğine sahiptir. Amir banka, yaptığı inceleme sonucunda belgelerin akreditif şartlarına uygun olduğunu onayladığında ödeme gerçekleştirilir. Genellikle, akreditif bedelinin banka tarafından lehtara ödenmesi, akreditif ilişkisini sonlandırır (Adıgüzel, 2019).

Akreditif, bankaların işlem yaparken yalnızca gönderilen belgeleri dikkate aldığı ve gönderilen malların veya hizmetlerin niteliği ile ilgilenmediği bir finansal araçtır. Bankalar, belgelerin akreditif şartlarına uygun olup olmadığını incelemekle yükümlüdürler ve gönderilen malların türü veya kalitesi gibi hususlara dâhil olmazlar. Ayrıca, malların ayıplı olup olmadığı gibi konular da bankaların ilgi alanına girmemektedir. Bu tür uyuşmazlıklar genellikle alıcı (ithalatçı) ve satıcı (ihracatçı) arasında çözülebilecek meselelerdir. Bu bağımsızlık ilkesi ve bankaların belgeye bağlı olarak çalışması kuralı, alıcının ve satıcının çıkarlarını korumayı amaçlar. Temel ilişkiden bağımsızlık ilkesi, alıcının çıkarlarını gözetirken, bankaların sadece ibraz edilen belgelere dayalı olarak ödeme yapma kuralı ise satıcıyı korur. Bu iki ilke, akreditifin güvenli ve etkili bir ödeme yöntemi olarak kullanılmasını sağlar (Larson, 2018).

Belge esaslı olma ilkesi gereği, amir banka, belgelerin akreditif metninde öngörülen şartlara uygun bir şekilde ibraz edilmesi durumunda akreditif bedelini lehtara ödemekle yükümlüdür. Bankaların bu noktada temel yükümlülüğü belge incelemesi yapmakla sınırlıdır. Ancak, belgelerin incelenmesi konusunda kullanılacak yöntemler ve yaklaşımlar hakkında farklı görüşler ve uygulamalar olabilir. Belgelerin incelenmesindeki yaklaşımlar, genellikle akreditif metni ve yerel yasal düzenlemelere göre belirlenir. Bu nedenle, farklı ülkelerde veya farklı bankalarda, belge incelemesiyle ilgili bazı farklılıklar olabilir. Özellikle belgelerin karmaşıklığı veya özel şartlar gerektirmesi durumunda bankalar arasında iletişim ve danışmanlık önemli olabilir. Sonuç olarak, belge incelemesi konusunda farklı yaklaşımların olabileceği unutulmamalıdır, ancak bu

yaklaşımlar genellikle akreditif metni ve ilgili yasal düzenlemelere uygun olarak belirlenir (Yılmazcan, 2015).

Akreditif, uluslararası ticarete alıcı ve satıcı arasındaki riskleri en aza indirmek amacıyla kullanılan bir finansal araçtır. Akreditif, alıcının malın tam ve gereği gibi teslim edilmemesi riskine karşı korunmasını sağlar. Malın doğru ve zamanında teslim edilmediği durumlarda ve akreditif şartlarına uygun belgeler ibraz edilmediği sürece ödeme yapılmaz. Satıcı da akreditif kullanarak emtia bedelini alma güvencesine sahip olur. Akreditifte belirtilen belgeleri doğru ve eksiksiz bir şekilde sunarak, ödeme alabilir. Akreditif, her iki tarafın da ticaret işlemleri açısından karşılaşılabileceği riskleri en aza indirir. Malların teslimi ve ödemenin her iki taraf için de belgelere dayalı bir süreç olması riskleri azaltır. Belgeler, akreditif işleminin merkezindedir. Belgelerin akreditif şartlarına uygunluğu, ödemenin yapılmasının anahtarıdır. Belgelerin eksiksiz ve doğru olması, işlem sürecinin sorunsuz ilerlemesi için kritiktir. Akreditif, temel ilişkiden bağımsız bir banka taahhüdüdür. Akreditifin açılması, ödemenin gerçekleştirilmesi için bir niyet ifadesi olarak kabul edilir. Temel ilişkiden bağımsız olarak, akreditifte belirtilen şartlara uygun belgelerin ibraz edilmesi gerekmektedir. Akreditif, alacak hakkının belge ibrazından sonra sona ermediği bir finansal araçtır. Alacak hakkı, akreditifte belirtilen şartlara uygun belgelerin ibraz edilmesi durumunda devam eder (Larson, 2018).

Akreditif türleri sorumluluk açısından, ödeme şekline göre, banka uygulamasında kullanım türlerine göre sınıflandırılabilir. Birçok akreditif türü vardır. Bunlardan bazıları dönülebilir akreditif, dönülemez akreditif, teyitli akreditif, teyitsiz akreditif, görülüğünde ödeme yoluyla ifa edilen akreditif, ertelenmiş ödeme yoluyla ifa edilen akreditif, poliçe yoluyla ifa edilen akreditif, yenilenen akreditif, kırmızı şartlı akreditif, yeşil şartlı akreditif, karşılıklı akreditif, teminat akreditifi olarak sayılabilir (Çebi, 2022).

Amerikan bankalarının garanti düzenleyemeyecekleri konusundaki genel inanış doğrultusunda, geleneksel vesikalı kredinin bir türevi olan teminat akreditifi icat edilmiştir. Teminat akreditifini geleneksel akreditiften ayırt etmek için geleneksel akreditifi “*ticari akreditif*” (commercial letter of credit), teminat akreditifini ise standby letter of credit olarak adlandırmışlardır. UCP (Uniform Custom and Practise)’de tanımlanan akreditifin tüm koşulları geçerlidir. Şirketin bir iştirakine kullandırılan kredilerin geri ödemesini garanti etmek amacıyla kullanılır. Örneğin, teminat akreditifi iştirakin krediyi geri ödeyememesi durumunda kredi

bedelinin ödeneceğini garanti eder. Bazı durumlarda, satıcının yükümlülüğünü yerine getirmesi koşulu ile daha önceden anlaşılan yöntem dahilinde satıcının ödemeyi tahsil etmesini garanti edebilir. Temel olarak, teminat akreditifi “*ifa*” yerine “*işin ifa edilmemesi veya taahhüdün yerine getirilmemesi*” halini garanti altına alır. Bu da hem akreditifi düzenleyen bankayı hem de akreditif altında ibraz edilecek dokümanın cinsini etkiler. Amir işi “*ifa ettiğini*” iddia etse de, akreditife uygun doküman ibraz edildiğinde banka ödeme yapmakla yükümlüdür. Teminat akreditifi metninde taahhüdün ISP98 (International Standby Practices 98) kurallarına tabi olduğunun açıkça belirtilmiş olması gerekir (Şafak, 2010).

1.3. Dijital Dünyada Akreditifin Geleceği

İnternet, yirminci yüzyılın son çeyreğinde hayatımıza girmiş ve birçok alanda devrim yaratmıştır. Bu devrim, iş yapış modellerini de büyük ölçüde etkilemiştir. Günümüzde, ülke içinde veya uluslararası ticaretin birçok aşaması internet üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Geleneksel ticari ilişkilerde yüz yüze gerçekleşen süreçler, internetin kullanımıyla birlikte önemli değişikliklere uğramıştır. Taraflar arasındaki kimlik tespiti, sözleşme öncesinde müzakereler, karşılıklı irade beyanları ve sözleşme imzalama gibi adımlarda internetin sağladığı kolaylıklar büyük önem taşımaktadır. Ticaretin dijital platformlara taşınması, aynı zamanda birçok verinin elektronik olarak transfer edilmesini ve elektronik belgelerin kullanılmasını beraberinde getirmiştir. Bu da, akreditif gibi belge temelli bir ödeme yöntemini etkileyebilecek bir gelişmedir (Özkan, 2022).

Web 3.0 olarak adlandırılan teknolojik ilerlemeler sonucunda, sözleşme kurma aşamasından ifa aşamasına kadar olan süreçlerin tamamı dijitalleştirilerek, akreditif işleminin tamamen otomatik hale gelmesi mümkün hale gelmektedir. Günümüzde bankaların uluslararası bir satış sözleşmesi için blok zinciri teknolojisi kullanarak ödeme taahhüdünde bulunduğu uygulamalar gözlemlenmektedir. Akreditif işleminin tamamen dijitalleştirilmesi, geleneksel yöntemlerde karşılaşılan sorunların çözülebileceği anlamına gelir. Bu sorunlar arasında akreditif işleminin yavaş ve uzun sürmesi, yüksek maliyetler, şeffaflık eksikliği gibi dezavantajlar bulunmaktadır ve bu engellerin dijitalleşme ile aşılabileceği kabul edilmektedir. Web 3.0 teknolojileri ve blok zinciri gibi gelişmeler, uluslararası ticaretin birçok yönünü değiştirme potansiyeline sahiptir ve akreditif gibi

finansal işlemleri önemli ölçüde etkileyebilir. Bu teknolojilerin akreditif sürecine nasıl etki edebileceği hakkında bazı ana başlıklar şunlardır:

Hız ve Verimlilik: Akreditif sürecinin dijitalleştirilmesi, işlemlerin daha hızlı ve daha verimli bir şekilde tamamlanmasını sağlayabilir. Belgelerin elektronik olarak transfer edilmesi ve otomasyonun kullanılması, işlemlerin elle işlenmesinin yerine otomatik olarak gerçekleştirilmesine olanak tanır. Bu, özellikle büyük miktarda belge işlemi gerektiren uluslararası ticarete büyük bir avantajdır.

Maliyet Tasarrufu: Geleneksel akreditif işlemleri genellikle yüksek işlem maliyetleri ve banka komisyonları gerektirir. Dijitalleşme ve blok zinciri kullanımı, bu maliyetleri azaltabilir ve ticaretin daha ekonomik hale gelmesini sağlayabilir.

Şeffaflık ve Güven: Blok zinciri, işlemlerin şeffaf bir şekilde izlenmesini ve doğrulanmasını sağlar. Böylece tüm taraflar arasında daha fazla güven oluşturabilir. Akreditif sürecinin blok zinciri üzerinde gerçekleştirilmesi, her aşamanın izlenmesini ve doğrulanmasını kolaylaştırabilir. Böylece şeffaflık ve güven sağlanır.

Sözleşme ve Akıllı Kontratlar: Akreditif işlemleri için akıllı kontratlar kullanılabilir. İşlem koşullarının otomatik olarak yerine getirilmesini sağlar. Örneğin, belgelerin belirli bir tarihte ibraz edilmesi veya belirli bir miktarın ödenmesi gibi şartlar, akıllı kontratlar aracılığıyla otomatik olarak uygulanabilir.

Küresel Erişim: Dijitalleşme, uluslararası ticarete daha fazla katılımcının pazara girmesini ve küresel ticaretin genişlemesini teşvik edebilir. Dijital akreditif işlemleri, coğrafi sınırları aşabilir ve farklı ülkelerdeki taraflar arasında iş yapmayı kolaylaştırabilir.

Ancak bu teknolojilerin akreditif sürecine entegrasyonu, bazı zorlukları da beraberinde getirebilir. Özellikle hukuki ve düzenleyici konular, veri gizliliği ve güvenlik gibi konular üzerinde düşünülmesi gereken önemli hususlardır. Ayrıca, tarafların bu yeni teknolojilere geçiş yapması ve bunları benimsemesi zaman alabilir. Sonuç olarak, Web 3.0 teknolojileri ve blok zinciri gibi gelişmeler, akreditif sürecini daha hızlı, daha verimli ve daha güvenli hale getirme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojilerin uluslararası ticarete daha yaygın bir şekilde benimsenmesi, ticaretin geleceğini şekillendirecektir (Blockchain Türkiye Platformu, 2021).

Elektronik belge alanında son dönemde yaşanan gelişmeler, tüm iş süreçlerinde kâğıt kullanımının bir süre sonra tamamen ortadan kalkacağına sinyallerini vermektedir. Bilgi sistemlerinde yaşanan gelişmeler sonucunda elektronik belge kullanımı yaygınlaşmış, hatta bazı alanlarda zorunlu hale gelmiştir. Dış ticaretin finansmanı elektronik belgelerin faydalı olduğu alanlardan biridir. Ancak elektronik belge kullanımı bu alanda henüz yaygınlaşmamıştır. Kâğıt temelli süreçlerin devam etmesi, bu alanın altyapı, mevzuata uyum, yenilikçi ürün ve yatırımlar gibi radikal ve kapsamlı değişikliklere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Dış ticaret, kâğıt belgelerin tamamen ortadan kaldırılabilmesi için işlemde yer alan tüm tarafları bir araya getiren ortak platformların oluşturulmasını gerektirir. Bu durumda elektronik imzadan dış ticarete kadar birçok alanda bir ülkeden diğerine uyum gerekmektedir. Üçüncü bir tarafın güvenilir bir üçüncü taraf olarak hareket etmesine gerek kalmadan belge bütünlüğünü sağlama yeteneğine sahip blok zinciri teknolojisinin ortaya çıkışı, bu uyum için yeni bir umut ortaya çıkarmıştır (Civelek ve Özalp, 2018).

1.4. Akreditifin Avantajları, Dezavantajları ve Riskleri

Akreditif, uluslararası ticarete güvenilir bir ödeme yöntemi olmasının yanı sıra, taraflar arasındaki ifa sırasında belirsizlik sorununa çözüm sağlama gibi bazı avantajlar sunar. Ancak, doğal olarak bazı maliyetler ve bürokrasi içerdiği için diğer ödeme yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha az tercih edilebilmektedir. Akreditifin avantajları ve dezavantajları aşağıda sıralanmaktadır:

Akreditifin Avantajları:

- **Güvenilirlik:** Akreditif, taraflar arasında güven sağlar. Satıcı, belirli koşulların yerine getirilmesi durumunda ödeme yapılacağına dair banka taahhüdü aldığı için riskleri azaltır ve güvenilir bir ödeme yöntemidir.
- **İfa Sırası Belirsizliği Sorununun Çözümü:** Akreditif, taraflar arasındaki ifa sırası belirsizliği sorununu çözebilir. Satıcı, belirli belgeleri ibraz ettiğinde ödeme alacağını bilirken, alıcı da mal teslim edilmeden ödeme yapma riskini azaltır.

- Uluslararası Ticarete Yaygın Kullanım: Akreditif, uluslararası ticarete yaygın bir şekilde kullanılır. Bu nedenle birçok ticari şirket, bu ödeme yöntemini kabul eder ve kullanır.
- Siyasi ve Ekonomik Riskten Koruma: Bankaların aracılığıyla gerçekleştirilen akreditif işlemleri, siyasi veya ekonomik belirsizliklere karşı bir tür sigorta sağlayabilir.
- Finansman Sağlama: Satıcılar, akreditif kullanarak başka bankalardan kredi kullanma olasılığına sahip olabilirler, bu da mali kaynak sağlamayı kolaylaştırır.

Akreditifin Dezavantajları:

- Yüksek Maliyet: Akreditif işlemleri banka komisyonları, inceleme ücretleri ve diğer masraflar nedeniyle yüksek maliyetli olabilir. Böylece, ticaret maliyetleri artabilir.
- Bürokrasi: Akreditif işlemleri karmaşık ve bürokratik olabilir. Belgelerin doğru ve eksiksiz bir şekilde hazırlanması ve inceleme süreçleri bürokrasiyi arttırabilir.
- Sınırlı Esneklik: Akreditif, belirli koşullara bağlıdır ve bu koşulların dışında işlem yapmak zor olabilir. Taraflar arasındaki anlaşmazlıklar veya değişen koşullar akreditifin uygulanmasını zorlaştırabilir.
- Belge/Kâğıt Esaslı: Akreditif işleminde ödeme, belgelerin doğru bir şekilde ibraz edilmesine bağlıdır. Belgelerde hata veya eksiklik olduğunda ödeme gecikebilir veya reddedilebilir. Geleneksel akreditif işlemleri genellikle kâğıt belgelere dayanır ve fiziksel belgelerin bankalara iletilmesini gerektirir.
- Uzun Süre: Akreditif işlemleri, belgelerin fiziksel olarak incelenme süreci ve bankalar arasındaki yazışmalar nedeniyle uzun sürebilir. Bu nedenle, ticaretin hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini zorlaştırabilir.

Akreditif uluslararası ticarete güvenilir bir ödeme yöntemi olsa da, yüksek maliyetleri, işlem süresi ve bürokrasi gibi dezavantajları da göz önünde bulundurularak dikkatlice değerlendirilmelidir. Taraflar, ticaret anlaşmaları yaparken en uygun ödeme yöntemini seçmek için ticaretin özelliklerini, ihtiyaçlarını ve risk toleranslarını göz önünde bulundurmalıdır. Ticaretin türüne, tarafların ihtiyaçlarına ve önceliklerine bağlı olarak farklı ödeme yöntemleri tercih edilebilir. Akreditifin riskleri aşağıda sıralanmaktadır:

Akreditifin Riskleri:

- Akreditifte, gönderilecek bankaya ait SWIFT kodunun hatalı yazılması sonucunda ödeme başka bir bankaya gidebilir. Sonuç olarak itibar riskine neden olabilir.
- Sözleşmede belirtilen taraf ile lehtar ismi tutarsız ise ödeme gerçekleşmez. Ödeme yapılmaması riski ortaya çıkar.
- Vesaikte rezerv varken, ithalatçının bankasına işlemin rezervsiz gönderilmesi operasyonel hatalara neden olmaktadır. Hatayı yapan banka riski taşımaya devam etmekte, ithalatçının bankası yükümlülüğünden feragat etmektedir. İthalatçı banka vesaik kabulü gelmezse akreditif bedelini ödemeyebilir, o ödemezse bile teyit devam ettiği için ihracatçı banka ödemekle yükümlüdür. Bu durum da ihracatçı banka açısından çok büyük bir risktir.
- Akreditifte belgelerinin kaybolması operasyonel bir risktir. Belgeler ibraz edilmezse akreditif ödenmez.
- SWIFT sisteminin çökmesi operasyonel bir risk doğurabilir. Sistemin takip edilip doğru çalışması için gereken operasyonların düzenli olarak yapılması gerekir. Sistemin düzgün işleyip işlemediğinin takip edilmesi gerekmektedir.
- Bankalar kendi çalışma saatleri dışında ibrazı kabul etmekle yükümlü değildir. Mesaj, mektup veya belgeler gönderildiğinde herhangi bir mesajın iletilmesinde veya mektupların veya belgelerin tesliminde ortaya çıkan gecikme, yolda kaybolma, bozulma ve diğer hatalardan kaynaklanan sonuçlardan dolayı bankalar hiçbir sorumluluk üstlenmez.
- Bankalar teknik terimlerin çevirisinde veya yorumlanmasındaki hatalardan dolayı hiçbir yükümlülük veya sorumluluk üstlenmez ve akreditif şartlarını çeviri yapmaksızın iletebilir (Şirinpınar, 2012).

1.5. Akreditifin Hukuki Niteliği

Akreditif kuralları devletler namına hareket eden hukukçular tarafından değil, ağırlığı bankacılardan oluşan özel sektör çalışanları tarafından yazılmaktadır. Güncel olarak kullanılan akreditif kuralları 2007 yılında yürürlüğe girmiş olan 39 maddeden oluşan UCP 600'dür. UCP 600, şu an yaygın olarak kullanılan akreditif kurallarının kısaltmasıdır ve İngilizce açılımı ICC Uniform Customs and Practice for Documentary Credits'tir. Türkçe'ye "*Akreditiflere İlişkin Birörnek Usuller ve Uygulama Kuralları*" olarak çevrilmiştir. Bankalar, akreditif altında belge incelemesi

yaparken ilk önce akreditif şartlarına daha sonra da UCP 600 kurallarına bakarak belgelerin uygunluğuna karar vermektedirler. Evrak incelemesinde bir standardizasyon yakalamak için akreditif kurallarına ek bir kitapçık yayınlanmasının faydalı olduğunun değerlendirilmesi üzerine 2013 yılında ICC tarafından ISBP 745 (Uluslararası Standart Bankacılık Uygulaması) yayınlanmıştır (Uzun, 2022).

Akreditifin tanımında genel ifadelere yer verilmesinin asıl nedeni, farklı ülkelerin hukuk sistemleriyle tam uyumlu bir tanım oluşturulmasını mümkün kılmaktır. Akreditife dair neredeyse hiçbir ülkenin kendi hukukunda özel bir düzenleme yapmamış olması, bu genel ifadelere yol açmıştır. Türk hukukunda, 6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu ve 6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu çerçevesinde, akreditifin hukuki olarak ayrıntılı bir şekilde ele alınmadığını belirtmek gerekir. Ülkemizdeki mevzuatta akreditifle ilgili tek düzenleme, kambiyo mevzuatında yer almaktadır ve bu düzenleme taraflar arasındaki hukuki ilişkinin niteliği, tarafların hak ve yükümlölükleri, akreditifin işleyişi gibi konulara dair ayrıntılı hükümler içermez. Akreditif kaynaklı anlaşmazlıklar, ulusal hukuk kuralları ile akreditifin nasıl uygulanacağı arasındaki uygunluk sorununu beraberinde getirerek mahkeme kararlarında akreditifin hukuki niteliği hakkında tartışmaları doğurmuştur. ICC, uluslararası ticari ilişkilerde farklı uygulamalardan kaynaklanabilecek sorunları en aza indirmek amacıyla çalışan, özel hukuk kişileri tarafından kurulan, ancak hükümet tarafından oluşturulan veya yasalar çıkarma yetkisine sahip olmayan bir organizasyondur. ICC, uluslararası sözleşme hazırlama yetkisine sahip bir kuruluş değildir ve ICC tarafından oluşturulan UCP 600 kuralları hukuki bir norm statüsüne sahip değildir (Özkan, 2022).

Akreditifin hukuki niteliği konusunda iki ana görüş bulunmaktadır. Birinci görüş, akreditifin hukuki niteliğini tek bir hukuki kurumla açıklamaya çalışmaktadır. İkinci görüş ise akreditifin hukuki niteliğinin birden fazla bağımsız ilişkiden oluştuğunu savunmaktadır. Tek Hukuki Kurum Görüşüne göre akreditif, havale, soyutlu borç vaadi, itibar mektubu-itibar emri, üçüncü kişi yararına sözleşme, garanti sözleşmesi gibi hukuki kurumlardan biriyle açıklanabilir. Bunun temelinde Türk Borçlar Kanunu'nda düzenlenen hükümler vardır. Bu hükümler akreditif gibi birçok özelliği olan ve birden fazla tarafı ilgilendiren bir yapıyı açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu görüşlerden en yaygın olanı havale görüşüdür. Bu görüşe göre akreditif, akreditif amiri tarafından akreditif bankasına verilen ve akreditif bedelini, akreditif şartlarının yerine getirilmesi koşuluyla, lehtara ödemeyi taahhüt eden bir havaledir. Bu görüşe karşı çıkanlar, akreditifin

havaleden farklı özelliklerini öne sürmektedir. Örneğin, havalede havale ödeyicisinin sadece ödeme yetkisi olmasına karşılık, akreditifte akreditif bankasının ödeme borcu altına girmesi akreditifi havale olmaktan uzaklaştırmaktadır. Birden Fazla Bağımsız İlişki görüşüne göre akreditif, birden fazla bağımsız ilişkiden oluşmaktadır. Bu sözleşmeler, akreditif amiri ile lehtar arasındaki ilişki, akreditif amiri ile akreditif bankası arasındaki ilişki, akreditif bankası ile muhabir bankalar arasındaki ilişki ve akreditif bankası ile lehtar arasındaki ilişkidir. Bu görüş, akreditifin karmaşık yapısını ve birden fazla tarafı ilgilendirmesini daha iyi açıklamaktadır. Sonuç olarak akreditifin hukuki niteliği konusunda henüz kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bu konudaki tartışmalar devam etmektedir (Saraç, 2014).

BÖLÜM 2: BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ VE SÖZLEŞMELERDE KULLANIMI

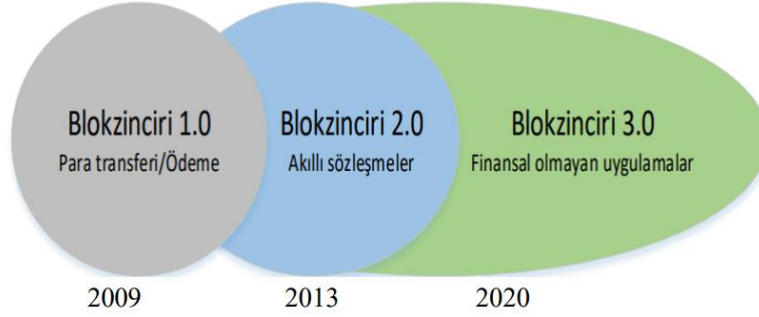
Blok zinciri terimleri üzerinde genel bir kabul olmaması ve teknolojinin henüz tam olarak olgunlaşmamış olması, blok zincirini anlamayı zorlaştırmaktadır. Bu zorlukları göz önünde bulundurarak, bu bölümde tarihsel gelişim süreci içinde blok zinciri kavramı ele alınmış, blok zincirinin teknik alt yapısı ve işleyişi açıklanmış, blok zincirini önemli kılan özellikler incelenmiş ve farklı blok zinciri türlerine değinilmiştir. Daha sonra, blok zinciri üzerinde çalışan akıllı sözleşmeler ele alınmış ve bu akıllı sözleşmelerin niteliği üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Bu şekilde, çalışmanın ana konusu olan blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmelerin akreditife bir alternatif olma olasılığının teknik temelleri oluşturulmaya çalışılmıştır.

2.1. Kavramsal Çerçeve

Blok zinciri, 2008 yılında gerçek kimliği bilinmeyen Satoshi Nakamoto tarafından yayınlanan "*white paper*" ile tanıtıldı. Bu dokümanda, küresel ekonomik krizin ardından merkezi kuruluşlara, özellikle bankalara ve diğer finans kurumlarına olan güveni gerektirmeyen alternatif bir ödeme yöntemi olarak Bitcoin ve Bitcoin'in teknik altyapısı açıklandı. Bitcoin tanımında, "*bloklardan oluşan zincir (a chain of blocks)*" ifadesi kullanıldı ve zamanla bu terim yerine İngilizce'de "*blockchain*" terimi yaygınlaştı. Blok zinciri, birçok işlemi mümkün kılan bir altyapı sunar ve bazılarına göre internet protokolüne benzer bir işlev görebilir. İnternet, küresel bilgi paylaşımını sağladığı gibi, blok zinciri de küresel değer paylaşımını mümkün kılabilir. Birçok kişi, yakın gelecekte internet aracılığıyla birçok işlem yapabildiği gibi, blok zincirine bağlanarak birçok işlemi blok zinciri üzerinden gerçekleştirebileceğini düşünmektedir (Nakamoto, 2008). Ethereum gibi diğer blok zinciri platformları da blok zinciri teknolojisini farklı şekillerde tanımlar. Ethereum'un kurucusu Vitalik Buterin, blok zincirini "*Dileyen herkesin program yükleyebileceği ve programların kendi başlarına çalışmaya devam edeceği, bu programların güncel durumu ve işlem geçmişinin herkes tarafından görülebildiği bir bilgisayar*" olarak tanımlar (Buterin, 2014).

Blok zinciri, yaygınlaşmasına rağmen hala net bir tanımın olmadığı ve kavramlar üzerinde farklı görüşler olduğu bir alan olarak kabul edilir. Farklı otoriteler tarafından yapılan tanımlar, blok zincirinin multidisipliner bir yapıya sahip olmasının ve değişik uygulamalarda farklı özellikler göstermesinin zorluğundan kaynaklanır. Ancak blok zinciri, genellikle verilerin bloklar halinde eklenip birden çok bilgisayar düğümünde depolandığı, dağıtık bir veri tabanı olarak tanımlanabilir. Dağıtık defter teknolojisi, merkeziyetçi sistemlere karşı ortaya çıkan bir veri tabanı türüdür. Blok zinciri terimlerinin tanımlarında sıkça "*dağıtık defter teknolojisi*" ifadesine başvurulur. Bu, blok zinciri ve uzlaşma sistemleri gibi kavramları içeren daha genel bir bilgisayar bilimi terimidir. Dağıtık defter teknolojisi, birden fazla bağımsız bilgisayarın oluşturduğu ve verinin bu bilgisayarlar arasında paylaşıldığı bir veri tabanını ifade ederken, blok zinciri sadece bu teknolojinin bir uygulamasıdır. Blok zinciri, dağıtık veri tabanı, dijital zaman damgası, asimetrik kriptografi ve uzlaşma mekanizması gibi bilgisayar bilimi alanındaki bazı kavramların birleşimiyle ortaya çıkar (Viriyasitavat ve Hoonsopon, 2019).

Blok zinciri, verilerin güvenli ve şeffaf bir şekilde saklanmasını sağlarken, merkezi olmayan bir yapıya sahip olduğu için güvenilirlik ve tarafsızlık sağlar. Özellikle Bitcoin vb. kripto paraların blok zinciri kullanılarak işlem görmesi, merkezi bankalar veya finansal kurumlar gibi araçlara olan ihtiyacı azaltmış ve finansal işlemleri daha hızlı ve düşük maliyetli hale getirmiştir. Bu teknoloji, finans sektörünün yanı sıra tedarik zinciri yönetimi, oy verme sistemleri, akıllı sözleşmeler, sağlık sektörü ve daha birçok alanda potansiyel uygulama alanları sunmaktadır. Blok zinciri, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan işlem yapılabilmesini mümkün kılar ve verilerin güvenliğini artırır. Ancak, her uygulamanın kendine özgü gereksinimleri ve kısıtlamaları olduğunu göz önünde bulundurmak önemlidir. Örneğin, işlem hızı ve enerji tüketimi gibi faktörler, hangi uzlaşma protokolünün kullanılacağını etkileyebilir. Ayrıca, blok zinciri teknolojisinin hala gelişim sürecinde olduğunu ve daha önce bahsedilen karmaşıklık ve teknik zorlukları içerdiğini unutmamak önemlidir. Ancak bu teknoloji, gelecekte birçok sektörde büyük değişikliklere neden olabilir ve daha verimli, güvenli ve şeffaf işlemler sağlayabilir.



Şekil 1: Blok Zinciri Versiyonları

Blok zinciri teknolojisi geliştikçe, farklı sürüm ve evreler ortaya çıkmıştır. Bu evreler genellikle "*Blok Zinciri 1.0*", "*Blok Zinciri 2.0*" ve "*Blok Zinciri 3.0*" olarak adlandırılır ve her biri farklı özelliklere ve kullanım alanlarına sahiptir. Blok Zinciri 1.0 evresi, teknolojinin temelini atmış ve Bitcoin gibi dijital para birimlerinin kullanılmasına odaklanmıştır. Bu evrede blok zinciri, kripto paraların transferini ve saklanması sağlamak için kullanılmıştır. İlk blok zinciri uygulamaları, özellikle finansal işlemlerde kullanılmış ve merkezi finansal kuruluşların dışında güvenilir bir ödeme yöntemi sunmuştur. Blok Zinciri 2.0 evresi, blok zinciri teknolojisinin sadece dijital paralarla sınırlı olmadığını göstermiştir. Bu evrede akıllı sözleşmeler gibi yeni özellikler eklenmiştir. Ethereum gibi platformlar, bu evredeki önemli gelişmelere öncülük etmiştir. Akıllı sözleşmeler, programlanabilir işlemleri ve koşullu işlemleri mümkün kılarak blok zinciri teknolojisinin kullanım alanını genişletmiştir. Blok Zinciri 3.0 evresi, merkezi olmayan uygulamaların (DApps) eklendiği blok zinciri teknolojisinin daha fazla olgunlaşması ve farklı sektörlerde daha geniş bir kullanımını temsil eder. Bu evre ölçeklenebilirlik, hız, enerji verimliliği ve daha fazla entegrasyon gibi sorunlara odaklanır (Huseynli, 2023).

2.2. Blok Zincirinin Teknik Temeli ve İşleyişi

Blok zinciri teknolojisinin teknik temeli ve işleyişi oldukça karmaşıktır, ancak temel prensipleri anlayarak bu konuya daha iyi bir bakış açısı kazanılabilir. Blok zinciri, bir dizi bloktan oluşur. Her blok, işlemleri ve verileri içeren bir veri yapısıdır. Her blok, çeşitli veri setlerini içerir ve blokların boyutları sabit değildir. Boyut ve içerik blok zincirinin özelliklerine göre değişebilir. Blok iki tür veri içerir: Blok zincirinin amacına yönelik veriler ve bloklar arası bağlantının

oluşturulması için gerekli olan zaman damgası ve hash değeri gibi veriler. Blok zinciri terimleri içinde, "hash" terimi herhangi bir uzun veriyi sabit bir uzunluğa dönüştüren bir algoritmayı veya özet değeri ifade eder. Bu özet, blok verilerinin herhangi bir değişikliğe uğramadığını ve geçerli olduğunu doğrulamaya yardımcı olur. Her blok, içerdiği verilerin özeti olarak adlandırılan benzersiz bir dizeye sahiptir. Blok, önceki bloğun özetini içerir, bu da blokların birbirine bağlı olduğu ve zincirin oluşturulduğu anlamına gelir. Blok zincirindeki her işlem, bir değer transferini veya bir eylemi temsil eder. Bu işlemler bloklara eklenir ve kaydedilir. Blok zinciri, verilerin merkezi bir otorite yerine dağıtık bir ağda saklandığı bir veri tabanıdır. Bu, güvenilirliği ve güvenliği artırır (Huseynli, 2023). Blok zinciri ağındaki katılımcılar, yeni işlemleri onaylamak ve yeni blokları oluşturmak için matematiksel problemleri çözerler. Bu süreç madencilik olarak adlandırılır ve yeni blokların eklenmesini sağlar. Blok zinciri, işlemlerin ve verilerin güvenliğini sağlamak için kriptografi kullanır. Özel ve genel anahtarlar, dijital imzalar ve şifreleme bu teknolojinin temel unsurlarıdır. Blok zinciri, bu temel bileşenlerin bir araya gelmesiyle çalışır. Her blok, içerdiği işlemleri ve hash değerini saklar. Bu bloklar madencilik süreciyle bir araya getirilir ve yeni bir blok oluşturulurken önceki bloğun özet değeri kullanılır. Böylece her blok bir öncekini referans alır ve bir zincir oluşturur. Blok zinciri, bu yapı sayesinde verilerin güvenilirliğini ve şeffaflığını artırır. Bir işlem bir kez kaydedildiğinde, geri dönüşü zor ve değiştirilmesi neredeyse imkânsız hale gelir. Ayrıca, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan güvenli bir şekilde işlem yapılmasını sağlar (Xinyi ve diğerleri, 2018).

The diagram illustrates a sequence of five blocks in a blockchain, numbered 1 to 5. Each block contains the following fields:

- Block:** # 1, # 2, # 3, # 4, # 5
- Nonce:** 11316, 35230, 12937, 35990, 56265
- Data:** (Empty box)
- Prev:** (Previous block's hash)
- Hash:** (Current block's hash)
- Mine:** (Button)

The 'Prev' field of each block contains the 'Hash' of the previous block, demonstrating the sequential linking of blocks in the chain.

Şekil 2: Örnek Blok Zinciri (Brownworth, 2021)

Blok zinciri, eşler arası bir ağ yapısına sahiptir ve veri tabanı merkezi bir otorite yerine ağa kayıtlı bilgisayarlar tarafından yönetilir. Bu, işlemlerin doğrudan eşler arasında yapılmasını sağlar

ve üçüncü bir tarafın gerekmediği anlamına gelir. Ağdaki her bilgisayar eşittir ve blok zincirinin tam bir kopyasını taşır. Yapılan her yeni işlem, ağdaki diğer kullanıcılarla paylaşılır ve veriler aynı anda birden fazla bilgisayarda saklanır. Bilgisayarların senkronize çalışması, uzlaşma protokolleri ile sağlanır. Uzlaşma, ağdaki katılımcılar arasında belirli kurallar bütünü olarak tanımlanır ve blok zinciri üzerindeki verinin doğruluğunu ve yeni verinin nasıl eklenmesi gerektiğini düzenler. Blok zinciri protokollerine uygun olarak yeni blokların eklenmesi, her blok zinciri için farklı kurallara tabidir. Kullanıcılar blok zinciri üzerinde işlem yapabilmek için bir hesaba ihtiyaç duyarlar ve her hesap açık anahtar ve özel anahtardan oluşan bir çift anahtar içerir. Bu iki anahtar arasındaki ilişki asimetrik şifreleme ile sağlanır. Kullanıcılar işlemlerini başlatır, ağa bildirimde bulunur ve işlemler onaylandığında yeni bloklar zincire eklenir. Bir blok zinciri kullanıcısı başka bir kullanıcıya işlem yapmak istediğinde, işlemi başlatır ve ağda bulunan diğer kullanıcılar işlemi onaylamak için yarışır. İşlem doğrulandığında blok zincirine eklenir ve kullanıcı ödüllendirilir (Zheng ve diğerleri, 2017).

İş kanıtı (Proof of Work) algoritması blok zinciri ağına yeni bir blok eklenmesi için çözülmesi zor ama çözümün doğruluk kontrolünün kolay olduğu bir bulmacanın çözülmesi şeklinde çalışmaktadır. Bu sistemde önemli olan blokla ilgili özetin belli bir kurala uygun olmasıdır. Bu uygunluk belirlenen bir aralık içerisinde bulunma ya da belli bir dizi ile başlama gibi kıstaslara uygun olmakla sağlanmaktadır. Bitcoinin yapısında yaklaşık on dakikada bir iş kanıtına uygun blok oluşturulmaktadır. Bitcoin için iş kanıtı oluşturma işlemi madencilik (mining) olarak adlandırılmaktadır. Hisse kanıtı (Proof of Stake) algoritması çok fazla elektrik enerjisi gerektirerek bilgi işlem gücünün harcanmasına neden olmaktadır. Bu algoritma, blok zincirindeki blok üretim ve doğrulama işlemi ile bloğu üreten düğümün zincirdeki sahip olduğu payı ilişkilendirmektedir. Bu sistemde kripto paralar en başında tüm sisteme yatırımlara göre dağıtılır. Bu paralardan pay miktarı hesaplanır ve düğümler bu miktar üzerinde sistemde öncelik hakkı kazanır. Bir sonraki bloğun üretiminde ise rastlantısal fonksiyon kullanılmaktadır. Bu sayede payı yüksek olan düğümün seçilme şansı yükselir. Eğer bu düğüm uygun bir blok üretmezse sıradaki düğüme bu hak verilir. Bir başka yaklaşımda ise belirlenen pay çözülecek olan bulmacanın zorluğunda etkili olur (Tanrıverdi ve diğerleri, 2019).

2.3. Blok Zincirinin Özellikleri

2.3.1. Dağıtılmış Defter (Distributed Ledgers)

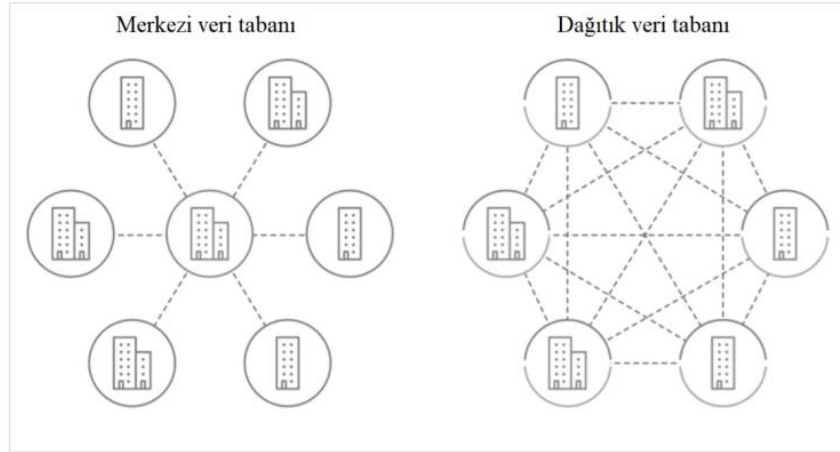
Blok zincirinin en temel özelliği verilerin tek bir yerde tutulmaması, dağıtılabilir şekilde kaydedilmesi, depolanması ve güncellenmesidir. Genellikle halka açık bir defter, bir işlem ve katılımcı hakkında bilgi sağlar. Özel veya konsorsiyum blok zinciri için durum biraz farklı olsa da her şey şeffaftır. Defterin sistemdeki diğer tüm kullanıcılar tarafından tutulması sayesinde defterde ne tutulduğu görülebilir. Dağıtılmış defter, herhangi bir şüpheli işleme veya kurcalamaya gerçekten iyi bir çözümdür. Hiç kimse defteri yetkisiz değiştiremeyeceğinden ve her şey çok hızlı güncellendiğinden, defterde olup bitenleri takip etmek oldukça kolaydır. Burada düğümler defterin doğrulayıcısı olarak görev yapar. Bir kullanıcı yeni bir blok eklemek isterse diğerlerinin işlemi doğrulaması gerekir. Ağdaki hiç kimse ağdan özel bir ayrıcalık sağlayamaz. Herkesin standart bir yol izleyerek blokları eklemesi gerekir (Ünal ve Uluyol, 2020).

Blok zinciri, dağıtık yapısı sayesinde üzerinde gerçekleşen işlemlerin ağdaki herkes tarafından görünür hale gelmesini sağlar. İsteyen herkes, yazılımı bilgisayarlarına indirerek ağdaki işlemleri gözlemleyebilir. Bu özellik, blok zincirinde şeffaflık olarak bilinir. Blok zincirinin şeffaf olması, özellikle uluslararası işlemlerde güven sorunlarını çözmede potansiyel avantajlar sunar. Blok zincirinin şeffaf olması ve işlemlerin izlenebilirliği, ticari ilişkilerde bu teknolojinin tercih edilmesini destekler. Ayrıca blok zinciri, kullanıcıların farklı işlemler için aynı bilgileri tekrar girmelerine son verir, bu da işlem maliyetlerini azaltır ve zaman tasarrufu sağlar. Blok zincirinin şeffaf olması, gizliliği tamamen ortadan kaldırmaz. Gizlilik, genellikle blok zincirinin tasarımı ve kullanıcı tercihleri ile ilgilidir. İşlevine bağlı olarak, işlemlerin ve tarafların kimliklerinin kriptografik yöntemlerle şifrelendiği bir blok zinciri oluşturmak mümkündür. Özellikle ticari ilişkilerde, gizlilik önemlidir ve bu tür zorluklar, şifreleme teknikleri veya belirli kişilere belirli verilere erişim izni verme yoluyla sağlanabilir (Zheng ve diğerleri, 2017).

2.3.2. Merkezi Olmayan Yapı (Decentralized)

Merkezi yapılarda, bir sistemin düzenli işlemesi, sürekliliği ve güvenliği araçlar yoluyla sağlanır. Blok zincirinde ise sistemin işletilmesi uzlaşma protokolleri ile sağlanır. Bu sayede aracı olmadan, ağdaki katılımcılar arasında uzlaşma sağlanır ve sistem sorunsuz bir şekilde çalışır. Blok

zinciri ağı, merkezi olmayan bir yapıda çalışmak üzere geliştirilmiştir. Yani ağı kontrol eden merkezi bir otorite yoktur. Blok zinciri, dünya genelinde birçok bilgisayarın katıldığı bir ağıdır. Blok zinciri oluşturulduktan sonra, zinciri değiştirmek için ağdaki diğer katılımcıların onayı gerektiğinden, bu yapının tek bir kişi veya grup tarafından kontrol edilmediği, aksine tüm ağ katılımcıları tarafından yönetildiği anlamına gelir. Belli bir sayıdaki bilgisayarın ağdan çıkması blok zincirinin merkezi olmayan yapısını etkilemez. Ağ, işlemleri doğrulamak ve onaylamak için birlikte çalışan çok sayıda düğümden oluşur. Zincir ağındaki her düğüm, defterin kopyasına sahip olacaktır. Merkezi olmayan yapısı, ağdaki her katılımcı için şeffaflığı kolaylaştırır ve böylece her değişim izlenebilir. Bu yapı sayesinde zincirin bütünlüğü korunur. Blok zincirinin birçok kopyası olduğu için, ağa yapılan bir saldırı başarılı olsa bile zincirin devamlılığı mümkündür. Ancak merkezi bir otorite olmaması sorumluluk açısından belirsizlik yaratabilir (Zheng ve diğerleri, 2017).



Şekil 3: Merkezi ve Dağıtık Veri Tabanı Yapısı (Vurdu, 2021)

2.3.3. Değişmezlik (Immutability)

Blok zinciri defterine kaydedilen işlemler, her düğümün kayıtlarını muhafaza ettiği ve kontrol ettiği ağ boyunca yayıldıkça kalıcı olarak kabul edilir ve kalıcı olarak korunur. Şeffaflık ve değişmezlik zincirin denetlenebilir olduğu anlamına gelir. Blok zinciri temelde, yeni bir bloğun önceki bloklara eklenmesi prensibine dayanan bir kayıt tutma teknolojisidir. Blok zincirinin değiştirilemezliği, dağıtık yapısı, uzlaşma protokolleri ve hash algoritması ile yakından ilgilidir.

Her blok, kendisinden önce gelen bloğun hash değerini içerir ve bu değer, bloklar arasında bağlantı kurulmasını sağlar. Bir blokta bir değişiklik yapılırsa, daha sonra gelen tüm bloklarda da değişiklik yapılması gerekecektir ki bu da hash değerlerinin uyumsuz olmasına neden olur. Blok zincirine yeni bir blok eklenmesi, önceki blokların değiştirilmesini daha da karmaşık hale getirir. Günümüzde yaygın olarak bilinen Bitcoin ve Ethereum gibi blok zinciri ağları, dünya genelinde birçok farklı bilgisayar üzerine dağılmıştır. Bu bilgisayarlar blok zincirinin tam bir kopyasını saklarlar ve blok zinciri yazılım protokolü, yeni bir blok eklendiğinde her bir bilgisayardaki kopyaların güncellenmesini sağlar. Bir düğüm (node) ağdaki kendi blok zinciri kopyasını değiştirebilir, ancak işlemler ağdaki diğer bilgisayarlar tarafından onaylanmadığı için değişiklik zincire eklenemez. Bu nedenle, blokların değiştirilmesi olasılığı çok düşüktür ve neredeyse imkânsızdır. Kayıtların değiştirilemezliği, blok zincirinin birçok açıdan tartışılmasına yol açmıştır. Bu özellik, verilere sonradan müdahale edilmesini önlerken, aynı zamanda hatalı işlemlerin geri alınamaması ve kişisel verilerin korunmasıyla ilgili bazı sorunları beraberinde getirir. Bu sorunları aşmak için özel ve izinli blok zincirlerinde değişiklik yapılabilen tasarımlar üzerinde çalışmalar devam etmektedir (Viriyasitavat ve Hoonson, 2019).

2.3.4. Fikir Birliği (Consensus)

Blok zinciri, ağın hızlı ve tarafsız kararlar almasına yardımcı olacak fikir birliği algoritmaları sayesinde geliştirilir. Basit bir ifadeyle fikir birliği, ağda aktif olan düğümler için bir karar verme sürecidir. Milyonlarca düğüm bir işlemi doğrularken, sistemin sorunsuz çalışması için mutlaka fikir birliğine varılması gerekir. Bu çoğunluğun kazandığı ve azınlığın desteklemek zorunda olduğu bir tür oylama sistemi olarak düşünülebilir. Ağın güvenilir olmasından fikir birliği sorumludur. Düğümler birbirlerine güvenmeyebilirler ancak karar verme konusunda ağın merkezinde çalışan algoritmaya güvenirler. Dünya çapında blok zincirleri için birçok farklı fikir birliği algoritması var. Her birinin karar verme algoritmaları, artıları veya eksileri vardır. Bir düğüm ağa bir blok eklemek istediğinde çoğunluğun oyunu almalıdır, aksi takdirde blok ağa eklenemez. Bir düğüm ağdaki bilgileri kendi iradesiyle ekleyemez, güncelleyemez veya silemez. Her kayıt işlemi aynı anda yapılır ve güncellemeler ağda hızla yayılır. Yani ağdaki düğümlerin çoğunluğunun izni olmadan herhangi bir değişiklik yapılması mümkün değildir (Zheng ve diğerleri, 2017).

2.3.5. Gelişmiş Güvenlik (Enhanced Security)

Blok zincirinin bir başka önemli özelliği olan güvenilirlik, blok zincirinin teknik altyapısı ve diğer özelliklerinin bir araya gelmesiyle ortaya çıkar. Bu özellik, blok zincirinin temel prensibine, araçlara ve üçüncü taraflara olan güven ihtiyacını ortadan kaldırarak sisteme güven duyulmasını amaçlar. Esasen blok zinciri, güveni geleneksel platformlardan farklı bir alana taşır ve bilim ve teknoloji kullanarak güveni yeniden oluşturma amacını taşır (Özkan, 2022).

2.4. Blok Zinciri Türleri ve Platformları

2.4.1. Halka Açık, Özel ve Konsorsiyum Blok Zinciri

Mevcut blok zinciri sistemleri genel olarak üç türe ayrılmıştır: halka açık (public), özel (private) ve konsorsiyum (consortium) blok zinciridir (Zheng ve diğerleri, 2017). Blok zincirlerinin kategoriye ayrılması, kullanım amaçlarına ve güvenlik gereksinimlerine bağlı olarak tercih edilen bir sınıflandırmadır. Halka açık blok zincirlerine herkes erişebilir ve katılabilir. İnternet bağlantısı olan herkes bu tür bir blok zincire katılabilir, verileri inceleyebilir ve işlem yapabilir. Halka açık blok zincirlerinde merkezi bir otorite veya kontrol mekanizması bulunmaz. Katılımcılar, işlemleri onaylama ve yeni bloklar oluşturma süreçlerine eşit olarak katılabilirler. Halka açık blok zincirlerinde tüm işlemler ve kayıtlar herkes tarafından görülebilir. Bu nedenle, bu tür blok zincirleri genellikle şeffaf ve güvenilir olarak kabul edilir. Halka açık blok zincirlerinin çoğu kripto paraların temelini oluşturur. Bitcoin ve Ethereum gibi kripto paralar, halka açık blok zincirlerinde kullanılır. Verilerin değiştirilmez olması halka açık blok zincirlerinin temel özelliklerinden biridir. Bir kez onaylanan bir işlem geri alınamaz (Viriyasitavat ve Hoonsoyon, 2019).

Özel blok zincirlerine erişim, katılımcılar tarafından kontrol edilir. Katılmak isteyenler, belirli şartları sağlamak veya davet edilmek zorundadır. Özel blok zincirlerinde daha fazla merkezi kontrol ve denetim bulunabilir. Özel bir şirket veya organizasyon, blok zincirini yönetir ve katılımcıları seçer. Özel blok zincirlerinin işlemleri ve kayıtları genellikle daha fazla gizlilik sağlar. Katılımcılar ve işlemler daha az şeffaftır. Özel blok zincirlerinde, ağdaki katılımcı sayısı daha az olduğundan işlemler daha hızlı gerçekleşebilir. Bu, özellikle ticari faaliyetlerde önemli olabilir. Belirli bir endüstri veya organizasyon için özelleştirilmiş çözümler sunmak için sıkça kullanılır.

Tedarik zinciri yönetimi, enerji, finansal kurumlar ve sağlık sektörü gibi alanlarda tercih edilebilirler (Lu ve diğerleri, 2019).

Konsorsiyum blok zinciri ağları açık ve özel blok zinciri ağlarının karışımı olarak kabul edilmektedir. Yetki sahibi olan kişi veya kurum tarafından düğümün önceden seçilebildiği bir sistemdir. Konsorsiyum blok zincirleri, belirli bir grup organizasyonun işbirliği yaptığı ve blok zincirini yönettiği blok zincirleridir. Bu tür blok zincirleri, sektörler arası işbirliği için yaygın olarak kullanılır. Konsorsiyum bir blok zincirinde okuma ve yazma kabiliyeti belirli sayıda düğüme genişletilebilir. Bu durum, birbiriyle iş birliği yaparak farklı modeller geliştirmeye çalışan kurum veya kuruluşlar tarafından bir araya gelerek kullanılabilir. IBM firmasının Hyperledger Fabric projesi bu zincir türünün en büyük örneğidir (Xinyi ve diğerleri, 2018).

Blok zinciri türlerinin avantajları ve dezavantajları vardır ve hangi türün kullanılacağı, projenin gereksinimlerine ve kullanım amaçlarına bağlı olarak belirlenir. Halka açık blok zincirleri daha geniş bir katılımcı kitlesi ve şeffaflık sağlar, özel blok zincirleri ise daha fazla kontrol ve gizlilik sunar. Özel blok zincirleri teknik açıdan halka açık blok zincirleri ile aynı prensiple çalışır. Her iki türde de yeni blok eklenmesi için ağdaki bilgisayarların işlemi onaylaması gerekir. Ancak özel blok zincirlerde ağdaki katılımcı sayısı halka açık blok zincirleri ile kıyaslandığında daha az olduğundan işlemler daha hızlı gerçekleşir. Çeşitli kuruluşlar tarafından oluşturulan konsorsiyum blok zincirinin fikir birliği sürecine yalnızca önceden seçilmiş bir grup düğüm katılır. Konsorsiyum blok zinciri kısmen merkezi değildir, çünkü fikir birliğini belirlemek için düğümlerin yalnızca küçük bir kısmı seçilecektir. Üç blok zinciri türü arasındaki karşılaştırma aşağıda gösterilmiştir.

Property	Public blockchain	Consortium blockchain	Private blockchain
Consensus determination	All miners	Selected set of nodes	One organization
Read permission	Public	Could be public or restricted	Could be public or restricted
Immutability	Nearly impossible to tamper	Could be tampered	Could be tampered
Efficiency	Low	High	High
Centralized	No	Partial	Yes
Consensus process	Permissionless	Permissioned	Permissioned

Şekil 4: Halka açık, konsorsiyum ve özel blok zinciri karşılaştırması (Zheng ve diğerleri, 2017).

2.4.2. İzne Tabi Olan ve İzne Tabi Olmayan Blok Zinciri

Blok zincirlerinin sınıflandırılmasında önemli bir ayrım, izne tabi olan (permissioned) ve izin tabi olmayan (permissionless) ayrımıdır. İzne tabi olmak, ağa katılma ile değil, işlemlerin doğrulanması ve kaydedilmesi sırasında kimlerin görev alabileceği ile ilgilidir. İzne tabi blok zincirlerinde, sadece önceden belirlenmiş kişiler uzlaşma sürecine katılabilir. İzne tabi olmayan blok zincirlerinde ise herhangi bir ön onay olmadan tüm katılımcılar uzlaşma sürecine dâhil olabilir. İzne tabi blok zincirleri genellikle özel amaçlar için kullanılırken, izne tabi olmayan blok zincirleri daha genel amaçlıdır. İzne tabi olma durumu, akıllı sözleşmelerin uygulanmasında da önemli bir rol oynar. İzne tabi bir sistemde, merkezi bir yönetici akıllı sözleşmeleri durdurma veya geri alma yetkisine sahip olabilirken, izne tabi olmayan blok zincirlerinde bu tür bir müdahale söz konusu değildir (Viriyasitavat ve Hoonsopon, 2019). Ayrıca, halka kapalı ve izne tabi olma kavramları da farklıdır. Örneğin, Bitcoin ve Ethereum gibi blok zincirleri halka açık ve izne tabi olmayan blok zincirleridir. Herhangi bir kişi, gerekli altyapıya sahipse bu ağlara katılabilir ve işlemleri doğrulayabilir. Öte yandan, bir blok zinciri hem halka açık hem de izne tabi olabilir. Bu durumda, herkes ağa katılabilir ancak yeni blok eklemek için izin gereklidir. Tapu sicilleri gibi projeler örnek olarak verilebilir. Özel ve izne tabi blok zincirleri, kontrol merkezine sahip olduğu için bankacılık ve finans projelerinde kullanılır.

2.4.3. Blok Zinciri Platformları

Blok zinciri açık kaynak kodlu bir projedir. Bu projenin dışında finans başta olmak üzere birçok sektörde proje ve uygulamalar ortaya çıkmıştır. Bunların en popüler ve yaygın olanlarından bazıları bitcoin, ethereum, ripple ve binance smart chain gelmektedir.

Bitcoin merkezi bulunmayan dijital bir para birimidir. 2009 yılında ortaya çıkmıştır. Kripto paraların ilk örneği olarak ortaya çıkmış ve hala en yaygın kullanılan kripto paradır. İşlemlerin kaydedildiği ve onaylandığı bir blok zinciri kullanılır. Düğümler her bir işlemi kendi defterlerinde depolamaktadır. Defterde yapılan her eşleştirme işleminin geçmişi kaydedilir ve bloklar madencilik olarak adlandırılan bir süreçle eklenir. Merkezi bir denetim gerektirmez ve her yerde herkes tarafından erişilebilen açık ödeme sistemidir (Nakamoto, 2008).

Ethereum, 2013 yılında Vitalik Buterin tarafından kavram olarak ortaya atıldı ve 2014 yılında resmi olarak başlatıldı. Ethereum, merkezi olmayan uygulamaları oluşturmak, çalıştırmak ve yürütmek için kullanılabilen açık blok zinciri platformudur. Tasarlanma sebebi güvenli olması, hızlı geliştirme süresi ve uygun etkileşim sunması olarak söylenebilir. Amacı Bitcoin'in ötesinde programlanabilir ve akıllı sözleşmeleri destekleyen bir blok zinciri platformu oluşturmaktır (Buterin, 2014). Ethereum, geliştiricilerin sistem üzerinde Solidity programlama dilini kullanmaktadır. Sistemdeki tüm işlemler, Ether isimli kripto para kullanılarak akıllı sözleşme hesaplamalarının yapıldığı Ethereum Sanal Makinesi aracılığıyla yürütülmektedir. Ethereum Sanal Makinesinin her düğümü zincir boyunca mutabakat sağlamak için tüm hesaplamaları yürütür. Ethereum'un en büyük özelliği, akıllı sözleşmelerin geliştirilmesine ve yürütülmesine olanak tanımasıdır. Akıllı sözleşmeler, kod tabanlı sözleşmelerdir ve belirli şartlar sağlandığında otomatik olarak çalışır. Örneğin, bir akıllı sözleşme, ödeme alındığında bir hizmeti otomatik olarak sunabilir (Tevetoğlu, 2021).

Ripple, 2012'de oluşturulan bir ödeme ağı olan RippleNet ve Ripple XRP projelerinin birleşimidir. RippleNet, bankaları ve diğer büyük kurumları birbirine bağlayarak ağ üzerinden para ve diğer varlıkların aktarılmasını sağlar. Tüm işlemler merkezi olmayan XRP Deedger'a kaydedilir. Ripple XRP, ödeme ağında kullanılan ve uluslararası ödemelere ilişkin para birimidir. Ethereum ve Bitcoin platformlarına göre çok hızlıdır (Ünal ve Uluyol, 2020).

Binance Smart Chain, merkezi olmayan uygulamaların ve akıllı sözleşmelerin oluşturulduğu Ethereum Sanal Makinesi ile uyumlu ve akıllı sözleşmeleri destekleyen, yüksek performanslı bir blok zincir olacak şekilde tasarlanmıştır. Binance adlı büyük kripto para borsası tarafından geliştirilmiş ve desteklenmektedir. 2020 yılında başlatılmış ve Ethereum'a alternatif bir platform olarak ortaya çıkmıştır. Ethereum'un sıkışık ağı ve yüksek işlem ücretleri nedeniyle, Binance Smart Chain daha hızlı işlemler ve düşük işlem ücretleri sunarak bu ihtiyacı karşılamayı amaçlamıştır. Binance Smart Chain, PoS mutabakat mekanizması üzerine kuruludur ve Ethereum ağıyla uyumlu olmasına olanak tanır. Binance borsasındaki BNB kripto para birimi kullanılarak bu platform üzerinde işlem yapılabilir. Ayrıca çeşitli köprü protokolleri aracılığıyla Ethereum ve Bitcoin gibi diğer blok zinciri ağlarına bağlanmasını sağlayan zincirler arası birlikte çalışabilirliği de destekler. Böylece, kullanıcıların varlıklarını farklı ağlar üzerinden aktarmalarına ve her iki blok zincirinin avantajlarından yararlanmalarına olanak sağlar (Binance, 2023).

2.5. Blok Zincirinin Avantajları, Dezavantajları ve Riskleri

Blok zinciri teknolojisinin temel avantajı merkezi olmayan bir sistem olmasıdır. Bu durum, sistemde üçüncü taraf kuruluşlarla çalışmaya gerek olmadığı, sistemin aracısız çalıştığı ve tüm katılımcıların karar verdiği anlamına gelir. Her sistemin bir veritabanı vardır ve bu veritabanının korunması önemlidir, çünkü sistem üçüncü taraf kuruluşlarla çalışırken veritabanının hacklenme riski olabilir veya veriler başka kişilerin eline geçebilir. Blok zinciri üzerinde işlemleri kısıtlamak için geçerlilik kanıtı ve yetki olduğundan ele geçirilmesi çok zordur. Bu da işlemlerin bağımsız olarak doğrulanabileceği ve işlenebileceği anlamına gelir. Her işlem zincire kaydedilir ve veriler bu blok zincirinin katılımcılarına açıktır ancak değiştirilemez veya silinemez. Bu da şeffaflığı, değişmezliği ve güvenilirliğini sağlar. Değişmezlik, işlemlerin blok zinciri genelinde kabul edilmesi ve paylaşılmasıyla elde edilir. İşlem blok zincire bağlandığında değiştirilmesi veya silinmesi mümkün olmayacaktır. Eğer sistem merkezi ise, karar tek bir kişi tarafından verildiği için değiştirilebilir veya silinebilir. Ancak sistem blok zinciri gibi merkezi olmayan bir yapıya sahipse, zincire katılan her işlem, bu zincir ağındaki tüm bilgisayarlara kopyalanır. Bu fayda, blok zinciri teknolojisini değiştirilemez kılmaktadır. Kullanıcılar tüm işlemleri ve bilgileri kontrol etme yetkisine sahiptir. Bilgileri değiştirmek veya silmek, saldırganın burada kaydedilen bir sonraki bloktan önce zincire dâhil olan tüm bilgisayarlardaki bilgilerin üzerine yazabilmesi veya silmesi için çok zor bir hesaplama gücüne sahip olması durumunda mümkündür. Blok zinciri az sayıda bilgisayardan oluşuyorsa, teknoloji saldırıya daha açık hale gelir; daha fazla bilgisayar varsa sistem daha güvenli ve daha şeffaf hale gelir. Bu avantaj blok zinciri teknolojisinin izlenebilirliğini sağlar. Blok zinciri teknolojisinin yüksek güvenliği, ağa bireysel giriş sırasında sağlanır. Çünkü blok zincire giren her kişiye, hesabına bağlı benzersiz bir kimlik sağlanır. Bir diğer güvenlik ise kriptografik özetin güvenilir olmasıdır. Yeni blok oluşturulduğunda yeni blok için hash değerinin hesaplanması gerekmektedir. Yeni hash önceki hash değerini içerir. Genel olarak hash, bloğun kimlik numarası, önceki hash değeri, zaman, kullanıcı kimlik numarası, madenci seviyesi ve önceki işlemlerle ilgili bilgilerin ve özetin saklandığı düğüme ait bilgilerden oluşur. Bu hash, düğüm anahtarı tarafından otomatik olarak oluşturulur. Bu durumda hash değerindeki herhangi bir bilginin değiştirilmesi mümkün değildir. Bir diğer avantaj daha hızlı işlemdir. Geleneksel olarak işlemin işlenmesi ve bankacılık organizasyonunda paraflanması çok zaman alır. Blok zinciri teknolojisinin kullanılması, işleme ve başlatma süresini birçok kez azaltmaya yardımcı olur ve yaklaşık üç günden birkaç dakikaya hatta saniyelere kadar düşürebilir (Golosova ve Romanovs, 2018).

Blok zinciri teknolojisinin farklı sektörlerde çeşitli avantajlar sunarak verimliliği artırabileceği ve çok sayıda uygulama alanı bulabileceği kabul edilirken, bu teknolojinin gelişim aşamasında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Blok zinciri teknolojisinin yaygınlaşmasını engelleyen önemli bir sorun, ölçeklenebilirliktir. Bu sorun, işlem performansını etkiler ve farklı uzlaşma mekanizmalarının uygulanmasıyla büyük ölçüde çözülebileceği düşünülmektedir. Özellikle izinsiz ve halka açık blok zincirlerinde bu sorun daha fazla görülür. Çünkü konsorsiyum blok zinciri ağları veya özel ve izne tabi blok zincirleri, daha az katılımcıya sahiptir ve madencilik faaliyetleri gerektirmez, bu nedenle işlemler daha hızlı gerçekleşir. Bir diğer zorluk, madencilik faaliyetlerinin yüksek enerji tüketimiyle ilgilidir. Özellikle Bitcoin gibi iş ispatı kullanan blok zincirlerinde enerji verimliliği sorunu vardır. Ancak konsorsiyum blok zinciri ağları veya özel ve izne tabi blok zincirlerinde bu sorun genellikle yaşanmaz, çünkü madencilik faaliyetleri yoktur (Zheng ve diğerleri, 2017). Blok zincirinin güvenliği, asimetrik şifreleme yöntemiyle sağlanır. Bu yöntem, açık ve özel anahtar çiftini kullanır. Ancak özel anahtarın kaybedilmesi veya yetkisiz kişilerin eline geçmesi güvenlik riskleri oluşturabilir. Özel anahtar kaybedildiğinde, kullanıcının blok zinciri üzerindeki yetkisi kaybolur ve işlem yapamaz. Özel anahtarın ele geçirilmesi durumunda yetkisiz kullanım söz konusu olabilir (Vurdu, 2021).

Blok zinciri teknik sorunlarla karşılaşabilir. Bu sorunlar, internet bağlantısı veya algoritma kaynaklı olabilir. Blok zinciri, internet erişimine bağlıdır ve bu nedenle bağlantı sorunları işlemlerin kesintiye uğramasına neden olabilir. Yazılım tabanlı sistemlerde her zaman teknik hataların ortaya çıkma olasılığı vardır. Blok zinciri işlemleri doğası itibari ile şeffaf olduğu için tüm kullanıcılar tarafından görülebilir. Ancak bazı durumlarda işlemlerin gizliliği gereklidir. Bu nedenle, gizliliği sağlayacak yeni teknolojiler ve yöntemler geliştirilmelidir. İstenmeden gizlilik ihlalleri meydana gelebilir. Blok zinciri teknolojisi, mevcut yasal ve düzenleyici çerçevelere uyum sağlamada zorluklar çıkarabilir. Özellikle kripto paraların yasal statüsü ve vergilendirilmesi gibi konularda netlik sağlanmalıdır. Blok zinciri cüzdanları için özel anahtarların kaybedilmesi durumunda veri kaybı yaşanabilir. Bu durumda, dijital varlıklar geri alınamaz şekilde kaybedilebilir. Kötü niyetli saldırganlar tarafından sistemin kendisine veya ağa siber saldırılar gerçekleştirilerek büyük kayıplara yol açılabilir. Siber saldırılar sonucu oluşabilecek güvenlik açıkları bu risklere örnektir. Ağ genellikle güvenli olarak kabul edilir, ancak kullanıcıların özel anahtarlarını korumaları gerektiğinden güvenlik risklerini içerir. Kullanıcı hataları veya kötü amaçlı saldırılar sonucu özel anahtarların çalınması gibi güvenlik sorunları yaşanabilir. Her bir

risk, belirli bir uygulama veya blok zinciri türü için farklılık gösterebilir ve bu risklerin üstesinden gelmek için sürekli olarak çalışmalar yürütülmektedir. Blok zinciri teknolojisi potansiyel faydaları ve riskleri dikkate alınarak kullanılmalıdır (Lu ve diğerleri, 2019).

Blok zincirinin ana dezavantajı yüksek enerji tüketimidir. Gerçek zamanlı bir defter tutmak için güç tüketimi gereklidir. Ağın madencileri, işlemleri doğrulamak için saniyede çok sayıda işlemi çözmeye çalışır. Böylece önemli miktarda elektrik harcanır ve bilgisayar gücü kullanılır. İmza doğrulama başka bir zorluktur. Bir diğer zorluk zincir çatalama sorunudur. Bazı nedenlerden dolayı blok zincirinde hard fork veya soft fork adı verilen çatal yapılabilir. Bu durumda eski yazılımla çalışan düğümler yeni zincirdeki işlemleri kabul etmeyecektir. Bu zincir, eski yazılıma dayanan zincirle aynı geçmişe sahip olarak oluşturulmaktadır. Soft fork durumunda protokolde yeni kurallar oluşturulur ve düğümler bu yeni kurala göre güncellenir kurala uymayan bloklar dikkate alınmayacaktır. Örneğin blok boyutu 4 MB iken 2 MB olacak şekilde güncellenir. Hard fork bunun tam tersidir. Örneğin, blok boyutu 1 MB'dan 2 MB'a çıkarılır. Blok tüm kurallardan geçerse zincire dâhil olabilir. Yüksek maliyetler zincir için büyük bir dezavantajdır. İşlemin ortalama maliyeti 75 ila 160 dolar arasında olup büyük bir kısmını enerji tüketimi karşılamaktadır (Golosova ve Romanovs, 2018).

Blok zinciri teknolojisi COVID-19 pandemisinin de etkisi ile 2021 yılından beri hızla gelişmektedir. Uluslararası ticaretin finansmanına yönelik sigorta, finansman, dijital kimlik, lojistik, müşteri kimliğini tanıma alanlarında çözümler üreten pek çok uluslararası start-up kurulmuş olup bunların olgunlaştıkları görülmektedir. Bu yaygınlaşma ivmesine rağmen blok zincir teknolojisinin önündeki engellerin giderilmesi gerekmektedir. Bazı kısıtlar şunlardır:

- Karşılıklı kullanılabilirlik (Interoperability) sorunu: Blok zinciri teknolojisi ile hazırlanan tedarik zinciri çözümü platformları farklı teknik algoritmalar ve diller kullandıkları için bu yapıların birbiri ile konuşmasının sağlanması konusunda teknik camiada kaygılar bulunmaktadır. Ancak, tıpkı internet sitelerinin birbiri ile konuştuğu gibi bu sorunun da zamanla aşılacağı beklenmektedir.
- Standardizasyon sorunu: Her ne kadar dünyada gümrükler, taşıma firmaları, limanlar ve bankalar belli mutabık kalınan kurallar dairesinde çalışıyor olsalar da belgeler ve üzerindeki veriler standart değildir. Bu durum, veri akışında, iletişimde ve akıllı kontratların uygulanmasında zorluklara yol açmaktadır. Blok zincirinden faydalanarak gelecekte

ticareti kolaylaştırmak isteyen uluslararası kurumlar, veri standardizasyonunu en temel sorun olarak görmektedir. Örnek vermek gerekirse; fatura en basit ve temel evrak olmasına rağmen bir standardı bulunmamaktadır.

- Hukuksal sorunlar: Blok zinciri teknolojisi ile üretilen veriler günümüz kâğıt ortamına göre çok daha güvenli olmasına rağmen henüz hukuksal alt yapıları hazır değildir. Örneğın, tedarik zinciri finansmanı süreçlerinin işletilebilmesi için blok zinciri teknolojisi üzerindeki dijital bir konşimento bankalar tarafından teminata alınıp ciro edilebilmelidir. Teknolojik gelişmelerin şekillenmesi ve sunduğı fırsatların artması ile beraber ülkeler hukuki olarak gerekli düzenlemeleri yapacaklardır. Amerika, Singapur, İngiltere ve Almanya gibi ülkelerde çalışmalar görölmektedir.
- Teknolojinin anlaşılması sorunu: Bir teknolojinin ekonomik ve toplumsal düzende yerini bulması, ihtiyaçların giderilmesi kadar anlaşılmasına da bağılıdır. Blok zinciri teknolojisi güven sorununa cevap verdiğı için hızla gelişmekte olup faydalarının anlaşılması için eğitim ve bilgilendirme çalışmaları yapılması önemlidir (Blockchain Türkiye Platformu, 2021).

2.6. Blok Zinciri ile Ticaretin Finansmanına İlişkin Çalışmalar

Bankalar geleneksel olarak ticaret anlaşmalarının kolaylaştırıcısı olmuş, aracı olarak hizmet etmiş ve işlemler için finansman sağlamıştır. Ancak bankalar ticaret finansmanını dijital olarak dönüştürmemiştir. Ticaret finansmanı bankalar için ölçeklenebilir değildir veya şirketlerin çoğunluğu için çok karmaşık ve maliyetli olduğı için şirketlerin neredeyse %70'i ticaret finansmanı hizmetlerine erişimden yoksun kalmaktadır. Ek olarak, uluslararası ticaret anlaşmalarında yer alan yasal süreçler genellikle uzun ve hantal olup, şirketlerin çevik bir şekilde iş yapmalarını engellemektedir. We.trade Innovation, teknoloji sağlayıcısının IBM'in olduğı 12 bankanın ve küresel kredi ve iş dünyasının sahip olduğı bir ortak girişim şirkettir. Şirket, Ocak 2017'de Dijital Ticaret Zinciri projesi adı altında dokuz bankayla kurulmuştur ve Ekim 2017'de resmi olarak we.trade olarak yeniden adlandırılmıştır. Sınır ötesi ticaretteki anlaşmazlıkları azaltmak ve işletmelere uluslararası ticaretin basit bir yolunu sağlamak için Linux Foundation'ın Hyperledger Fabric çerçevesini kullanarak IBM Cloud üzerinde çalışan IBM Blockchain Platform'u temel alan bir blok zinciri ticaret çözümü geliştirmiştir. Bu dijital platform, ticaret finansmanı ve lojistik

genelinde küresel ticaret işlemlerine güvenilirlik, basitlik ve güvenlik sağlar. Müşteriler we.trade'e bankalar aracılığıyla kaydolabilirler. Daha önce, yabancı bir ortakla ticaret yapmanın getirdiği çok sayıda hukuki, mali ve kültürel risk, şirketlerin uluslararası ticaret yapma konusunda cesaretini kırabiliyordu. Bununla birlikte, we.trade platformunun tüm kullanıcıları, kara para aklamanın önlenmesiyle ilgili geçerli düzenlemelere uyduklarından emin olmak için uluslararası Müşterini Tanı süreçlerinden geçmiştir ve bu riskler önemli ölçüde azaltılmıştır. Geleneksel ticaret finansmanı modelini yenilemek ve sektörün çok daha basit, verimli ve güvenli hale getirilmesi, her büyüklükteki şirketin sınır ötesi ticaret yapmasına olanak sağlayarak küresel ekonomik büyümenin desteklenmesi için proje faaliyete geçirilmiştir. We.trade ve IBM tarafından geliştirilen blok zinciri platformu, her büyüklükteki işletmenin uluslararası ticarete yer almasına yardımcı olan dağıtılmış defter teknolojisi ve akıllı sözleşmeler özelliğe sahiptir. Dağıtılmış defter teknolojisi, ilgili tüm tarafların aynı erişime sahip olmasını ticari anlaşmalara ilişkin bilgilerin aynı anda paylaşıldığını ve bu veriler üzerinde hiçbir tarafın tek başına kontrol sahibi olmamasını sağlar. A Şirketi, B Şirketi ile olan ticaret anlaşmasının şartlarında bir değişiklik yaparsa, bu durum blok zincirindeki kriptografik hash'i değiştirecek ve B Şirketi, bankalar ve diğer araçlar da dâhil olmak üzere diğer tüm taraflar değişiklik konusunda derhal uyarılacaktır (We Trade, 2018).

Marco Polo, en hızlı büyüyen ticaret finansmanı iş ağlarından biridir. Ticari finansman teknoloji firması TradeIX ile ortak bir girişim olup, kurumsal yazılım firması R3 ve dünyanın önde gelen finans kurumlarından oluşan bir ağ ile çalışmaktadır. 2017 yılında faaliyete geçen Marco Polo, açık Uygulama Programlama Arayüzü (API) ve blok zinciri teknolojisi ile desteklenen, önde gelen finansal kuruluşlarla birlikte çalışabilen bir iş ağı üzerine kurulu bir Ticaret Finansmanı Platformuna odaklanmıştır. Marco Polo, finansal kurumlar ve onların kurumsal müşterileri için karşılıklı faydalar sağlar ve ticaret finansmanı çözümlerinin sunumunu ve yönetimini geliştirir (Marco Polo, 2018).

2.7. Akıllı Sözleşmeler

Blok zinciri teknolojisiyle ilişkilendirilen akıllı sözleşmeler, önceden belirlenmiş şartları otomatik olarak yerine getiren bilgisayar programları olarak tanımlanabilir. "Sözleşme" terimi, teknik bir kodu ifade ettiği gibi bazen bir hukuki sözleşmeyi temsil edebilir. Akıllı sözleşmelerin kökenine bakıldığında, bu fikrin blok zincirinden çok önce ortaya çıktığı görülmektedir. İlk kez

1994 yılında Nick Szabo tarafından kullanılan akıllı sözleşme kavramı, "*bir sözleşmenin şartlarını yerine getiren işlem protokolü*" olarak tanımlanmıştır. Ancak o dönemde, bu tür bir sistem için gerekli teknik ve ekonomik altyapı henüz mevcut değildi. Szabo, bu sözleşmelerin üçüncü bir tarafa ihtiyaç duymadan otomatik olarak yerine getirilebilecek şartları içerdiğini açıklamıştır. Bu şartlar, kodlar aracılığıyla ifade edilmiş ve belirli koşullar yerine getirildiğinde işlemi gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Zamanla, teknolojik gelişmeler, "*akıllı sözleşme*" düşüncesini farklı bir boyuta taşımıştır. Başlangıçta yalnızca dijital para transferi işlemlerini destekleyen blok zincirinin, daha karmaşık işlemlere olanak tanıdığı fark edilmiş ve blok zincirinde ikinci bir nesil ortaya çıkmıştır. Blok zincirinin özellikle değiştirilmesinin ve durdurulmasının neredeyse imkânsız olması akıllı sözleşmeleri daha da değerli kılmıştır (Szabo, 1994).

Aslında, sözleşme şartlarının otomatik olarak yerine getirilmesi için bilgisayar programlarının yazılması yeni bir şey değildir. Banka ödemeleri, kredi kartı işlemleri, SWIFT sistemi aracılığıyla uluslararası ticarette bankalar arası ödemeler ve çevrimiçi platformlar gibi günlük hayatta sıkça karşılaşılan dijital içerik sağlayıcıları gibi alanlarda, sözleşmenin belirli şartları otomatik olarak yerine getirilmektedir. Ancak bu örneklerde, işlemi kontrol eden taraf genellikle otomatik ifayı engelleyebilecek güce sahiptir ve sözleşmenin çeşitli aşamalarında insan müdahalesi gerekebilir. Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler ise dışarıdan müdahale edilemez ve bir kez programlandıktan sonra durdurulma ihtimali çok düşüktür (Özkan, 2022). Akıllı sözleşmeler, yakın bir gelecekte tüm emtia piyasası katılımcılarını etkileyecek blok zinciri teknolojisinin bir uygulamasıdır. Akıllı sözleşmeler, çağrıldığında önceden tanımlanabilir kodu otomatik olarak yürütebilen programlardır. Belirli fiyat veya hacim koşulları karşılandığında otomatik olarak yürütülebilecek yerleşik *if..then* ifadelerini içeren dijital bir onay gibi düşünülebilir. Akıllı sözleşmelerin önemli yanı, herhangi bir aracı tarafa ihtiyaç duymayan, herkesin erişebildiği merkezi olmayan bir sistemde yer almasıdır (Deloitte, 2016). Bir kullanıcı, gerekli yazılımı bilgisayarına indirip ağ üzerinde bir akıllı sözleşme oluşturabilir. Ethereum blok zinciri üzerinde bu işlem, diğer ağ kullanıcıları tarafından onaylandığı zaman işlem havuzunda geçici olarak bekletilir. İşlem onaylandıktan sonra akıllı sözleşme yeni bir blok olarak blok zincirine eklenir. Bundan sonra akıllı sözleşme, onu oluşturan kişinin kontrolünden çıkar. Bu akıllı sözleşmenin açık anahtarını bilen üçüncü taraflar tarafından işlem yapılabilir. Akıllı sözleşme bir kez blok zincirine kaydedildikten sonra, onu oluşturan kişi dâhil kimse tarafından durdurulamaz (Özkan, 2022).

Akıllı sözleşmeler on-chain ve off-chain akıllı sözleşmeler olarak sınıflandırılabilir. On-chain akıllı sözleşmelerin taraflarca önceden bir sözleşme kurulmadan ilk olarak ve sadece blok zincirinde kurulmasıdır. On-chain akıllı sözleşmeler, baştan sona programlama dilinde kurulurlar. Buna göre, bir konuya akıllı sözleşme kodunda yer verilmediyse, bu konu akıllı sözleşmenin tarafları arasındaki anlaşmanın bir parçası olamaz. Akıllı sözleşme kodu hem sözleşmenin kurulmasında hem de ifa edilmesinde merkezi bir rol oynamaktadır. On-chain akıllı sözleşmelerde, doğal dillerin ortaya çıkardığı belirsizlik sorunu yoktur. Böylelikle, hukuk dilinin bilgisayar koduna çevrilmesindeki zorluklar ortadan kalkar. Ancak, sözleşmenin doğrudan bir kod olarak doğru bir şekilde ortaya çıkması için, akıllı sözleşme kodunun, yazılım ve hukuk bilen kişiler tarafından yazılması gerekir. On-chain akıllı sözleşmelerde, taraflar hak ve yükümlülükleri en başından daha net ve düzenli bir şekil ortaya koyabilir ve akıllı sözleşmenin icra edilmesi için gerekli objektif ve ölçülebilir şartları belirleyebilirler. Off-chain akıllı sözleşmeler, blok zinciri dışında kurulan bir sözleşmede kararlaştırılan edimlerin kısmen veya tamamen blok zinciri üzerinde icra edilmesi için koda dönüştürülmesidir. Taraflar önce doğal dillerde geleneksel bir sözleşme yaparlar sonra bu sözleşmenin bilgisayar kodu ile icra edilmesi mümkün olan kısımlarının akıllı sözleşme ile otomatik olarak icra edilmesi hususunda anlaşılır. Off-chain sözleşmelerde, doğal dilde kaleme alınan bir sözleşmeyi, programlama diline aynen çevirmek zor bir iştir. Bu çeviriyi otomatik olarak ve bire bir gerçekleştirmek teknik olarak pek mümkün değildir. Doğal dilde kaleme alınmış olan bir sözleşme, hukuk dilinin yapısı gereği, soyut ve uzun ifadeler ve kavramlar içerir. Dolayısıyla burada bilgisayar koduna çevrilmesi gereken doğal dilde yazılmış basit bir metin değil, hukuk dilinde yazılmış bir metindir. Önce hukuki ifadelerin ne anlama geldiğinin yorumlanması, sonra koda çevrilmesi gerekir. Off-chain akıllı sözleşmelerde, asıl sözleşme ile akıllı sözleşme arasında bir çatışma olduğunda, asıl sözleşmedeki hükümler dikkate alınır (Blockchain Türkiye Platformu, 2021).

2.8. Akıllı Sözleşmelerin Özellikleri

2.8.1. Güvenilir

Blok zinciri, güvenilir işlemlerin gerçekleştirilmesini amaçlayan bir teknolojidir. Bu bağlamda, blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, taraflar arasındaki eylemleri düzenlemeye ve taahhütlerin güvenilir bir şekilde yerine getirileceğine olan inançlarını artırmaya yardımcı olur.

Ayrıca, blok zincirindeki veriler birden çok düğüme dağıtıldığı için sistemde tek bir merkezi kontrol noktası bulunmaz. Bu, akıllı sözleşmelerin üçüncü tarafların veya kurumların müdahalesine karşı korunmasını sağlar ve böylece sistemin güvenliğini artırır (Delioğlu, 2023). Örneğin kripto para transferi yapmak isteyen bir kişi, sadece açık ve özel anahtarlarını kullanarak işlem yapabilir. Kullanıcının blok zincirindeki açık anahtarı dışında finansal veya kimlik bilgilerini paylaşması gerekmez. Bu nedenle, bu verilere izinsiz ve yetkisiz erişim mümkün değildir.

2.8.2. Değiştirilemez

Akıllı sözleşmeler, genellikle bir kez oluşturulduktan sonra değiştirilemez olarak kabul edilirler. Bu nedenle, akıllı sözleşmelerin esnek olmadığı yaygın bir görüştür. Ancak buradaki değişmezlik yalnızca akıllı sözleşmenin yürürlüğü ile alakalı olup, kurulması aşamasını kapsamamaktadır. Akıllı sözleşmelerin değiştirilemez özelliği, bir sözleşmenin başlatıldıktan sonra müdahale edilemeyeceği anlamına gelir. Genel olarak, sözleşmeyi başlatan kişi dâhil olmak üzere üçüncü bir kişi, akıllı sözleşme kodunu geri alamaz, iptal edemez veya durduramaz (Çubukçu, 2020).

2.8.3. Otomatik

Akıllı sözleşmeler, kodlanmış koşullar gerçekleştiğinde önceden belirlenmiş sonuçların otomatik olarak gerçekleştiği, dışarıdan müdahale gerektirmeyen sözleşmelerdir. Bu nedenle akıllı sözleşmelere "*kendi kendini icra eden (self-execution) sözleşmeler*" denir. Blok zinciri teknolojisi, sadece koşulların gerçekleşip gerçekleşmediğini denetler ve koşullar gerçekleşirse ifa otomatik olarak gerçekleşir. Sözleşme ilişkilerinde, bazen sözleşme öncesi müzakerelerde ve kuruluş aşamalarında belirlenen yükümlülüklerin zaman içinde anlamını yitirebileceği durumlar ortaya çıkabilir. Yani sözleşmede öngörülen yükümlülüğün yerine getirilmesi yerine ekonomik olarak daha avantajlı olan tazminat ödenmesi tercih edilebilir (Özkan, 2022).

2.8.4. Aracısız

Akıllı sözleşmelerin kendiliğinden ifa edilmesi, geleneksel sözleşmelerdeki gibi aracılara ihtiyaç duyulmayacağı anlamına gelir. Geleneksel sözleşmelerde aracılara ihtiyaç duyulmasının

nedeni, işlemin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesinin sağlanmasıdır. Akıllı sözleşmelerde ise güven sorunu, blok zincirin doğası gereği aşılmıştır. Blok zinciri, aracılara olan ihtiyacı ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Kullanıcılar, güvenliklerini sağlamak için aracılara değil, sisteme güvenirlir. Blok zincirinde bir akıllı sözleşme oluşturulduktan sonra genellikle bu süreç dışarıdan müdahale edilemez. Ancak bazı durumlarda bilgilerin doğrulanması gerekebilir. Örneğin, bir ürünün kalitesini belirlemek için bir uzmana ihtiyaç duyulabilir. Bununla birlikte, blok zinciri, insan müdahalesini minimumda tutacak şekilde tasarlanabilir. Nesnelerin İnterneti (IoT) adı verilen ve nesnel sonuçlar üreten akıllı cihazlar aracılığıyla bu mümkün olabilir. IoT cihazları, gerçek dünyadaki verileri tespit edip blok zincirine ileten bağımsız bilgisayar programlarına sahiptir. Bu cihazlar, bir satış sözleşmesinde teslim edilen malın kalitesini denetleyebilir. Bu denetimler genellikle uzmanlar tarafından yapılmaktadır, ancak teknolojinin ilerlemesiyle bu rolün akıllı cihazlar tarafından üstlenilebileceği düşünülmektedir (Özkan, 2022).

2.8.5. Şeffaf

Blok zincirinde gerçekleştirilen bir işlem, ağdaki tüm düğümlere dağıtıldığı için her işlem adımı diğer kişiler tarafından takip edilebilir. Bu sayede şeffaflık sağlanır ve ağdaki kişiler işlem hakkında genel bilgi sahibi olabilirler. Ancak, veriler kriptografik yöntemlerle şifrelendiğinden, işlemin tarafı olmayan kişiler yani işleme dâhil olmayanlar işlemin içeriği hakkında bilgi edinemezler. İşlemlerin izlenmesi ve şeffaflık, uluslararası ticari ilişkilerde ortaya çıkan sorunlardan biridir. Blok zinciri ve akıllı sözleşmeler, işlemlerin eş zamanlı olarak izlenebilmesini sağladığı için bu sorunun üstesinden gelinmesine yardımcı olabilir (Kowalski ve diğerleri, 2021)

2.8.6. Hızlı ve Düşük Masraflı

Akıllı sözleşmeler, geleneksel sözleşmelerin hazırlık sürecinden icra aşamasına kadar olan süreleri önemli ölçüde kısaltır. Bunun nedeni, geleneksel sözleşmelerde manuel olarak yürütülen süreçlerin akıllı sözleşmelerde kodlar aracılığıyla otomatik olarak gerçekleşmesidir. Ayrıca, geleneksel sözleşmelerdeki aracı gerekliliği akıllı sözleşmelerle ortadan kalkacağından, işlem maliyetlerinin azalması beklenmektedir. Akıllı sözleşmeler sayesinde işlemler kolayca izlenebilir ve otomatik olarak gerçekleşeceğinden, taraflar bilgi edinme ve icra masraflarına katlanmak

zorunda kalmazlar. Akıllı sözleşmelerin işlem maliyetini azaltması ve ödeme süreçlerini hızlandırmasının, uluslararası ticaretin gelişmesine ve daha verimli hale gelmesine katkı sağlayabileceği kabul edilmektedir. Aynı şekilde, akıllı sözleşmeler belirli bir tarihte malların teslim edilmesi durumunda ödemenin gerçekleşmesini sağlayabilir. Uluslararası ticarete akreditif ödeme yönteminin yüksek maliyeti ve evrak karmaşıklığı gibi sorunlarla karşılaştığı bilinmektedir. Bu nedenle, akıllı sözleşmelerin akreditif sürecine dâhil edilmesiyle, işlemlerin hızlandırılması, maliyetlerin azaltılması, evrak yükünün azaltılması, şeffaflık ve güvenlik sorunlarının çözüme kavuşturulabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, blok zinciri teknolojisinin ve akıllı sözleşmelerin uluslararası ticarete büyük bir potansiyele sahip olduğu değerlendirilmektedir (Kel, 2020).

2.8.7. Kesin

Akıllı sözleşmelerde kesinlik sözleşmenin kurulmasındaki kesinlik ve sözleşme kodlarının kesinliği olarak iki açıdan değerlendirilmelidir. Sözleşmenin kuruluşu açısından zaman damgası, kullanıcı damgası vb bilgiler taşıyan akıllı sözleşmeler, zincire eklendikten sonra değiştirilemez. Dolayısıyla sözleşme maddelerinde veya sözleşmenin kurulmasından kaynaklı bir muğlaklık oluşması mümkün değildir. Akıllı sözleşmenin ne zaman ve kimler tarafından yapıldığı, ne zaman zincire eklendiği belli ve kesindir (Delioğlu, 2023). Akıllı sözleşmeler, programlama dili kullanılarak yazılırlar ve bu dil, doğal dilden farklı olarak matematik temellidir yani kesinlik esastır. Geleneksel sözleşmelerdeki soyut ifadeler, akıllı sözleşmelerde kullanılamaz çünkü programlama dilinin bu tür soyut kavramları yorumlama yeteneği yoktur. Örneğin, "*makul süre, zorlayıcı neden, haklı sebep, iyi niyet, kusur, dürüstlük kuralı, derhal, seçimlik hak*" gibi soyut ifadeler, akıllı sözleşmelerde kullanılamaz. Bu tür soyut ifadeler, geleneksel sözleşmelere esneklik tanır ve değişen koşullara daha kolay adapte olmalarını sağlar. Program kodu, soyut kavramları değerlendiremez, bu nedenle bu tür soyut ifadeler akıllı sözleşmelere dâhil edilemez. Ancak, bankacılık ve finans sektöründeki sözleşmelerin dili genellikle kesin ve nesnel kavramlar içerir ve şartların objektif bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Bu nedenle, bu sektörlerdeki sözleşmeler, akıllı sözleşmelerle daha kolay uyum sağlayabilir ve akıllı sözleşmelerin kullanımı bu tür sözleşmelerin otomasyonunu ve verimliliğini artırabilir (Özkan, 2022).

2.9. Akıllı Sözleşmelerin Hukuki Niteliği

Akıllı sözleşmenin, hukuki bir sözleşme gibi, taraflar arasında arzu edilen sonuçları doğurabilmesi ve karşılıklı edimlerin yerine getirilmesini sağlayabilmesi için hukuki olarak bağlayıcı olması gerekir. Yani, akıllı sözleşme mevcut hukuk kurallarına uygun bir şekilde oluşturulmalıdır. Bu nedenle, kodun kendisi de hukuk kurallarına tabi tutulmalıdır. Örneğin, bir satış sözleşmesinde, malın belirtilen süre içinde teslim edilmediğinin alıcının depo sensörleri (IoT) ile tespit edilmesi durumunda fesih beyanının otomatik olarak açıklanması için bir akıllı sözleşme oluşturulabilir. Bu, tek taraflı bir hukuki işlem olan fesih beyanının karşı tarafa akıllı sözleşme aracılığıyla iletilmesini sağlar. Bu örnek, akıllı sözleşmenin hukuki bir işlem olarak kullanılmasına örnek teşkil etmektedir. Akıllı sözleşme kodu, taraflar arasında hukuki bir bağ kurma amacını taşıyan hukuki bir sözleşme işlevini yerine getirir (Özkan, 2022).

Akıllı sözleşmenin hukuki niteliğini değerlendirirken, sözleşmenin teknik yapısı ve oluşturulma şekli önemlidir. Genellikle, akıllı sözleşme ilişkisi, başlangıçta doğal dilde oluşturulan geleneksel bir sözleşmenin daha sonra bilgisayar koduyla ilişkilendirilmesi yöntemiyle kurulur. Bu yöntem, “*off-chain*” veya “*external*” akıllı sözleşme olarak adlandırılır. Off-chain akıllı sözleşmeler, geleneksel sözleşmenin oluşturulduğu aşama ile akıllı sözleşmenin uygulanması aşamasını içerir. Geleneksel sözleşme, taraflar arasındaki hukuki ilişkiyi düzenler ve bu sözleşmede icranın bilgisayar programlarıyla gerçekleştirilmesi kararlaştırılır. Tarafların karşılıklı irade beyanları genellikle blok zinciri dışında yapılır. Akıllı sözleşme aşaması ise sözleşmenin uygulanmasıyla ilgilidir ve akıllı sözleşme aracılığıyla taraflar arası edimlerin yerine getirilip getirilmediğiyle ilgilidir. Off-chain akıllı sözleşmeler iki farklı şekilde gerçekleşebilir. İlk olarak, asıl sözleşmedeki belirli edimlerin gerçekleştirilmesi için akıllı sözleşmenin programlanmasıdır. Bu durumda, asıl sözleşmenin tamamının blok zincirine kaydedilmesi gerekmez, yalnızca ilgili kısmı kod içine aktarmak yeterlidir. İkincisi, asıl sözleşmedeki tüm edimlerin akıllı sözleşme ile gerçekleştirilmesidir. Bu durumda, asıl sözleşmenin tamamı kod haline getirilir. Akıllı sözleşmelerin sadece bir icra aracı olduğu ve gerçek bir sözleşme olmadığı şeklinde bir yorum yapılabilir. Ancak bu yaklaşım, akıllı sözleşmelerin mevcut kullanım alanlarını ve gelecekteki potansiyelini büyük ölçüde göz ardı etmektedir. Geleneksel bir sözleşme oluşturmadan, taraflar arasındaki haklar ve yükümlülüklerin tamamen bir programlama dili kullanılarak akıllı sözleşme üzerinde belirlenebileceği durumlar da söz konusudur. Bu tür sözleşmelere “*on-chain*” veya

"*internal*" akıllı sözleşmeler denir. Bu bağlamda, akıllı sözleşme yalnızca bir icra aracı olmaktan çıkarak, icap ve kabul aşamalarından icraya kadar tüm sürecin blok zinciri üzerinde gerçekleştiği bir hukuki işlem haline gelir. Taraflar arasında bir anlaşmazlık durumunda, yetkili otoritenin sadece kod veya geleneksel sözleşme üzerinden bir değerlendirme yapması yeterli olmaz. Taraflar arasındaki hukuki ilişkiyi belirlemeye yardımcı olan dijital ve fiziksel delillerin tümü dikkate alınmalıdır (Özkan, 2022).

Yeni bir teknolojiye ilişkin hukuki değerlendirmeler genellikle teknolojinin benimsenmesi ve yaygınlaşmasından sonra yapılır ve yasal çerçeve oluşturulması zaman alabilir. Bu bağlamda, akıllı sözleşme ve blok zinciri teknolojisi, günlük hayata daha fazla etki ettiğinde hukukçuların ve yasama organlarının dikkatini çekmiştir. Bazı ülkeler bu teknolojilere mesafeli yaklaşırken diğerleri ise hukuki düzenlemeleri hızlandırmaya isteklidir. Örneğin, 2016 yılında ABD'nin Vermont eyaletinde blok zinciri teknolojisi temelli kayıtların eyalet delil yasaları kapsamında hukuken geçerli olduğu kabul edilmiştir. 29 Mart 2017 tarihinde ABD'nin Arizona Eyaleti'nde, blok zinciri ve akıllı sözleşmelerin mevcut Arizona kanunlarına göre geçerliliğine dair elektronik kayıt ve imzaların hukuki geçerliliğini düzenleyen Arizona Elektronik İşlemler Yasası'nı değiştiren kanun yürürlüğe girmiştir (Kınacı, 2019). ABD'nin Nevada eyaletinde 2017 yılında kabul edilen bir yasa, blok zinciri teknolojisinin kullanımına ve akıllı sözleşmelerin hukuki çerçevesine katkı sağlamıştır. Bu yasaya göre, blok zinciri, sözleşme oluşturmada bir aracı olarak kullanılabilir. Illinois eyaletinde 2020 yılında yürürlüğe giren başka bir yasa, akıllı sözleşmelere ilişkin hukuki belirsizlikleri gidermeyi amaçlamıştır. İngiltere'de ise 2019 yılında yayınlanan bir bildiride, akıllı sözleşmelerin, sözleşme hukukunun gereksinimlerini karşıladığı sürece hukuki olarak geçerli bir sözleşme olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir (Özkan, 2022). Bahsedilen yasama faaliyetlerine göre blok zinciri ve akıllı sözleşmeler ile ilgili somut hukuki düzenlemeler başlatılmıştır. Bu teknolojilerin hayatımıza olan etkileri arttıkça akıllı sözleşmelere ilişkin daha kapsamlı yasal düzenlemelerin de yakın bir gelecekte düzenleneceği öngörülmektedir (Kınacı, 2019).

2.10. Akıllı Sözleşmelerin Avantajları, Dezavantajları ve Riskleri

Akıllı sözleşmeler, geleneksel sözleşmelere göre birçok avantaj sunmaktadır. Daha güvenli, daha şeffaf, daha verimli ve daha düşük maliyetlidirler. Ancak, akıllı sözleşmelerin yaygın olarak

benimsenmesini engelleyen bazı dezavantajlar, riskler ve engeller de vardır. Akıllı sözleşmeler, henüz yeni bir teknolojidir. Bu nedenle, akıllı sözleşmeler hakkında yeterli eğitim ve farkındalığın olmaması bir eksikliktir. Akıllı sözleşmelerin çalışabilmesi için güçlü bir teknik altyapıya ihtiyaç vardır. Akıllı sözleşmeler, değiştirilemezdir. Bu nedenle, akıllı sözleşmelerde bulunan yazılım hatalarının veya eksikliklerin geri alınması mümkün değildir. Bu durum, akıllı sözleşmelerin hukuki geçerliliğini ve güvenilirliğini olumsuz etkileyebilir. Akıllı sözleşmeler, karmaşık programlardır. Bu nedenle, akıllı sözleşmelerin geliştirilmesi ve anlaşılması zor olabilir. Akıllı sözleşmeler, kodlarında yer alan koşullara göre çalıştığı için sonuçları tam olarak öngörmek zor olabilir. Bu durum, akıllı sözleşmelerin tarafları için risk oluşturabilir (Delioğlu, 2023).

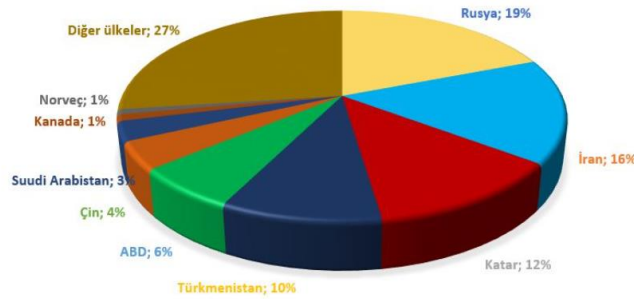
Akıllı sözleşmeler, yazılım programları oldukları için hacklenme riskine sahiptirler. Bu risk, akıllı sözleşmelerin kodunda bulunan hatalar veya zayıflıklardan kaynaklanabilir. DAO krizi, akıllı sözleşmelerin hacklenme riskinin bir örneğidir. DAO kriziyle beraber akıllı sözleşmelerle ilgili teknik tartışma derinleşmiş olup halen varlığını korumaktadır. DAO, ABD’de Ethereum üzerinde akıllı sözleşme olarak hayata geçirilen ilk ve en kapsamlı kitlesel fonlama projesidir. DAO projesiyle Ethereum üzerinde akıllı sözleşme ile kitlesel fonlama yapılmıştır. Katılımcılara Ether karşılığı DAO Token verilmiş, bu Token oylamalarda veya proje finansmanında kullanılmak üzere üretilmiştir. DAO kitlesel fonlamasına, çok kısa sürede 168 Milyon USD kripto para değerinde katılım sağlanmıştır. Ancak katılımcılardan birisi tesadüfen, fonlamadan yani akıllı sözleşmeden çıkmayı denemesiyle sistemde bir açığı keşfetmiştir. Katılımcı aynı işlemi tekrar tekrar yaparak yaklaşık 50 Milyon USD değerinde kripto parayı aynı kullanıcıya göndererek bu açıktan faydalanmıştır. Akıllı sözleşmeler, özel anahtarlarla imzalanır. Özel anahtarın kaybedilmesi, akıllı sözleşmeye erişimi kaybetmek anlamına gelir. Bu durum, akıllı sözleşmenin ifasını engelleyebilir. Akıllı sözleşmelerin yasal geçerliliği ve uygulanabilirliği konusunda henüz uluslararası bir uzlaşıya varılamamıştır. Bu durum, akıllı sözleşmelerle ilgili uyuşmazlıkların çözümünü zorlaştırabilir. Akıllı sözleşmelerin yaygın olarak benimsenmesi için bahsedilen bu engellerin aşılması gerekmektedir. (Tevetoğlu, 2021).

BÖLÜM 3: LNG TİCARETİ VE SÖZLEŞME YAPILARI

3.1. LNG'nin Özellikleri

LNG ticaretine geçmeden önce LNG'nin ne olduğu ve nasıl işlendiği gibi temel özelliklerini anlamak önemlidir. Doğal gaz yer kabuğunun içindeki fosil kaynaklı bir çeşit yanıcı gaz karışımıdır ve bir petrol türevidir. Yakıt olarak önem sıralamasında ham petrolden sonra ikinci sırada yer alır. Doğal gazın büyük bölümü Metan gazı (CH₄) adı verilen hidrokarbon bileşiğinden oluşur. Diğer ana bileşenleri; Etan (C₂H₆), Propan (C₃H₈), Bütan (C₄H₁₀) gazları ve içeriğinde eser miktarda Karbondioksit (CO₂), Azot (N₂) ve diğer gazlar da bulunur (Karabay, 2014).

Doğal gaz yoğun olarak elektrik üretiminde, konutlarda, sanayide ve hizmet sektöründe kullanılmaktadır. Doğal gaz, petrol ile birleşik olarak bulunduğundan petrol alanlarının yoğun olduğu yerlerdedir. Sürekli gelişen bir doğal gaz endüstrisi vardır. 2021 yılı verilerine göre, dünya doğal gaz rezervi yaklaşık 188,1 trilyon m³ olup Rusya %19'luk payla dünya doğal gaz rezervi sıralamasında ilk sırada yer almaktadır. 2021 yılı üretim verilerine göre, dünyadaki en büyük doğal gaz üreticisi ülke ABD olup dünya üretiminin %23'ünü karşılamaktadır. Ülkemizde 2022 yılında 408 milyon m³ doğal gaz üretimi yapılmasına karşın 54,6 milyar m³ doğal gaz ithalatı yapılmıştır. Bu verilerden yola çıkarak ülkemizin %99 oranında doğal gaz ithalatına bağımlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Türkiye'nin üretilabilir rezervi 2022 itibarıyla yaklaşık 544 milyar m³'tür. Karadeniz'de keşfedilen Sakarya sahasının geliştirilmesiyle birlikte doğal gaz rezervimizin daha da artması beklenmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Website, 2023).



Şekil 5: 2021 ülkelere göre doğalgaz rezervleri (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2023)

Doğal gazın farklı halleri vardır. Bunlar gaz durumunda olan doğal gaz (NG), sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG), yüksek basınç altında sıkıştırılmış doğal gazdır (CNG). Sıvılaştırılmış doğal gaz, içerisindeki kirden arındırılarak atmosferik basınçta -162°C 'de soğutulan doğal gazdır. Doğal gaz taşıma ve depolamada kolaylık sağlamak için 600 kat hacmi küçültülerek LNG haline dönüştürülür. Doğal gazın sıvılaştırılmasının temel nedeni, kara bağlantısı olmayan veya diğer ülkelerle gerçekten çok uzak mesafesi olan ülkelere boru hatlarıyla taşınamamasıdır. Bu nedenle, doğal gaz sıvılaştırılarak hacmi azaltılır ve deniz yoluyla taşınır. En çok LNG ihraç eden ülkeler Katar ve Avustralya iken Japonya en çok ithal eden ülkedir. Bu ülkeler ada ülkeleridir ve doğal gaza deniz yoluyla erişim sağlarlar. LNG'nin başka bir avantajı depolama ile ilgilidir. Genellikle doğal gaz, doğal olarak oluşan yer altı depolarında depolanır. Ancak LNG sıvılaştırılarak tankerlerde daha güvenli depolanabilir. LNG'nin depolanması ve nakliyesi zordur. LNG'nin hava ile yaptığı ısı alışverişi tanklardaki yüksek basınç sayesinde izolasyon ile engellenir. Nakliyesi zor olmasına rağmen kirlilik oranı düşük olduğu için çevreyi kirletmez ve ticari yönden tasarruf sağlar (Doymuş, 2021).



Şekil 6: FSRU Ertuğrul Gazi - Dörtyol (BOTAŞ, 2021)

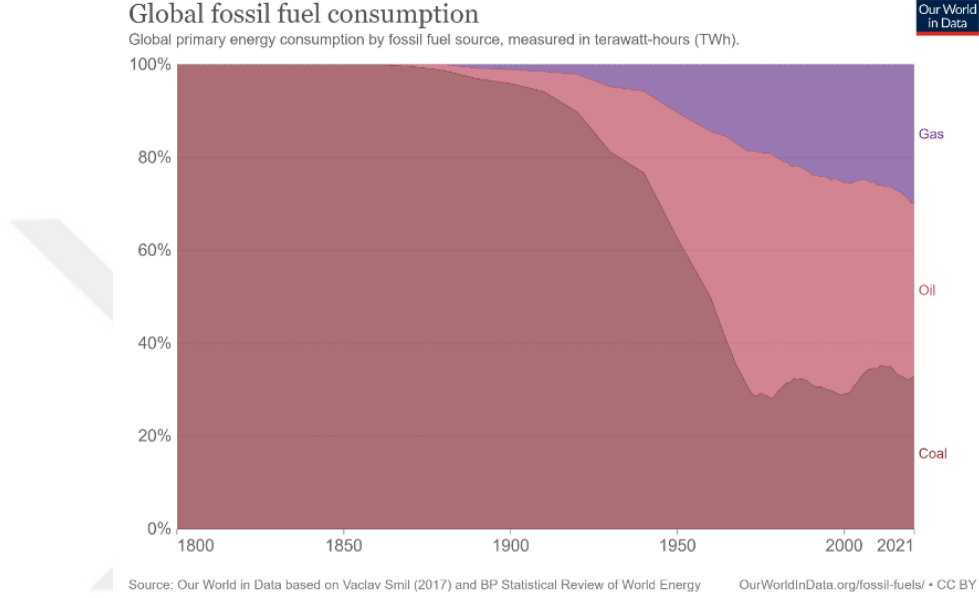
FSRU Ertuğrul Gazi, Türkiye'nin sahip olduğu Dünya'nın en büyük Yüzer LNG Depolama ve Gazlaştırma Ünitesi (FSRU) gemisidir. Gemi Güney Kore'de inşa edilmiş olup Nisan 2021'de Türkiye'ye teslim edilmiştir. BOTAŞ Dörtyol'da bulunmaktadır. Bünyesinde yer alan depolar ile LNG depolanmasını, depolanan LNG'nin gazlaştırılmasını ve yüksek basınçla ana iletim hattına iletilmesini sağlamaktadır. Toplamda 263.000 metreküplük yüksek LNG depolama kapasitesine sahiptir (BOTAŞ, 2021).

LNG ithal eden ülkeler ithalatlarını gittikçe artırmaktadır. En yüksek talep Asya-Pasifik ülkelerinden gelmektedir. Bu ülkeler coğrafi olarak üretici ülkelere uzak oldukları için enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü LNG'den karşılamaktadırlar. LNG, kömürden daha pahalıdır ve yenilenebilir kaynaklardan daha kirlidir ancak en temiz fosil yakıttır. Sürdürülebilir bir gelecek için dünyanın daha temiz bir enerji rejimine geçişine yardımcı olabilir. LNG ticareti 1970'lerde, toplam doğal gaz ticaretinin %6'sı iken 2017 yılında toplam doğal gaz ticaretinin %34,5'ini oluşturur (BP, 2018).

3.2. Doğal Gaz ve LNG Pazarına Genel Bakış

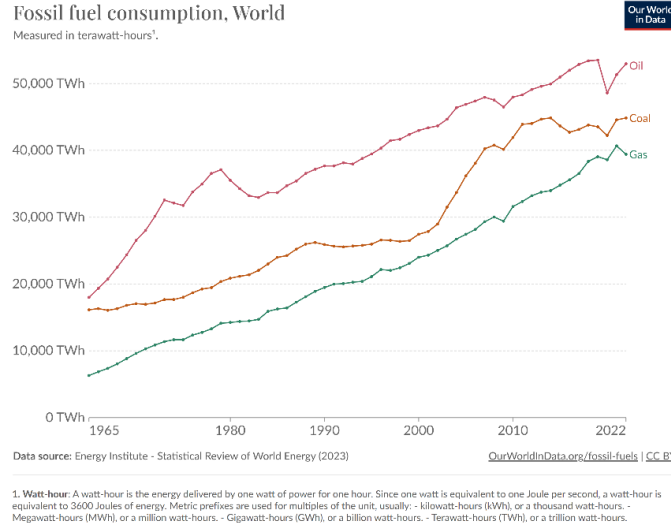
Dünyada birçok yerde birçok farklı biçimde farklı enerji kaynakları bulunur. Enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez olarak sınıflandırılabilir. Yenilenemeyen enerji kaynakları fosil yakıtlar olarak bilinmektedir. Fosil yakıtlar (kömür, petrol, gaz) küresel enerji sistemlerinde baskın bir rol oynamaktadır. Ancak bunun yanında fosil yakıtların bazı zararları da vardır. Fosil yakıtlar yandığında küresel iklim değişikliğinin en büyük nedeni olarak görülen karbondioksit (CO₂) üretirler. Ayrıca, hava kirliliğine yol açarak canlıların yaşamını olumsuz etkilemektedir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak tüketilen enerji kaynakları sürekli değişmektedir. 19. Yüzyılda kaynakların çoğunluğu odun ve kömür iken günümüzün birincil enerji kaynağı petrol ve doğal gaz ikincil enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Doğal gaz tüketimi 2000'li yıllardan itibaren hızla artmaktadır. Petrol önemli bir enerji kaynağıdır, ancak petrolün emisyon değeri çok yüksek olduğundan doğaya ciddi zarar vermektedir. Ülkeler iklim değişikliği sorunlarıyla başa çıkmak için yenilenebilir kaynakların kullanımını artırmaya odaklanarak karbon ayak izini azaltmaya çalışmaktadır. Bu çabalara rağmen, yenilenebilir kaynaklar tek başına küresel talebi karşılayamamaktadır. Bu nedenle fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir geçiş dönemi yaşanmaktadır. Bu geçiş döneminde ülkeler, petrolden yaklaşık %50 daha düşük karbon

salınımı olan doğal gaza yönelmiştir. Doğalgaz, iklim değişikliğiyle mücadelede kesin çözüm olmayabilir ama diğer fosil yakıtlara göre daha temiz ve daha çevre dostudur. 1960 - 1970 yılları arasında dünya toplam enerji tüketiminde petrol ile doğal gaz arasındaki fark %30 civarındaydı. Bu fark bugün kapanarak %10'a kadar düşmüştür (Alkan 2019).



Şekil 7: Küresel fosil yakıt tüketimi – yüzdesel gösterimi (BP Statistical Review of World Energy 2022)

Fosil yakıtların enerji olarak kullanılması Sanayi Devrimi'nin başlangıcında başlamıştır. Ancak fosil yakıt tüketimi, son birkaç yüzyılda önemli ölçüde değişmiştir. Grafikte, 1800'den beri kömür, petrol ve gaza göre ayrılmış küresel fosil yakıt tüketimi görülmektedir. Fosil yakıt tüketimi, son yarım yüzyılda önemli ölçüde artmıştır. 1950'den bu yana yaklaşık sekiz kat ve 1980'den bu yana neredeyse iki katına çıkmıştır. Enerji kaynağı kömürden önce petrole ardından gaza doğru kaymıştır. Bugün dünyanın birçok yerinde kömür tüketimi düşerken petrol ve gaz hızla artmaktadır (BP Statistical Review of World Energy, 2022).



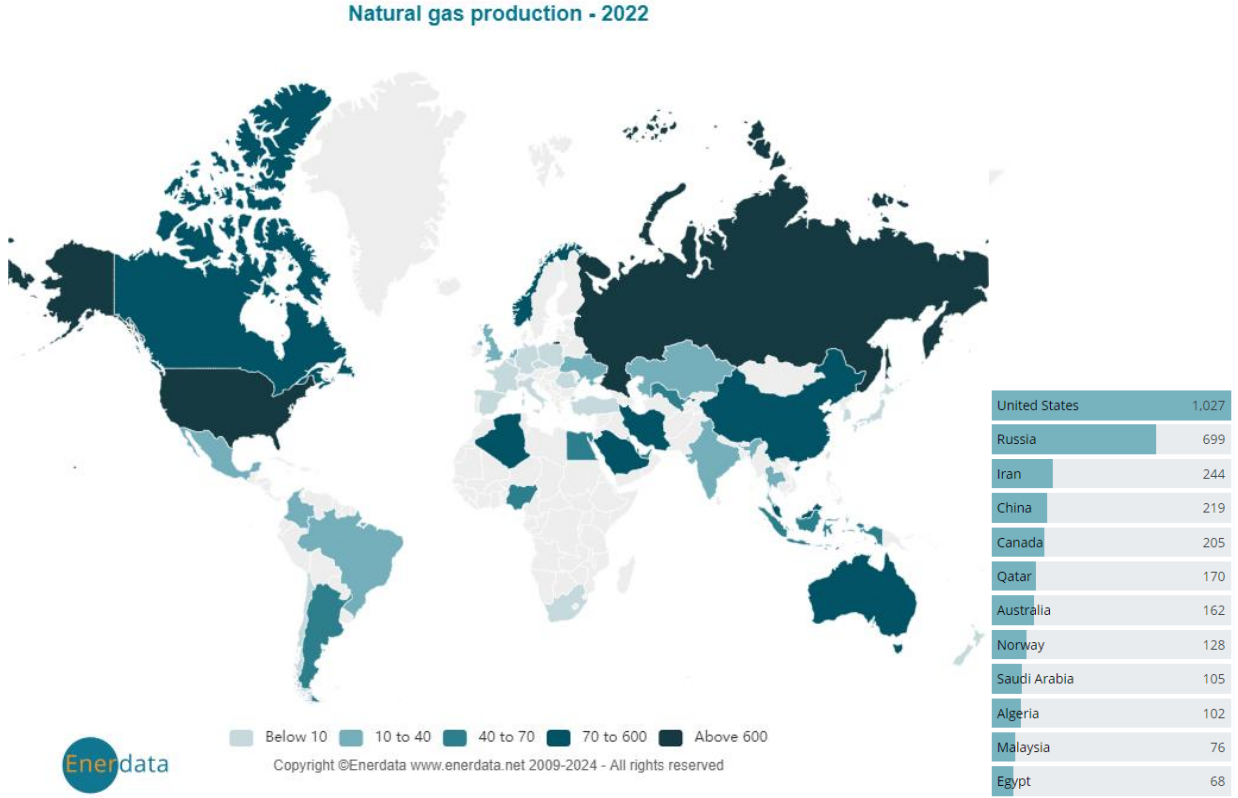
Şekil 8: Dünya fosil yakıt tüketimi - çizgi grafik gösterimi (Statistical Review of World Energy 2023)

Yüzdelik grafikte toplu olarak fosil yakıt tüketimi görülmektedir. Ancak kömür, petrol ve gazın rolüne ayrı ayrı bakmak önemlidir. Çünkü etkileri eşit değildir. Örneğin kömür, enerji birimi başına daha fazla CO₂ ve yerel hava kirliliği üretir. Buradaki çizelgelerde, türe göre ayrıştırılmış fosil yakıt tüketimi gösterilmektedir. Bu şekilde fosil yakıt tüketimlerinin zaman içinde nasıl değiştiği görülmektedir (Statistical Review of World Energy, 2023).

Doğal gaz, fosil yakıtların en temiz hallerinden biridir. Çevre dostu olduğu için kullanımı artmaktadır. Hidrokarbonlar açısından zengin gazların bir karışımıdır. Daha çok metan (CH₄) ve nitrojen olmak üzere karbondioksit gibi daha az miktarda diğer hidrokarbonlardan oluşur. Doğal gaz, yerin milyonlarca yıl altında, çoğunlukla algler üzerindeki yüksek ısı ve basıncın etkisiyle oluşmuştur. Doğal gaz, kayadaki katmanlar arasındaki büyük çatlaklara ve boşluklara yayılmıştır. Bu gaza geleneksel gaz denir. Küçük gözeneklerde, kumtaşında ve diğer tortul kayalarda bulunan başka bir türe geleneksel olmayan gaz adı verilir. Üçüncü tip, ham petrolün yanında oluşan petrolle ilişkili doğal gazdır. Doğal gaz genellikle sanayi veya evlerde elektrik üretimi için kullanılır. Ayrıca sıkıştırılabilir ve araçlara yakıt sağlamak ve gübreler, hidrojen yakıt hücreleri ve diğer kimyasal işlemler için bir hammadde olarak kullanılabilir (Alkan, 2019).

Gaz piyasaları, arz ve talep tarafındaki faktörlerin birleşimi nedeniyle 2021'den bu yana açıkça sıkılaşmaktadır. Büyük tüketicilerin depoları yeniden doldurduğu kuzey yarımkürede soğuk bir kışın ardından ve uzun süreli COVID-19 karantinalarının ardından küresel ekonominin güçlü bir

şekilde yeniden başlamasıyla birlikte talep artmaktadır. Türkiye ve Brezilya'daki kuraklıklar da dâhil olmak üzere bir dizi aşırı hava olayı, hidroelektrik kıtlığını dengelemek için LNG talebindeki artışa neden olmaktadır. Arz tarafında ise, COVID-19 sonrası bakımla ilgili kesintiler devam etmekte ve Rusya'dan Avrupa'ya boru hattı gaz arzında dalgalanmalar görülmektedir (IGU World LNG Report, 2023).

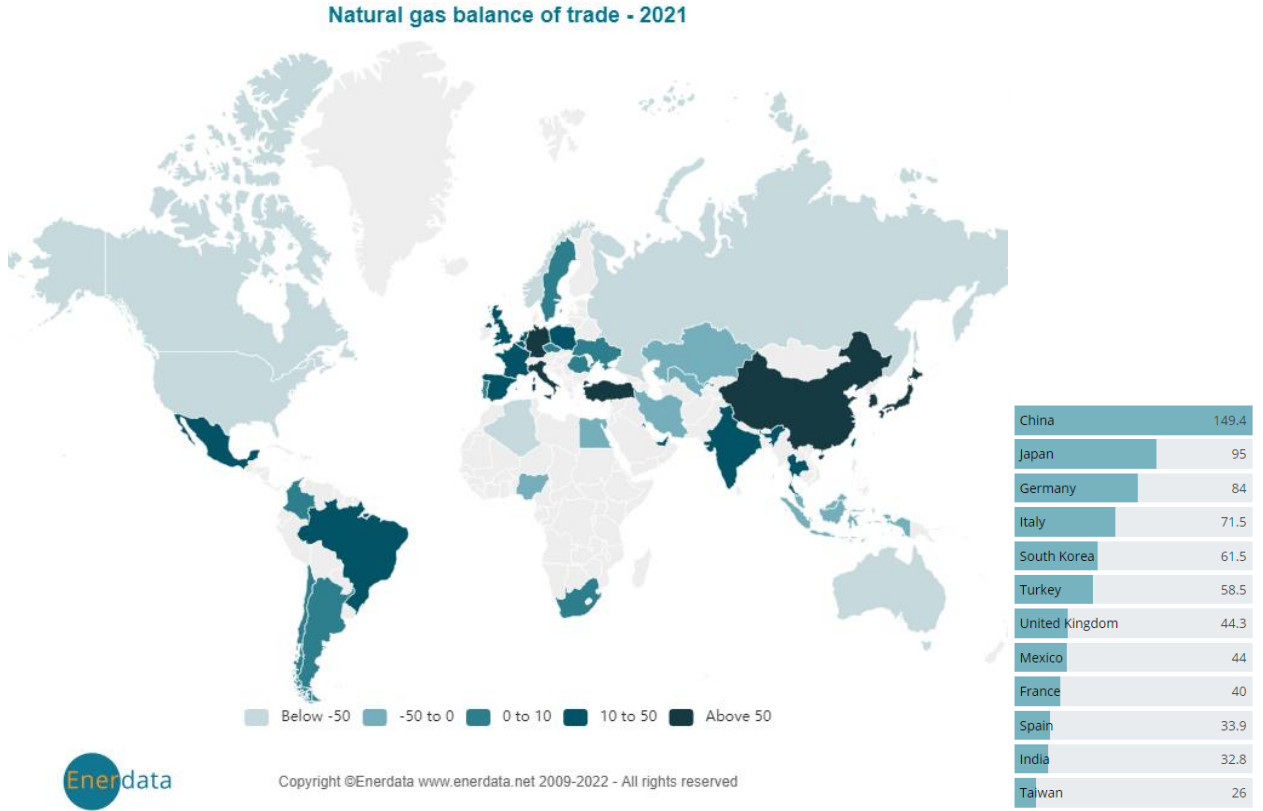


Şekil 9: 2022 yılı ülkelere göre doğalgaz üretimi (Enerdata, World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2023)

Küresel gaz üretimi, COVID-19 salgınının ardından 2021'de %4 oranında bir artışla önemli ölçüde toparlanmıştır. Gaz üretimi özellikle ABD, Çin, Cezayir ve Mısır'daki artan hacimler nedeniyle Kuzey Amerika, Asya ve Afrika'da artmıştır. Asya'da patlayan talep ve Cezayir'in AB'ye (özellikle İspanya ve İtalya) artan ihracatı sayesinde önemli bir artış yaşanmıştır. Bu arada, Rus üretimi güçlü bir şekilde artan yerel ihtiyaçları ve artan boru ihracatını karşılamak için %9,6 artmıştır. Nispi olarak, üretimdeki en büyük artış Hindistan'da %20 ve Cezayir'de %17 meydana gelmiştir. Avrupa'da, Birleşik Krallık'ta %18 ve Hollanda'da %10 düşen üretim nedeniyle artan

talebe rağmen gaz üretimi düşmeye devam etmiş ve Avustralya'da da önemli bir düşüş gözlenmiştir (Enerdata 2021 Doğal Gaz Üretimi).

2021'de %4,3 artan küresel gaz üretimi, düşük gaz talebi bağlamında ve Rusya'daki düşüşün Kuzey Amerika, Orta Doğu, Çin ve Avustralya'daki yüksek üretimle dengelenmesi nedeniyle 2022'de sabit kalmıştır. Avrupa'ya ihracatın azalması nedeniyle Rusya'da gaz üretimi %12 düşmüştür (Enerdata World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2023).



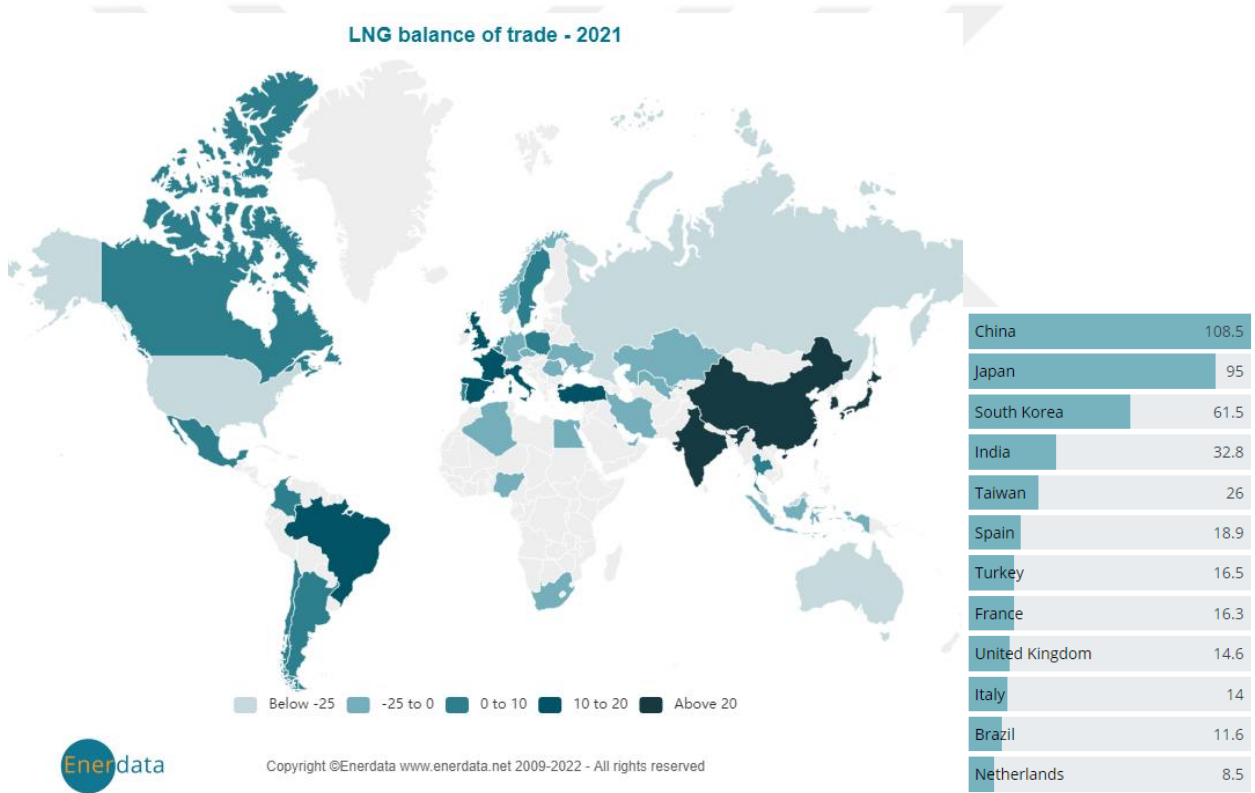
Şekil 10: 2021 yılı itibariyle doğal gaz ticareti

Amerika Birleşik Devletleri gaz ihracatı 2021'de %41 artmıştır. Çin'in ithalatı %20 artarak 2021'de Japonya ve Almanya'nın önünde en büyük gaz ithalatçısı haline getirmiştir. Rusya, en büyük gaz ihracatçısı olmaya devam etmektedir. AB içinde ithalat, esas olarak Almanya ve İtalya'nın etkisiyle %3,9 artmıştır (Enerdata 2021 Doğal Gaz Ticareti).

Boru hattı gazının küresel doğal gaz içindeki payı 2019 yılında %62, LNG'nin payı ise %38 olmuştur. 2022 yılında küresel sıvılaştırılmış doğal gaz ticaret hacmi 542 milyar metreküp olarak gerçekleşmiştir. 1970 ile 2022 yılları arasında rakamlar 539 milyar metreküp artmıştır. Katar, 2022

yılında 114 milyar metreküp ihracat hacmiyle dünyanın en büyük LNG ihraç eden ülkesi olmuştur. Aynı zamanda Japonya, 98 milyar metreküpün üzerindeki rakamlarla en büyük LNG ithalatçısıdır (Temizer, 2020).

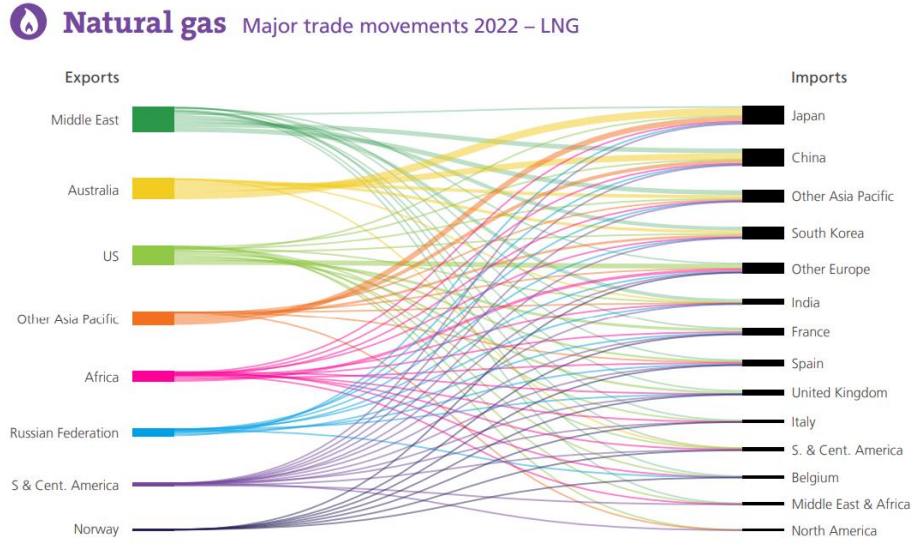
EPDK'nın verilerine bakıldığında 2022 yılında 15.170,69 milyon Sm³ LNG (Uzun Dönem ve Spot) ithalatı yapılmış olup, söz konusu miktar toplam ithalatın %27,75'idir. 2022 yılında gerçekleştirilen doğal gaz ithalatının %65,44'ü uzun dönemli ithalat lisansı kapsamında yapılmış olup %34,56'lık kısım spot olarak yapılmıştır. 2022 yılında 2021 yılına göre spot ithalatta ciddi oranda artış yaşanmıştır (EPDK 2022 Yılı Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu, 2023).



Şekil 11: Dünya LNG ticareti 2021

Amerika Birleşik Devletleri'nin LNG ihracatı, yeni LNG sıvılaştırma tesislerinin devreye alınmasıyla 2021'de %49 artmıştır. Dünya çapında artan talebe rağmen, yalnızca ABD'de %49 ve Cezayir'de %16 olarak önemli bir artış eğilimi göstermiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde LNG ticareti, ülkenin yeni sıvılaştırma tesisleri ve verilen ek ihracat izinleri nedeniyle ihracatını artırması ve ithalatını azaltması nedeniyle önemli ölçüde gelişmiştir. Asya'nın LNG ihracatı,

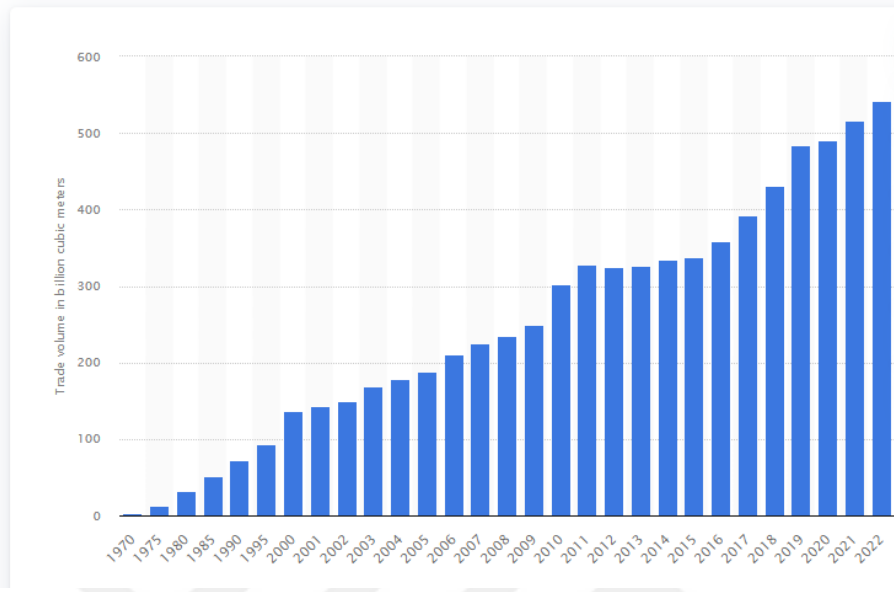
Japonya ve Hindistan'daki düşüğe rağmen Çin ve Güney Kore ithalatlarındaki artışın etkisiyle 2021'de %7,6 artmıştır. Latin Amerika, Meksika ithalatındaki düşüşü dengeleyen Brezilya elektrik santralinin devreye alınmasıyla elektrik sektöründe kullanılması için LNG ithalatını üç kattan fazla arttırarak ithalatçı konumuna gelmiştir. Avrupa'da ithalat, Hollanda'da %37 ve Birleşik Krallık'ta %21 düşüş gösterirken, Türkiye'nin ithalatı %22 artmıştır (Enerdata 2021 Dünya LNG Ticareti).



Şekil 12: LNG ticaret hareketleri 2022 (Statistical Review of World Energy 2023)

2022 yılında, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) olarak uluslararası doğal gaz ticareti, bölgeler arası ticarete konu olan tüm gazın %56'sına karşılık gelmektedir. Toplamda 542 milyar metreküp ile bir önceki yıla göre %5 artış olmuştur. En büyük LNG ihracatçısı olan Orta Doğu, Avustralya ve ABD ile birlikte toplam LNG ihracatının %65'i yapılmaktadır. 98 milyar metreküp ile Japonya en büyük LNG ithalatçısıdır. Çin ile birlikte toplam küresel ithalatın %35'ini oluşturmaktadır. Bölge olarak Asya Pasifik, toplam LNG'nin yaklaşık %65'ini ithal ederken, onu %30'un biraz üzerinde bir oranla Avrupa takip etmektedir (Energy Institute Statistical Review of World Energy 2023).

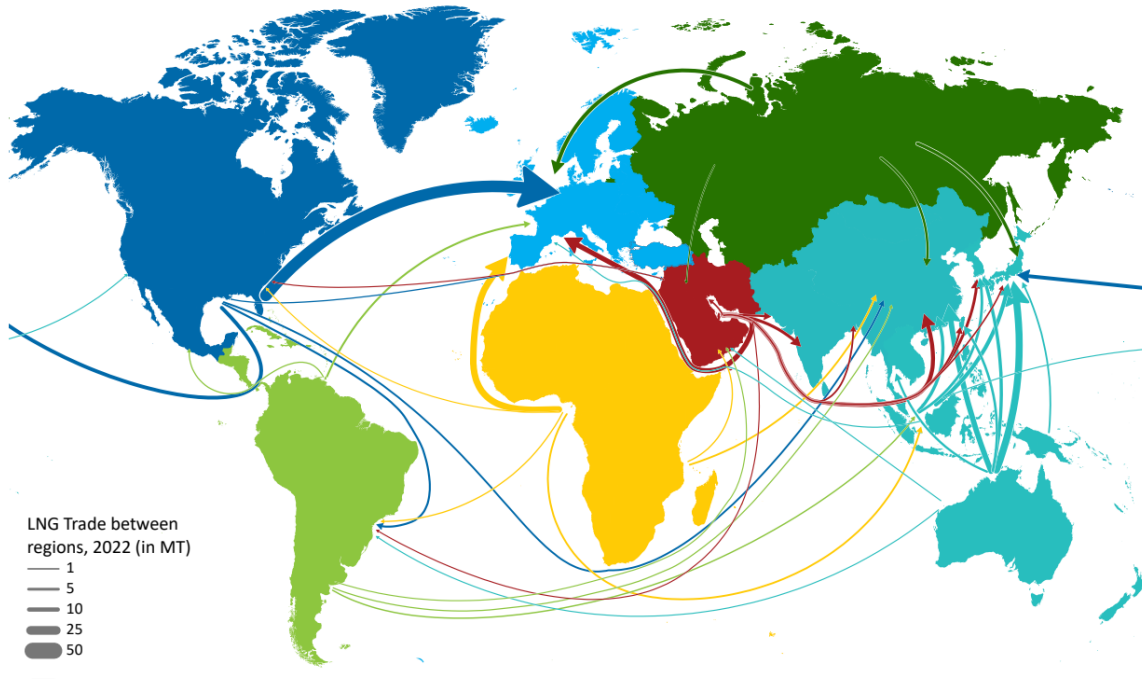
(in billion cubic meters)



Şekil 13: 1970-2022 Dünyada sıvılaştırılmış doğal gaz ticaret hacmi

BP'nin İstatistiksel İnceleme Dünya Enerjisi 2022 ve Enerji Görünümü 2022 Raporuna göre; LNG ticareti, gelişmekte olan pazarların doğal gaza erişimini artırmada merkezi bir rol oynamakta, ekonomik büyümeyi ve düşük karbonlu yakıtlara geçişi desteklemeye yardımcı olmaktadır. Hızla inşa edilen LNG terminalleri ve daha ucuz fiyatlar, LNG ticaretindeki payı artırmaktadır. LNG ticareti, son 10 yılda güçlü bir şekilde büyümeye devam etmektedir. Bu büyümenin büyük çoğunluğu, gelişmekte olan Asya'da sanayileşme devam ederken artan gaz talebinden kaynaklanmaktadır. LNG ithalatı, bu artan gaz kullanımının ana artımlı kaynağı ve 2030'a kadar gelişmekte olan Asya'daki artan gaz tüketiminin %70-75'ini oluşturmaktadır. Hindistan'a, Asya'ya ve Avrupa'ya yapılan güçlü ithalatın devam etmesi beklenmektedir. LNG ihracatındaki büyüme, 2030'a kadar LNG ihracatındaki artışın %40'ından fazlasını oluşturan ABD tarafından yönlendirilmektedir. LNG ihracatındaki büyüme, Orta Doğu, Rusya ve Afrika'dan gelen arzdaki büyük artışlarla da desteklenmektedir. Orta Doğu ve Doğu Afrika'ya kıyasla Asya'daki LNG talebinin geri kalan merkezlerine yüksek nakliye maliyetlerini yansıtmaktadır. Buna karşılık, ABD ve Orta Doğu'dan yapılan LNG ihracatı, büyümeye devam ederek, LNG ihracatının ana küresel merkezleri olma rollerini pekiştirmektedir (BP Energy Outlook, 2022).

Dünya çapında LNG ve LPG ticaretinin önemi artmaktadır. Bunun temel nedeni, enerji üretiminde yaşanan küresel değişimdir. Kyoto Protokolü, küresel ısınmayı en aza indirmek amacıyla kömür ve petrol gibi CO2 yayan fosil yakıtların enerji kaynağı olarak azaltılmasını taahhüt etmiştir. Avrupa Birliği, 2030 yılına kadar karbon emisyonunu azaltmayı hedeflemektedir. Doğal gaz ve petrol gazı çevre dostu enerji kaynakları olarak görülmemektedir. Ancak güneş, rüzgâr, hidroelektrik gibi sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynakları ile uzun süredir kullanılan, kömür veya petrol gibi karbon yayan fosil yakıt kaynakları arasında bir orta yol gereklidir. Bu gazlar fosil yakıtlar arasında yer alır ancak her ikisi de alternatifleri arasında çevreye en az zarar veren gazlardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının LNG ve LPG ticareti üzerinde olumsuz bir etkisi olsa da fosil yakıtların daha yeşil alternatiflerle ikame oranı yeterince hızlı görünmemektedir. Son 30 yılda deniz yoluyla LNG taşımacılığında %553 oranında artış yaşanırken LPG'de ise %232 oranında artış yaşanmıştır. Araştırmalar, yenilenebilir enerji kaynaklarının bir bütün olarak ekonomiye fayda sağlayabileceğini, ancak ilk yatırım için gereken büyük kaynağın hem hükümetleri hem de şirketleri bu kaynakları karşılama konusunda isteksiz hale getirdiğini göstermiştir. Dolayısıyla şimdilik petrol ve kömüre alternatif olarak LNG ve LPG'nin kullanımı daha cazip görünmektedir (Michail ve Melas, 2022).



Şekil 14: 2022 Bölgeler arası LNG ticareti (IGU World LNG Report, 2023)

2025'ten itibaren piyasaların dengesini ve doğal gaz arzına ilişkin endişeleri değiştirecek yeni LNG projelerinde artış beklenmektedir. Son yıllarda gaz piyasalarında, Rusya'nın Avrupa'ya olan kesintisiyle güvenlik ve fiyat artışlarına ilişkin belirsizlikler görülmektedir. Piyasa yakın gelecekte istikrarsız olmaya devam edecek, ancak on yılın ortasından itibaren değişecektir. İnşaatına başlanan veya nihai yatırım kararı alınan projelerin, 2030 yılına kadar yılda 250 milyar metreküp sıvılaştırma kapasitesi artırması planlanmaktadır. Bu değer günümüzün küresel LNG arzının neredeyse yarısına denk gelir. Açıklanan zaman çizelgesi, 2025 ile 2027 arasında özellikle büyük bir artışa işaret eder. Yeni projelerin yarısından fazlası Amerika Birleşik Devletleri ve Katar'da hayata geçirilmektedir (International Energy Agency World Energy Outlook 2023).

3.3. LNG'nin Önemi ve Faydaları

Doğal gaz temiz, ucuz, depolanması ve taşınması kolay, sürdürülebilir ve güvenli olması nedeniyle geleceğin enerjisi olarak kabul edilmektedir. LNG toksik olmayan, kokusuz, renksiz, güvenli, aşındırıcı olmayan ve doğal gazın en temiz halidir. Doğal gazdan daha saf olduğu için daha kalitelidir. LNG'nin en büyük avantajı ulaşım ve güvenlidir. Nakliye için daha güvenli ve ekonomiktir ve depolama kabiliyeti için avantaj sağlar. Okyanus ötesi boru hattı üretimi, teknik sınırlamalar nedeniyle çok pahalı ve genellikle imkânsızdır. Ancak sıvılaştırma işleminden sonra LNG, özel kriyojenik kaplar ile dünya çapında kolaylıkla taşınabilir. LNG tüketiminin uzun yıllar devam etmesi beklenmektedir. Coğrafi engeller nedeniyle doğal gaz boru hattı olmayan ülkeler için LNG ticaretinin artırılması hayati önem taşır. İhracatçı ülkelerin yeni pazarlar geliştirmek için sıvılaştırma terminallerine ve kriyojenik kaplara yatırım yapması gerekir. Öte yandan ithalatçı ülkelerin yeniden gazlaştırma terminallerine ihtiyacı vardır. LNG kaynak çeşitlendirmesi için elzemdir (GIIGNL, 2023).

En temiz yakıttır: LNG, enerji geçişini sağlamada ve kömür veya ağır yakıtlar gibi enerji kaynaklarından daha temiz bir yakıttır. Doğal gaz elektrik üretiminde kullanıldığında kömüre göre %45 ila %55 daha az sera gazı salınımı sağlar. LNG, üretim süreçlerinde temiz bir çözüm sunmaktadır. Taşımacılık sektöründe LNG geleneksel yakıtlarla karşılaştırıldığında emisyon oranı önemli bir azalma göstermiştir.

Yeterli rezerv ve tedarik sağlar: LNG bol, güvenli ve esnek bir enerji kaynağıdır. Yüksek düzeydeki talep doğal gaz kaynaklarıyla kolaylıkla karşılanabilir. Teknoloji ilerledikçe doğal gaz

kaynaklarına ulaşmak da kolaylaşmaktadır. Bugün küresel gaz kaynakları 769 trilyon metreküp olup, mevcut talep seviyeleriyle 219 yıl boyunca küresel gaz talebini karşılamaya yetecektir. Şu an dünyada birçok potansiyel LNG projesi yapılmaktadır. LNG tedarik eden ülke sayısında hızlı bir artış yaşanmakta ve son yirmi yılda neredeyse iki katına çıkmıştır.

Enerjiye kolay erişim sağlar: 2020 yılında LNG, toplam nüfusu 5 milyarın üzerinde olan 43 pazara uygun fiyatlı enerji erişimi sağlamıştır. Sürekli gelişen bir pazarda, müşteri ihtiyaçlarına göre farklı küçük ölçekli çözümler de geliştirilmiştir. Bunlar küçük sıvılaştırma tesisleri, küçük yeniden gazlaştırma tesisleri, yakıt ikmal hizmetleri vb. olarak söylenebilir. Yüzer çözümler genellikle LNG pazarlarına kara tesislerinden daha düşük bir maliyetle hızlı erişim sağlar.

Elektrik üretiminde kömürden gaza geçişi kolaylaştırır: Doğal gaz enerji üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Yaşam döngüsü bazında yapılan çalışmalar, LNG'nin elektrik üretmek için yakıldığında kömürün ürettiği sera gazı emisyonunun yaklaşık yarısı kadar salınım yaptığını ortaya çıkarmıştır. Tipik yeni bir kömür santraliyle karşılaştırıldığında, yeni ve verimli bir doğal gaz enerji santrali %50 ila %60 daha az karbondioksit yayar.

Yenilenebilir kaynakların entegrasyonunu destekler: LNG, aralıklı yenilenebilir elektriğin entegrasyonunu desteklemektedir. LNG ithalatında yüksek paya sahip birçok ülke, yeniden gaz haline getirilmiş LNG'yi güneşin olmadığı veya rüzgârın esmediği zamanlarda gazla çalışan santraller aracılığıyla elektrik üretmek için kullanır. Örneğin, İspanya'da 2019 yılında LNG toplam gaz arzının %57'sini oluşturur. Elektrik üretiminin düşük olduğu durumlarda temiz, esnek ve güvenilir bir alternatif sunarak yenilenebilir enerjiye olanak sağlayan bir rol oynar.

Sanayide temiz büyümeyi sağlar: Ağır sanayi, elektrik açısından en zor sektörler arasında yer alır. Demir, çelik, çimento ve kimyasal üretim süreçlerinde, yüksek sıcaklıklar veya kimyasal reaksiyonlar üretmek için hidrokarbonlara ihtiyaç duyulur ve bu nedenle yüksek kalorifik güce sahip bir yakıtı ihtiyaç vardır. Bu sektörlerde kömür ve petrolün yerini doğal gazın alması, sera gazı emisyonunun azaltılmasına ve hava kalitesinin iyileştirilmesine önemli katkı sağlar.

Enerji arz güvenliğini artırır: LNG, 22 farklı kaynaktan ithal edilebilmekte, bu da onu esnek ve kolay ulaşılabilir bir yakıt haline getirmektedir. LNG ithalat noktalarının eklenmesi, arz güvenliğini ve çeşitliliğini artırır, çok sayıda LNG kaynağına erişim sağlar, bazı durumlarda diğer enerji kaynaklarına olan bağımlılığın azaltılmasına yardımcı olur. Ayrıca, LNG tanklarda

depolanabildiği gibi, yeniden gazlaştırıldıktan sonra yer altı gaz depolarında da depolanarak arz güvenliği sağlayarak yaz-kış mevsim farklılıklarında önemli çözüm sağlar.

Temiz hareketlilik sağlar: LNG taşımacılık sektöründe kullanılır. Özellikle ağır iş karayolu taşımacılığında ve nakliyesinde kullanılır. Hem karayolu hem de deniz taşımacılığında hacim olarak enerji yoğunluğu dizelden %40 daha düşük olan LNG, karayolu ve deniz taşımacılığında uygun, daha düşük karbonlu bir yakıttır. Bir ulaşım yakıtı olarak LNG, çok sayıda çevresel avantaj sunar ve şehirlerde ve limanlarda hava kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olur. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) ve bölgesel hava kalitesi kontrolleri tarafından belirlenen sıkı çevresel kurallara ve düzenlemelere uygundur.

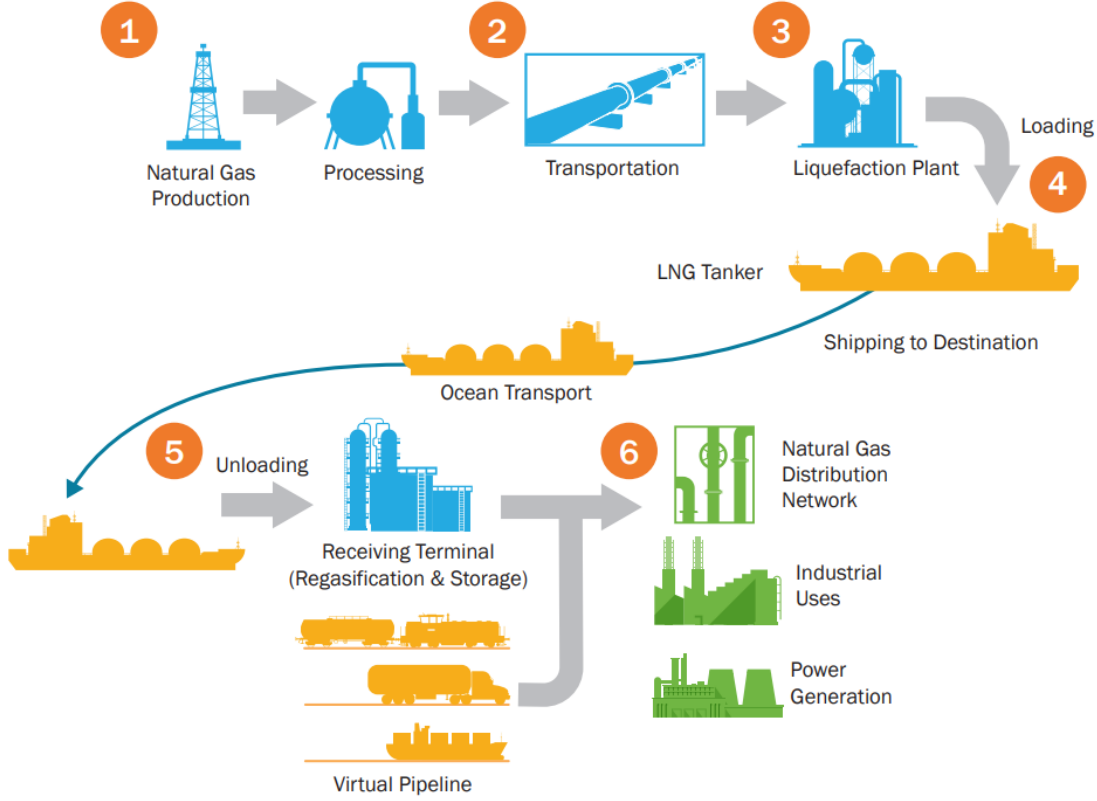
LNG hava kalitesini artırır: LNG sadece sera gazı emisyonlarını değil aynı zamanda SO_x, NO_x ve partikül maddeler gibi hava kirleticilerini de azaltır. Şehirlerin hızlı büyümesi, özellikle elektrik santrallerinin şehir merkezlerine yakın olması durumunda, elektrik üretiminden kaynaklanan hava kirliliğinin çevre ve sağlık üzerindeki etkilerine dikkat çekmektedir. Örneğin Kuzey Doğu Çin'de kömür kazanlarının doğal gaz kazanlarıyla değiştirilmesine yönelik bir politika sonrası, Pekin bölgesindeki son 5 yılda hava kirliliği hacminin %80 oranında azalmasına olanak sağlamıştır (GIIGNL Website, 2023).

3.4. LNG Tedarik Zinciri

Geleneksel olarak LNG, sıvılaştırma tesislerinde doğal gazdan üretilmekte, ithalat terminallerine taşınmakta ve yeniden gazlaştırma işleminden sonra son kullanıcılara ulaştırılmaktadır. Bununla birlikte, LNG'ye son ürün olarak da talep artmaktadır. Bu, LNG'nin yeniden gazlaştırma işlemi olmaksızın kriyojenik tanklarda depolandığı ve deniz yakıtı veya ağır hizmet kamyonları veya otobüsleri olarak son kullanıcılara teslim edildiği anlamına gelmektedir. LNG tedarik zincirinin kuyudan son kullanıcıya kadar temel olarak dört bileşeni vardır: 1-Arama ve Üretim, 2-Sıvılaştırma, 3-Sevkiyat ve 4-Depolama ve Yeniden Gazlaştırma (Doymuş, 2021).

Doğal gaz kaynakları uzak bölgelerde bulunabilir ve bu kaynaklar hem karada hem denizde yer altı rezervuarlarından üretilir. Aşağıdaki şekilde LNG Değer Zinciri, doğal gazın üretimini, işlenmesini ve LNG'ye dönüştürülmesini, uzun mesafeli nakliyesini ve kuyudan son kullanıcılara

ulaştırılmasında yeniden gaz haline getirilmesini şema olarak gösterir. Karmaşık bir değer zinciri olan doğal gazı dünyanın her yerindeki tüketicilere ulaştırır (DNG Energy, 2023).



Şekil 15: LNG Tedarik Zinciri

Birinci aşamada doğal gaz, yer altı rezervuarlarından çıkarılır ve genellikle bir toplama sistemi olarak adlandırılan küçük boru hatlarıyla doğal gaz sıvılarının gönderilmesi için işleme tesislerine taşınır. Çıkarılan doğal gaz, hidrojen sülfür, nitrojen, karbon dioksit ve su dâhil olmak üzere hidrokarbon olmayan maddeler içerebilir. Arıtma işlemleri bu bileşenleri doğal gazdan ayırır. Karbondioksit, hidrojen sülfür ve suyu emmek için bir çözücü kullanılır. Daha ağır sıvılar, işlemek için daha hafif gazdan ayrılır. Su ayrıştırılır ve kalan doğal gaz sıvı halde soğutulmaya hazır hale getirilir. Propan veya bütan gibi doğal gaz sıvıları da ayrıştırılır ve ayrı olarak satılır.

İkinci aşamada işlenmiş doğal gaz boru hatları ile sıvılaştırma tesisine taşınır. Sıvılaştırma tesislerine giren besleme gazı, sıvılaştırma gerçekleşmeden önce temiz, kuru ve kirlerden arındırılmış olmalıdır.

Üçüncü aşamada sıvılaştırma tesisinde arıtılan doğal gaz yaklaşık -260 Fahrenheit dereceye (-162 Santigrat derece) soğutularak sıvı hale dönüştürülür ve hacmi 600 kat azaltılır. LNG, bir tankere yüklenene kadar büyük kriyojenik tanklarda depolanan berrak, renksiz ve toksik olmayan bir sıvıdır.

Dördüncü aşamada LNG, dünya çapında sevkiyat için depolama tanklarından özel olarak tasarlanmış çift cidarlı tankerlere pompalanır. ABD ihracatı için kullanılan gemiler tipik olarak yaklaşık 3.0 ila 3.7 milyar fit küp (Bcf) arasında doğal gaz (veya yaklaşık 62.000 ila 77.000 metrik ton LNG) taşıma kapasitesine sahiptir. Bağlam açısından, 3,5 Bcf doğal gaz eşdeğeri taşıyan tipik bir ABD tankeri, İspanya'nın günlük doğal gaz ihtiyacını karşılayabilir.

Beşinci aşamada tanker varış noktasına vardığında LNG terminalinde boşaltılır ve kriyojenik tanklarda depolanır. LNG daha sonra yeniden gazlaştırma tesisine aktarılır, burada ısıtılır ve doğal gaz boru hattı sistemine verilmek üzere gaz haline dönüştürülür. Güvenlik için gaza belirgin bir koku eklenebilir, böylece insanlar gazın teslimatı ve kullanımı sırasında sızıntıları tespit edebilir. Alternatif olarak, teslim edilen LNG'nin bir kısmı daha küçük konteynerlere konulabilir ve LNG'yi yer altı boru hatları tarafından hizmet verilmeyen daha uzak bölgelere ulaştırmak için boru hattı görevi gören kamyonlara veya vagonlara yüklenebilir.

Altıncı aşamada doğal gaz, konut tüketicilerine, işletmelere, endüstriyel tesislere ve elektrik üretim tesislerine teslim edilmek üzere büyük çaplı iletim boru hatları yoluyla iç dağıtım ağlarına taşınır (U.S. Department of Energy, 2023).

3.5. LNG Ana Satış ve Satın Alma Sözleşmesi (MSPA)

3.5.1. LNG Ticaret Sözleşmelerinin Evrimi

LNG ticaret piyasası diğer emtialara göre göreceli olarak yenidir ve hızla gelişmektedir. Avrupa ve Asya'da LNG'ye olan talebin artması ve Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmesiyle birlikte son yıllarda en hızlı büyüyen emtia piyasalarından biri LNG olmuştur. Ticaret şirketleri ve diğer aracılar, üreticiler ile son kullanıcılar arasındaki boşluğu son yirmi yılda doldurmaya başlamıştır. Daha önceleri, LNG üretiminin çoğunluğu, genellikle 20-25 yıl veya daha fazla süreyi kapsayan uzun vadeli tedarik anlaşmalarına bağlıydı. LNG ticaretinin hızlı büyümesi, LNG'nin alınıp satılma biçiminde bazı değişiklikler meydana getirmiştir. Artık spot satışlar veya kısa vadeli sözleşmeler yoluyla her zamankinden daha fazla hacimde ticaret yapılmaktadır. Son veriler, son iki yılda LNG kargolarının yaklaşık yüzde 30'unun spot olarak alınıp satıldığını göstermektedir. Bir dizi uzun vadeli sözleşmenin yakın vadede sona ermesiyle birlikte, spot veya kısa vadeli anlaşmalarda daha fazla büyüme fırsatını ortaya çıkarmaktadır (GIIGNL Annual Report, 2023).

LNG sözleşme türleri spot sözleşmeler ve uzun vadeli sözleşmeler olarak yapılabilir. Spot sözleşmeler, anlık piyasa koşullarına göre yapılan sözleşmelerdir. Spot sözleşmeler, genellikle kısa vadeli (bir haftadan birkaç aya kadar) olarak yapılır. Uzun vadeli sözleşmeler, genellikle birkaç yıl veya daha uzun bir süre için yapılan sözleşmelerdir. Uzun vadeli sözleşmeler, genellikle daha düşük fiyatlarla LNG tedarik etmeyi sağlar. Türkiye'de kullanılan LNG sözleşmeleri, genellikle uzun vadeli sözleşmelerdir. Bu sözleşmeler, genellikle spot piyasa fiyatlarına göre daha düşük fiyatlarla LNG tedarik etmeyi sağlar. Ancak son yıllarda spot olarak yapılan alım da artmıştır (EPDK 2022 Yılı Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu).

LNG sözleşme belgeleri, LNG üreticileri tarafından uygulanan uzun vadeli sözleşmelerin özelliklerinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Kısa vadeli veya spot ticaret için LNG ticaretine yönelik endüstri çapında standart bir belge bulunmamaktadır. Dünyanın en büyük piyasa şirketlerinden bazıları, petrol ve ürün ticareti gibi diğer emtia piyasalarına benzeyen bir ticaret modeline geçişi teşvik etmek amacıyla, LNG ticaret belgelerinin standartlaştırılması yönünde adımlar atmıştır. Amaç, daha fazla piyasa likiditesini yansıtacak ve teşvik edecek şekilde işlemleri standartlaştırmak ve kolaylaştırmaktır. Karşı taraf üzerinde önemli bir müzakere gücüne sahip olmak isteyen veya kendi tercih ettikleri ticaret koşullarından uzaklaşmak istemeyen üreticilerin

ve kısmen alıcıların etkisiyle standardizasyon yavaş olmuştur. LNG ticareti için kullanılan sözleşmeye dayalı belgeler diğer emtialar için istenenden farklı, kendine özgüdür. LNG sektörü diğer sektörlerde bulunmayan karmaşıklıklara sahiptir. LNG, standardizasyon açısından petrol, rafine ürünler, kömür, metaller veya tahıllar gibi küresel olarak ticareti yapılan diğer ürünlerle henüz uyumlu hale gelmemiştir. Bunun, üretim süreçlerinin karmaşık olması ya da LNG'nin üreticilerden temin edilmesinin kaçınılmaz bir sonucu olduğu söylenebilir. Ancak LNG ticaret anlaşmalarının benzersiz özelliklerinin, özellikle pazara yeni girenler için LNG ticaret pazarının genişlemesine engel teşkil ettiği gerçeği ortadadır. Birçok tüccar, mevcut sözleşme düzenlemelerinin esneklikten yoksun olduğuna inanmaktadır (Evagora ve diğerleri, ReedSmith Website).

Ana Satış ve Satın Alma Sözleşmesi (MSPA), LNG ticareti için kullanılan bir sözleşme türüdür. MSPA, LNG tedarik sözleşmesinin şartları ve koşullarını belirler. MSPA'lar, genellikle uzun vadeli sözleşmelerdir ve LNG'nin teslimatı, fiyatı, ödeme şekli ve uyuşmazlıkların çözümü gibi konuları kapsar. LNG ticaret anlaşmaları, diğer ürünlerin ticaretinin temelini oluşturan standart anlaşmalardan farklıdır. Çoğu LNG ticareti şu anda MSPA kullanmaktadır. Bunlar, LNG kargolarının satışı veya satın alınması için birbirleriyle ileriye dönük olarak ilişki kurmak isteyen taraflar arasında ikili olarak müzakere edilen uzun ve karmaşık anlaşmalardır. İki taraf arasındaki ticari ilişkilerin başlangıç noktasını oluştururlar ancak temel MSPA'nın şartlarını benimseyen ve uygulanmasını sağlayan ek, müzakere edilmiş ve imzalı onayların kullanımına tabidirler. Piyasaya yeni girenler, kendileriyle ticaret yapacak taraflarla pazarlık yapmadan ve MSPA'ları sonuçlandırmadan alım veya satım yapamazlar. LNG pazarına daha fazla oyuncu girdikçe, LNG MSPA kullanımı ortaya çıkmıştır. MSPA, iki taraf arasında kabul edilen uzun ve karmaşık bir çerçeve anlaşmasıdır. LNG satışları ve aralarındaki alımlar için geçerli olan tüm şartları belirler. Taraflar tek başına MSPA imzalamak suretiyle herhangi bir işlem yapmak zorunda değildir. MSPA'yı önceden kabul etmenin faydası, tarafların bir ticaret üzerinde anlaşmaya varmak istediklerinde işin büyük kısmının yasal açıdan zaten yapılmış olması ve tarafların ticari şartlara odaklanabilmesidir.

3.5.2. LNG MSPA Yapısı

Her ne kadar çeşitli ticari kuruluşlar pazarda kullanılması için standartlaştırılmış MSPA sağlamaya çalışsa da şirketler kendi tercih ettikleri MSPA formunu hazırlar ve ardından karşı tarafla şartlar üzerinde anlaşmaya varırlar. Alıcı ve satıcı arasında farklı senaryoları içeren farklı MSPA çeşitleri vardır. Alım ve satım şekline, yasal kriterlere, kargo gemilerinin özelliklerine, uzun vadeli veya spot olmasına göre sözleşmeler farklılık gösterir. Bazı sözleşmeler koşulların kabulü veya reddi ile yapılırken bazılarında sözleşme üzerinde taraflar müzakere eder. Bir MSPA genellikle anahtar hükümleri içeren ana gövde ve standart metin, teslimat programları (DES/DAP ve FOB), ölçüm ve test programı, ekler, onay bildirim formatı ve kredi destek şablonları olmak üzere farklı bölümlere ayrılır (Horsfield, 2019). Genel olarak MSPA'larda ortak olan temel maddeler aşağıda ele alınmıştır. Ayrıca BP 2019 MSPA bunlara ilişkin detaylara sahiptir.

Onay Bildirimi (Confirmation Notice)

Taraflar bir işlem üzerinde anlaştıklarında, her ikisi de anlaşmanın ticari koşullarını belirleyen ve bazen ek yasal hükümler içeren bir Onay Bildirimi imzalarlar. Onay Bildirimi ile MSPA şartları arasında bir tutarsızlık olması durumunda Onay Bildirimi'nin şartları geçerli olacaktır. Bu nedenle, Onay Bildirimini kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmesi her zaman önemlidir. Taraflar, MSPA şartlarını değiştirmek için sıklıkla Onay Bildirimi kullanacaklardır (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).

Teslim Etme/Kabul Etmeme (Failure to Deliver/Accept)

Sözleşme hükümlerinin teslim edilememe/kabul edilememesi her zaman müzakere edilir ve sözleşmeler arasında büyük farklılıklar olabilir. Teslimat, işlem yaparken arka arkaya risk bağlamında dikkat edilmesi gereken bir alandır. Teslim etme/kabul etmedeki başarısızlığın operasyonel kısıtlamalardan kaynaklanabileceğini kabul eden sözleşmeler, bu tür bir durumu bir temerrüt olayı olarak değerlendirmez. Bunun yerine sözleşmeler her zaman, durumu düzeltmek için atılması gereken pratik adımları ve maliyetlerin nasıl tahsis edilmesi gerektiğini belirleyen detaylar içerir. Tipik olarak hükümler, ilgili tarafın piyasada üçüncü bir taraftan LNG kargosunu satmasına (alıcı kabul etmemişse) veya (satıcı teslim etmemişse) LNG kargosu satın almasına izin verir. Bu işlemle ilgili tüm masraflar/kayıplar daha sonra işlemi gerçekleştiremeyen tarafa aktarılır. Taraflar, hangi kayıpların geri kazanılabileceğini, ikame bir satış/satın alma yapılamazsa veya bir

ikame yapılırsa ve bu ticari gelirin ne olması gerektiği konusunda yani elde edilen kazançların devredilmesi veya paylaşılmasına yönelik müzakere etme eğilimindedir (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).

Kalite (Quality)

LNG'nin Onay Bildiriminde belirtilen kalite şartlarını karşılaması hayati önem taşımaktadır. Bir LNG tesisine veya LNG gemisine standart dışı LNG sevk edilirse, bunun ciddi sonuçları olabilir ve işlem maliyetleri yüksek olabilir. Kalite sorunlarına yönelik mekanik durumlar genellikle iki senaryoya ayrılır:

Teslimattan Önce Spesifikasyon Dışı: Satıcı, teslimattan önce LNG'nin spesifikasyon dışı olduğunun farkına varırsa, alıcıyı en kısa sürede bilgilendirmesi gerekir. Alıcı da, spesifikasyon dışı LNG'yi kabul etmeye çalışmak için LNG tesisinde çaba göstermelidir. Alıcı, LNG'yi kabul etmek için makul çabayı gösterdiği halde LNG'yi alamıyorsa LNG'yi reddedebilir ve bu durumda teslim etmeme hükümleri geçerli olacaktır.

Standart Dışı LNG Teslim Edilmesi: LNG tesisinde veya LNG gemisinde ciddi hasar meydana gelebileceğinden, Alıcıya standart dışı LNG teslim edilmesi durumunda durum daha da sorunlu hale gelecektir. Alıcı, LNG'yi sözleşme şartlarını karşılayacak veya pazarlanabilir hale getirecek şekilde işleyebilirse, Satıcının genellikle işletme masraflarını ve her türlü diğer kayıp veya masrafı geri ödemesi gerekir. Alıcının LNG'yi işleyememesi durumunda, satıcının genellikle kargoyu teslim edemediği kabul edilir ve satıcının LNG'nin kullanılması da dâhil olmak üzere her türlü masrafı karşılaması gerekir (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).

Denetim Hakları (Audit Rights)

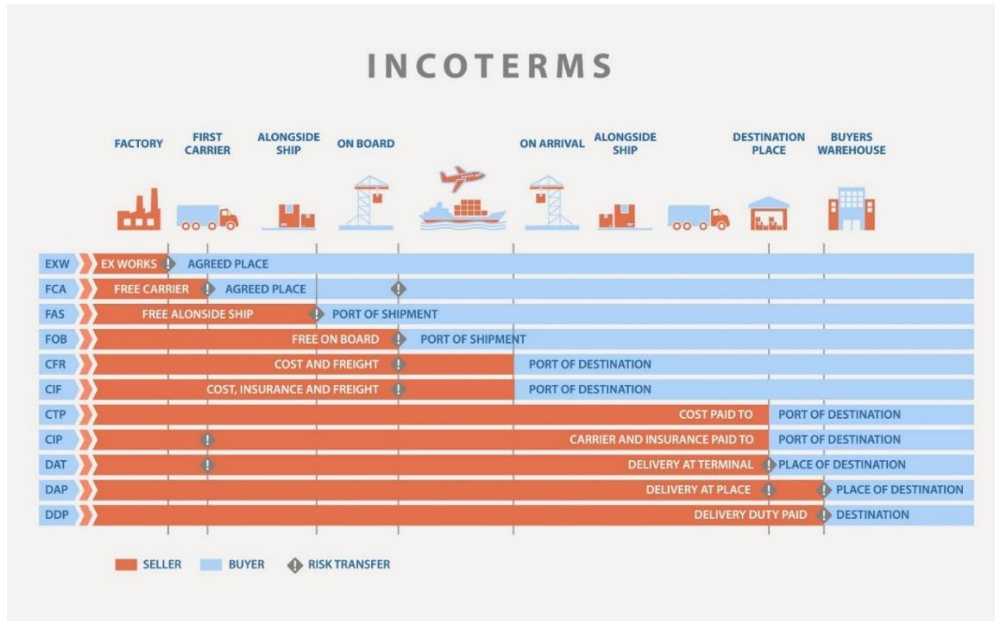
Denetim hakları genellikle MSPA'nın yapısıyla ilgilidir. Özellikle de kalite ve teslim/kabul etmeme hükümleriyle ilgilidir. Denetleyen taraf bağımsız bir üçüncü taraf olduğu sürece denetim haklarını dâhil etmek genellikle kabul edilebilir (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).

Riskin Transferi (Transfer of Title & Risk)

INCOTERMS, ICC tarafından yayınlanan hem uluslararası hem de iç ticaret sözleşmelerinde genişçe kullanılan ticaret terimleridir. "*International Commercial Terms*" in kısaltması olan

INCOTERMS, farklı ülkelerdeki tüccarların anlaşmalarına yardımcı olarak uluslararası ticareti kolaylaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. INCOTERMS satıcı ve alıcıya uluslararası taşıma sırasında meydana gelen masraflar, riskler ve sigorta sorumluluklarının yanı sıra gümrük vergileri ve diğer ek yükümlülükleri getiren uluslararası standart ticari terimlerdir.

Mallar ulusal sınırlardan çıktığında bir diğer ifadeyle uluslararası satış sözleşmeleri söz konusu olduğunda genellikle karşımıza INCOTERMS terimleri çıkmaktadır. Herhangi bir INCOTERMS teriminin özü, satıcının teslim yükümlülüğüne odaklanmaktadır. Tüm INCOTERMS terimleri kapsamında, mallara ilişkin kayıp veya hasar riski, satıcı tarafından teslim yükümlülüğü yerine getirildiğinde genellikle satıcıdan alıcıya geçmektedir. Bu nedenle, her INCOTERMS terimi malların tesliminin ne zaman ve nasıl gerçekleştirileceğini açıkça öngörmektedir. Bununla birlikte, belirli durumlarda, esas olarak alıcının malları teslim almayarak riskin geçmesini geciktirmeye çalıştığı durumların önüne geçebilmek için, riskin teslim edilmeden önce satıcıdan alıcıya geçebilmesi olasılığı da söz konusu olabilmektedir (Sırabidze, 2021). Risk transferi hükümleri tüm MSPA'larda bulunur. Genellikle geçerli INCOTERMS hükümlerini içerir. Yükleme (FOB) veya boşaltma limanındaki (DES/DAP) flanş yerine uluslararası sularda tapu devrine izin veren hükümler giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bunun nedeni vergilendirme sorunları veya bazen düzenleyici sorunlar olabilir. Hükümler tüm MSPA'larda büyük ölçüde benzerdir (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).



Şekil 16: Maliyetlere ve riske ilişkin sorumlulukları içeren INCOTERMS şeması (ICC INCOTERMS)

Mücbir Sebep (Force Majeure)

Tipik LNG MSPA'ları, diğer mallara ilişkin standart ticaret anlaşmalarında bulunanlardan genellikle daha karmaşık olan mücbir sebeplerle ilgili terimler içerir. Mücbir sebep olayları, yalnızca bir tarafın kontrolü dışındaki olağandışı olaylar olarak değil, aynı zamanda makul olarak hareket etmiş olsaydı, çoğunlukla kontrolü dışında olabilecek olaylar olarak da tanımlanmaktadır. Mücbir sebeplere dayanılmasına yönelik zorluklar, LNG anlaşmaları bağlamında daha olasıdır ve anlaşmazlık potansiyeli yüksektir. Her MSPA, belirli durumların kapsamlı olmayan bir listesini de içeren fiziksel mücbir sebep hükümleri içerir. Japonya'daki Fukuşima felaketinden sonra, bu listeye radyoaktif kirlenmenin dâhil edilmesi yaygın bir uygulamadır. Bu hükümler piyasada standarttır, ancak yine de belirli limanlara veya projelere bağlı bazı MSPA'lar, belirli konulara yönelik ek hükümler içerebilir. Uzun ve karmaşık arka arkaya anlaşma yapan taraflar, diğer teslimatlarda meydana gelen olaylara referans verebilir. Mücbir sebep bağlamında tipik bir müzakere alanı, mücbir sebebin uzun vadeli mücbir sebep olarak değerlendirilmesi için kaç gün geçmesi gerektiğidir. Uzun vadeli mücbir sebepler için genellikle 10-21 günlük bir karar alınır ve bunun sonucunda her iki taraf da bu ticaretten çekilme hakkına sahip olur (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).

Temerrüt (Events of Default)

Temerrüt durumları sözleşmeye dâhil edilir ve genellikle (1) ödeme yapılmamasını; (2) ifa edilmemesini; (3) iflası ve (4) yanlış beyan maddelerini kapsar. Müzakereler sırasında tartışma noktaları genellikle ek sürelerdir. Genel olarak, bir temerrüt durumunda, temerrüde düşmeyen taraf sözleşmeyi ve ödenmemiş tüm onay bildirimlerini feshedebilir ve ardından zararlar karşılanır. Doğal gaz dünyası ile uyum sağlamak ve tüm açık onay bildirimlerinde kazanç, kayıp ve maliyet hesaplaması sağlamak için geleneksel olarak finansal kurumlar tercih edilmektedir (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).

Uyumluluk, Yaptırımlar ve Dokunulmazlık (Compliance, Sanctions & Immunity)

Çoğu MSPA, yolsuzlukla mücadele ve yaptırımlarla ilgili uyumluluk hükümleri içerir. Birden fazla sayfada yayınlanan kapsamlı uyumluluk hükümleri içeren bazı MSPA'lar vardır. Genel olarak, bu hükümlerin özü iyi düşünülmüştür ancak taraflar, piyasa uygulamalarının ötesinde olan müdahaleci denetim hükümlerine dikkat etmelidir. LNG piyasasındaki tarafların sayısı göz önüne

alındığında, MSPA'ların çoğu dokunulmazlıktan feragat hükümleri içermektedir. Ancak tarafların bu tür bir hükmün egemen varlığın yerel hukuku kapsamında geçerli olup olmadığını her zaman kontrol etmesi gerekir. Örneğin Körfez gibi belirli yargı bölgelerinde böyle bir feragatnamenin kabul edilmesi mümkün değildir (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).

Geçerli Hukuk ve Uyuşmazlık Çözümü (Governing Law and Dispute Resolution)

MSPA'ların çoğunluğu, hukuki sorunlara ilişkin yasal temyiz haklarını hariç tutan tahkim anlaşmalarını içerir. Bu yaklaşımın lehinde ve aleyhinde burada ayrıntılı olarak ele alınmayan güçlü argümanlar vardır. Ancak bu yaklaşımın en önemli sonuçlarından ve dezavantajlarından biri, LNG işlemlerinden kaynaklanan mükerrer hukuki sorunlara ilişkin yargı kararlarının eksikliğine yol açmasıdır. Bu tür kararlar, sözleşmelerin yorumlanması konusunda otorite ve emsal teşkil edecektir. Küresel olarak ticareti yapılan LNG, yapılan diğer ürünlerle karşılaştırıldığında, şartların yorumlanmasına ilişkin hukuki rehberlik veya bağlayıcı emsal karar sunan çok az yasal otorite bulunmaktadır. Ortak şartların farklı tahkim mahkemeleri tarafından farklı şekilde yorumlanıp uygulanabilmesi nedeniyle sektör belirsizlik ve riskle karşı karşıyadır. Kısacası, LNG ticaret sözleşmesi koşullarının yorumlanması konusunda pek netlik yoktur ve bu da bu tür sözleşmelerin nasıl yerine getirilmesi gerektiği konusunda belirsizlik oluşturmaktadır. Bu belirsizlik, sözleşmenin uygulanmasını zorlaştırabilir. Standart iki taraflı MSPA'lar için genellikle İngiltere ve Galler yasaları geçerlidir. Uyuşmazlık çözümü için tahkime gidilir. Davalar çoğunlukla Londra Uluslararası Tahkim Mahkemesi (LCIA) ve Singapur Uluslararası Tahkim Merkezi (SIAC)'nde görülür (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).

Operasyonel Programlar (Operational Schedules)

LNG ticareti genellikle FOB veya DES/DAP esasına göre yapılmaktadır. Her iki INCOTERMS setindeki işlemleri içeren sözleşmeler için, spesifik operasyonel hükümlerin ana hatlarını çizmek amacıyla ayrı programlar yapılır. Bu programlar her zaman operasyonel nakliye ekipleri tarafından gözden geçirilmelidir. Sözleşmenin yalnızca bir INCOTERM'e ilişkin işlemleri kapsadığı durumlarda teslimat ayrıntıları muhtemelen bir program yerine sözleşmenin ana metnine dâhil edilir. Bazı taraflar kesinlikten yanayken, diğerleri hataya dayalı olmayan bir anlaşma ister. Görüş farklılıkları nedeniyle bu madde risklerin ortaya çıkabileceği potansiyel bir alandır. Terminal kurallarına ilişkin sözleşmede ölçüm, numune alma ve test programı hükmü genellikle bulunur. Bu

nedenle operasyonel ekiplerin herhangi bir işlem öncesinde terminal kurallarını incelemesi önemlidir (BP Master Ex-Ship LNG Sale And Purchase Agreement).

Özetlemek gerekirse LNG MSPA incelemeleri zor ve zaman alıcı bir süreçtir. Piyasa olgunlaştıkça, temel terimlerin daha da yaygınlaşması muhtemeldir.

3.6. LNG MSPA Çeşitleri

Büyük ticaret şirketleri tarafından kullanılan farklı LNG Ana Satış ve Satın Alma Anlaşmaları (MSPA) vardır. Şirketler sözleşmenin tüm maddelerine ve ayrıntılara hâkim olmak, dava durumunda güçlü bir avantaj elde etmek ve referans sözleşme olması için kendi MSPA'larını piyasaya sürmüş ve çevrimiçi olarak herkesin erişimine internet üzerinden açmıştır. Her şirket kendi sözleşmesinin standart bir sözleşme olarak kabul edilmesini istemektedir. Ayrıca Uluslararası LNG İhracat Grubu (GIIGNL) tarafından da MSPA çıkarılmıştır. Küçük/orta ölçekli Fransız hukuk şirketi olan De Gaulle Fleurance & Associates hukuk firmasının petrol ve gaz başkanı Ruchdi Maalouf tarafından LNG sözleşme şablonu olarak “*LNG Genel Hüküm ve Koşullar (LNG GTC) 2018*” ortaya çıkarılmıştır. Kısa vadeli LNG ticaret sektörünün büyümesine daha fazla ivme kazandıracak olan LNG kargolarının ticaretinde LNG MSPA kullanımına bir alternatif olmayı amaçlamıştır. Mevcut sözleşmelerin zor, verimsiz ve ticarete engel teşkil etmesi ve kısa vadeli LNG ticaretinin büyümesini teşvik etmesi için bu şablon hazırlanmış ve kamuoya açık hale getirilmiştir (Maalouf 2018).

AIPN MSPA

AIPN, uluslararası enerji müzakerecilerini destekleyen, kâr amacı gütmeyen bir dernektir. İlk MSPA, 2009 yılında Uluslararası Petrol Müzakerecileri Birliği (AIPN) tarafından çıkarılmıştır. Daha sonra 2012 yılında revize edilerek dünya çapında enerji işlemlerinin müzakere işlemlerini kolaylaştırmak amacıyla yayımlanmıştır. AIPN öncesi, LNG pazarında herhangi bir endüstri standardı mevcut değildi ve LNG alıcıları ve satıcıları tarafından birçok farklı form kullanılıyordu. Amaç, sektörün tek tip kısa vadeli ve spot satış anlaşması oluşturmasına yardımcı olmak, böylece işlem süresini, maliyeti ve belirsizliği azaltmaktır. Bu MSPA, erişim için ücret gerektiren ve en eski olan MSPA'dır (The Association of International Energy Negotiators, 2012).

GIIGNL MSPA

Uluslararası Sıvılaştırılmış Doğal Gaz İthalatçıları Grubu olan GIIGNL, 2011 yılında ikinci MSPA'yı yayımladı. GIIGNL 94 LNG üyesi arasında deneyim ve bilgi alışverişi paylaşan ve LNG ile ilgili faaliyetlerin gelişimini teşvik etmek amacıyla kâr amacı gütmeyen bir kuruluştur (International Group of Liquefied Natural Gas Importer Website, 2011).

Trafigura MSPA

Trafigura Singapur merkezli çok uluslu dünyadaki en büyük bağımsız emtia ticaret gruplarından biri olan ve ana metaller ve enerji konusunda uzmanlaşmış bir şirkettir. 2017 yılında Trafigura tarafından LNG standardı olmayı amaçlayan bir MSPA yayımlandı. Trafigura LNG Başkanı Hadi Hallouche, LNG'nin şu anda standart şart ve koşullardan yoksun olduğunu, bunun da verimsizlik, şeffaflık eksikliği ve sektörel likiditenin artmasının önünde engellere neden olduğunu ileri sürerek zamanla endüstri standardına dönüşeceğini düşündüğü MSPA'yı kamuoyu ile paylaştı. İlk kez bir ticaret şirketi standart bir MSPA'yı kamuoyuna açık olarak paylaşmış oldu (Trafigura Website 2017).

BP MSPA

Son olarak Mart 2019 sonunda BP tarafından geliştirilen LNG MSPA yayımlanmıştır. Enerji alanında uzmanlaşan dünyanın önde gelen LNG üreticisi ve tüccarlarından biri olan BP, DES and FOB LNG MSA işlemleri için LNG ana satış ve satın alma sözleşmesi şablonunu yayınlayan ilk büyük petrol ve gaz şirkettir.

BP DES ve FOB, taraflardan herhangi birinin fiziksel LNG kargolarını sırasıyla EX-SHIP ve Free on Board olarak satın almasına veya satmasına izin verir. BP, LNG alıp satarak bir LNG portföyü işlettiğinden, DES ve FOB alıcılar ve satıcılar arasında uzun yıllar boyunca geliştirilmiştir. BP, böylece LNG işlemlerinin standardizasyonu ve likiditesine ilişkin katkıda bulunmayı arzu etmiştir. BP DES ve FOB da zaman içinde mevcut endüstri standartlarını yansıtacak şekilde iyileştirilmiştir. BP'nin ham petrol ve petrol ürünleri satış ve satın almalarına ilişkin genel şart ve koşullarında olduğu gibi, DES ve FOB, LNG endüstrisindeki gelişmelerle birlikte gelişmeye devam etmektedir. Yakın zamanda DES Sözleşme şablonunun 3. baskısı güncel olarak paylaşılmıştır (BP Website 2023).

LNG ticareti çoğunlukla uzun vadeli olarak yapılırsa da, standart versiyon daha çok spot veya kısa vadeli ticarete odaklanır ancak orta vadede de geçerli olabilir. Standartlaştırılmış versiyonlar yalnızca LNG ticaretine odaklanırken, uzun vadeli MSPA, finansman anlaşmaları, tarafların düzenli olarak satın alma ve satma yükümlülükleri ve üretim ve sıvılaştırma sürecinin bir kısmına ilişkin paylaşılan yükümlülükler gibi diğer hususları içerir. Üretimi ve satışları güvence altına almak için yapılan bu anlaşmalar milyarlarca doları bulur ve bu da sözleşmeyi daha özel ve karmaşık hale getirmektedir. (Horsfield, 2019). Sananes tarafından son üç MSPA olan GIIGNL, Trafigura ve BP'nin standart versiyonları incelenmiştir. LNG ticareti için hangisinin en iyi ve akıllı sözleşmeye en uygun olduğunu analiz etmek için temel maddelere bakılmış ve karşılaştırılmıştır. Sözleşmeleri tamlik, açıklık ve uygunluk gibi birçok özellik açısından karşılaştıran bir tablo oluşturmuştur. Maddeler incelenerek sözleşmelere puanlar atfedilmiştir. İçeriğin eksiksizliği, öngörülemeyen durumların önüne geçilmesi, belirsizliğin önlenmesi ve sözleşmenin kendi kendine yürütülebilmesine olanak sağlayacak şekilde açık olması, uygunluk ve geçerlilik hususlarına dikkat edilmiştir. Sonuç olarak LNG sözleşmeleri incelendiğinde hangi MSPA'nın akıllı kontratlar için en uygun olduğunu söylemek zordur. Çünkü herbirinin kendisine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Ancak tez kapsamında akıllı sözleşmelerde uygulanması için kullanılacak en uygun sözleşmenin “BP 2019 MASTER EX-SHIP LNG SALE AND PURCHASE AGREEMENT” olmasına karar verilmiştir.

BÖLÜM 4: LNG TİCARETİNDE BLOK ZİNCİRİ TABANLI AKILLI SÖZLEŞME MODELİ

4.1. Modelin İhtiyaç Analizi

Akreditif, uluslararası ticarete güvenli bir ödeme yöntemi olarak kabul edilmiş olmasına rağmen, zaman içinde çeşitli nedenlerle kullanımı azalmıştır. Bu azalmadaki ana nedenlerden biri, akreditif sürecinde taraflar arasındaki bilgi paylaşımı, varlık transferi ve mal devirlerinin büyük ölçüde kâğıt tabanlı olarak yürütülmesidir. Bu tür işlemlerin bürokratik yapısı, akreditifin popülerliğini azaltmıştır. Çünkü akreditif ilişkilerinde taraflar arasındaki bilgi ve belge paylaşımı ile koordinasyon oldukça önemlidir. Güvenli iletişim için genellikle üçüncü tarafların hizmetlerine başvurulur, ancak bu da ek maliyetlere yol açar. Ayrıca, akreditif belge karşılığı yapılan bir ödeme yöntemidir, bu da bankaların belge incelemesini titizlikle yapmasını gerektirir. Bu durum, fiziki belgelere dayalı sürecin uzun zaman almasına ve yüksek maliyetlere yol açmasına sebep olur. Örneğin, komşu ülkeler arasında yapılan bir satış sözleşmesinde, mal ithalatçıya teslim edilmiş olmasına rağmen ödeme henüz tamamlanmamış olabilir çünkü belge inceleme süreci devam etmektedir. Bankalar, ödeme yapabilmek için doğru belgelerin ibraz edilmesini bekler. Eğer ibraz edilen belgeler akreditif şartlarına uygun değilse, bankanın ödeme yapma yükümlülüğü olmaz. Ayrıca, ibraz edilen belgelerin akreditif metninde aranan şartları taşımadığı durumda, bankaların rezerv uygulama ihtimali de vardır.

Blok zinciri teknolojisinin, akreditif süreçlerinde yaşanan problemleri aşabilmek için kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, blok zinciri modeli, akreditif sürecini dijitalleştirmeyi, akıllı sözleşmelerle otomatikleştirmeyi, süreci şeffaf hale getirmeyi, akreditif taraflarının süreci izlemesini sağlamayı, bilgi transferini kolaylaştırmayı ve taraflar arası koordinasyonu sağlamayı vaat etmektedir. Blok zinciri teknolojisinin temel avantajları, dağıtık yapısıyla güvenli işlemlere imkân tanınması ve akıllı sözleşmelerle otomatik icra imkânı sunmasıdır. Bu modelin belge inceleme süreçlerinde kullanılmasıyla, akreditif dolandırıcılığı gibi sorunların da azaltılabileceği düşünülmektedir. Akreditif dolandırıcılığı, sahte belgelerin kullanımı ve

özellikle konşimento sahtecilik vakalarıyla sıkça karşılaşılan bir durumdur. Bu nedenle, blok zinciri teknolojisi kullanılarak sahteciliğin önlenmesine ek olarak, nesnelerin interneti gibi diğer teknolojilerin de sisteme dâhil edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bankaların hukuki sorumlulukları açısından belge inceleme sürecinde bankaların makul bir özen göstermesi gerektiği kabul edilmektedir. Bu durumda, belgenin sahte olduğu durumda bankaların gerekli özeni göstermesi ve sahte belgeyi tespit edememesi durumunda ödeme yapan bankanın sorumlu olabileceği vurgulanmaktadır.

Blok zinciri tabanlı akreditif modeli, akreditifin temel gereksinimlerini karşılayabilmek ve UCP kurallarıyla uyum sağlayabilmek için özel, konsorsiyum ve izne tabi blok zinciri ağlarının tercih edilmesinin daha uygun olduğu düşünülmektedir. Özellikle karma veya hibrit model olarak adlandırılan konsorsiyum ağlarının, akreditif işlemlerinin yapılandırılması için uygun olduğu belirtilmektedir. Konsorsiyum ağları, yalnızca üyelere açık olan ve belirli katılımcıların işlem yapmasına izin veren, diğer katılımcıların ise bu işlemleri takip edip onaylamasına olanak tanıyan bir blok zinciri ağıdır. Bu model, akreditif belgelerini ibraz eden veya süreci takip eden düğümlerle, süreçte söz hakkı olan tarafların aynı zincirde birlikte çalışması için oldukça elverişlidir. Eğer akreditif işlemi halka açık ve izin gerektirmeyen bir blok zinciri üzerinden yapılıyorsa, işlemler ağdaki herkes tarafından görülebilir olacaktır (Al Amaren ve diğerleri, 2020).

Akreditif işlemlerinin özel ve izne tabi blok zinciri veya konsorsiyum blok zinciri üzerinde gerçekleştirilmesi durumunda, yeni tarafları zincire dâhil etme ve işlemleri onaylama yetkisi merkezi bir idarenin takdirinde olabilir. Böylece ağa bankalar, finans kurumları ve kalite koşullarını test eden üçüncü taraflar dâhil edilebilir. Geleneksel süreçte olduğu gibi, belgelerin incelenmesi ve ödeme yapılıp yapılmayacağına karar verme yetkisi bankalara aittir. Bu nedenle, blok zinciri tabanlı akreditif modellerinde de bankalar olması gerektiği düşünülmektedir. Akreditif işlemlerini onaylama yetkisinin bankalar dışındaki taraflara verilmesi, işin doğasına ve UCP kurallarına uygun olmayacaktır. Bu bağlamda, blok zincirine kimin katılacağına, kimin hangi veriyi görebileceğine ve kimin blok zincirine veri ekleyebileceği veya işlem yapabileceğine karar verme yetkisi merkezi bir otoriteye aittir. Bu model otoriteye, ağdaki katılımcıların göreceği verileri sınırlama imkânı da tanır. Akreditif sürecine dâhil olan üçüncü taraflara da blok zincirine veri ekleme yetkisi, otorite tarafından verilebilir. Blok zinciri tabanlı akıllı akreditif modeli, uluslararası ticarete para transferlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla bankalar arası bir iletişim ağı

olan SWIFT'e benzerlik gösterir. Ancak blok zinciri ağı, sadece bankalar arası iletişimi sağlamakla kalmaz. Özel ve izne tabi bir blok zincirinde, otorite tarafından yapılan yetkilendirmeye göre, taşıyıcı, ithalatçı veya ihracatçı da bu ağa katılabilir. Blok zinciri tabanlı akreditif işleminde, akreditif sürecine dâhil olan taraflar (alıcı, satıcı, bankalar ve diğer aracilar) ağda ayrı bir düğüm olarak yer alır. Blok zinciri ağı, bu düğümlerin ortak bir dağıtılmış defteri paylaşmasına olanak tanır. Ağdaki her işleme ilişkin kayıt, değiştirilemez bir şekilde kopyalanır ve düğümler tarafından saklanır. Bu sayede düğümler tarafından işlem kayıtları kontrol edilebilir, sürecin şeffaflığı ve denetimi sağlanır. Sürecin her aşamasının ağdaki düğümler tarafından denetlenebilir olması, dolandırıcılık ve kötü niyetli faaliyetleri azaltması beklenmektedir. Ayrıca, blok zincirinde kullanıcıların kimliklerinin doğrulanıyor olması da güvenilirliği artırır ve yetkisiz işlem yapılmasının önüne geçilmiş olur (Özkan, 2022).

Blok zinciri teknolojisi ve oluşturulan akıllı sözleşmeler sayesinde, akreditif işlemindeki belgelerin dijitalleştirilebileceği ve belge kontrolünün akıllı sözleşmeler ile gerçekleştirilebileceği öngörülmektedir. Belgelerin dijitalleştirilmesiyle, geleneksel yöntemlerle günler süren belge ibrazı sürecinin birkaç saate inmesi beklenmektedir. Ayrıca, uluslararası ticari ilişkilerde gereken manuel kontroller yerine akıllı sözleşme ve IoT teknolojisinden faydalanılabilir. Akreditifin bağımsızlığı prensibi gereği, bankaların malın kalitesini inceleme yükümlülüğü olmasa da IoT sayesinde malın belirli ölçülerde uzaktan kontrol edilebilmesi, düzenlenen belgenin gerçeği yansıtıp yansıtmadığını değerlendirmeye olanak tanır. Geleneksel akreditifte, ödeme bankası tarafından ödemenin yapılabilmesi için genellikle bu yönde bir bildirim ihtiyacı duyulmaktadır. Ancak akıllı sözleşmede şartlar sağlandığında icra otomatik olarak gerçekleştiği için, blok zinciri modeli ayrıca bir bildirim yapılmasına gerek duymaz ve süreci daha hızlı ve otomatik hale getirir (Larson, 2018).

Uluslararası ticaret hukukunda, sözleşmeler genellikle belirli bir şekle tabi tutulmamaktadır. Akreditif sözleşmesi için de belirli bir şekil şartı öngörülmemiştir, yani tarafların iradesi blok zinciri üzerindeki akreditif ilişkisini oluşturmak için akıllı sözleşmeler aracılığıyla ifade edilebilir. Blok zinciri tabanlı bir akreditif işlemi söz konusu olduğunda, taraflar genellikle bu işlemin geçerliliği veya bağlayıcılığı konusunda anlaşmazlık yaşamazlar. Ancak bir uyuşmazlık ortaya çıktığında, işlemin geçerliliğiyle ilgili tartışmalar gündeme gelebilir. Yasal bir sözleşme iki bölümden oluşur. Birinci bölüm sonuç veren senaryoları içeren operasyonel bölümdür. İkinci bölüm genel şartlar ve koşulların olduğu bölümdür. Operasyonel örnek için, satıcının mücbir sebep

nedeniyle malları teslim edemediği bir senaryo verilebilir. Bu durumda etkilenen tarafın ifadaki herhangi bir gecikme veya başarısızlık nedeniyle sorumluluktan kurtulacağını öngörmektedir. Akıllı bir sözleşme, aslında operasyonel hükümlerin blok zincirine kodlanmasıdır. Akıllı sözleşmenin amacı basitçe işlemleri kolaylaştırmaktır. Blok zinciri üzerindeki işlemlerin doğrulanması normalde fikir birliği ile yapılır ancak bu modelde güvenilir bir aracı tarafından yani merkezi otorite tarafından yapılması en azından şimdilik düşünülebilir. Katılımcıların anlaşmanın şartlarına ve sözleşmenin nasıl uygulanacağına karar vermesi gerekir. Akıllı sözleşmelerde, protokollerin tamamlanması ve sözleşmelerin kodlanması sonrası bankanın sözleşme şartlarına göre ödeme transferini yapması, tüm işler ve doğrulamalar otomatik olarak gerçekleşir.

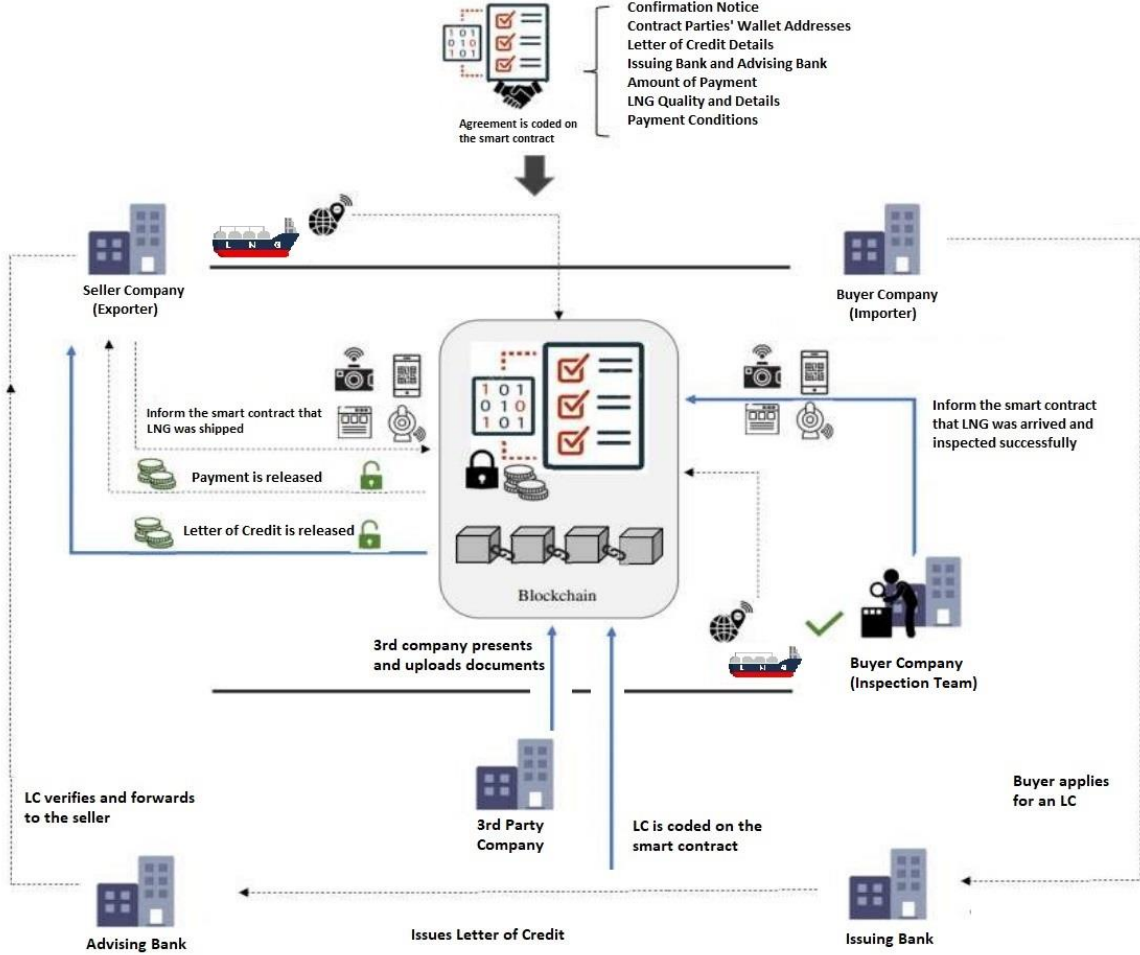
Akreditif ilişkisi açısından değerlendirildiğinde, uluslararası ticari sözleşmeler kapsamında ödenecek mal bedelinin güvence altına alınması için merkezi olmayan bir yapıda ve eşten eşe veri aktarımına izin veren bir platform kullanılabilir. Ancak, bu tür bir yapıda da bankaların bu süreçte yer alması gerekmektedir. Özellikle Türkiye'deki mevcut hükümler göz önüne alındığında, Türkiye Cumhuriyeti tabiiyetindeki kişilerin katıldığı bir sözleşmede ödemenin kripto varlıklarla yapılmasının yasak olduğu düşünüldüğünde, bankaların akreditif sürecinin dışında bırakılması mümkün değildir. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından 16 Nisan 2021 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan yönetmelik ile kripto varlıkların hukuki işlemlerde kullanılması yasaklanmıştır (Ödemelerde Kripto Varlıkların Kullanımına Dair Yönetmelik, 2021). Bankalar, mevcut yasal düzenlemelere uygun şekilde akreditif sürecine dâhil olmalıdır. Bu durumda, blok zinciri teknolojisinin avantajlarından yararlanarak güvenilir, hızlı ve şeffaf bir akreditif süreci oluşturulabilir.

Bu tez çalışmasında incelenen modelde finans kurumlarının ve bankaların merkezi bir rol oynaması öngörülmektedir. Blok zincirinin tarihine bakıldığında, özellikle Bitcoin'in ortaya çıkışı ve sonraki yıllarda blok zinciri üzerinden eşten eşe ödeme yapma fikri gündeme gelmiş ve bu durum bankalara ve diğer aracılar olan ihtiyacın azalacağı düşüncesini doğurmuştur. Ancak, tamamen merkezi olmayan bir finansal sistem yakın gelecekte mümkün görünmemektedir. Şu anda bankalar ve finans sektörü, blok zinciri projelerini büyük ölçüde yönlendirmektedir. Finans sektöründe uygulanan blok zinciri projeleri, bu teknolojinin kullanımının arttığını göstermektedir. Blok zinciri teknolojisinin ve akıllı sözleşmelerin kullanılmasıyla akreditif sürecinde karşılaşılan risklerin en aza indirilebileceği, işlemlerin daha güvenilir ve taraflar arasında eş zamanlı ve daha

süratli olacak şekilde gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. 2018 yılında ilk defa blok zinciri teknolojisi üzerinden bir akreditif işlemi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu akreditif, küresel gıda firması olan Cargill tarafından, Arjantin'den Malezya'ya gerçekleştirilen soya fasulyesi sevkiyatı için HSBC tarafından düzenlenmiştir. Akreditif işleminin tarafı olan HSBC yetkilileri, normal şartlarda beş ila on gün aralığında süren işlemlerin blok zinciri teknolojisi sayesinde 24 saat içerisinde tamamlandığını ifade etmişlerdir (Belu, 2019). Bir diğer örnek olarak, yakın zamanda Contour tarafından geleneksel akreditif işlemlerine alternatif bir blok zinciri tabanlı akreditif işlemi gerçekleştirilmiştir. Marco Polo ve We.trade gibi oluşumlar da ticarete finansman sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Marco Polo üzerinden yapılan işlemlere örnek olarak, Türkiye İş Bankası Anonim Şirketi tarafından 2021 yılında verilen dış ticarete ödeme garantisi gösterilebilir. Şişecam, Kuraray Europe GMBH, İş Bankası ve Commerzbank'ın taraf olduğu işlem, 10 Mayıs 2021'de Marco Polo platformu üzerinden gerçekleştirilmiştir. Geçtiğimiz yılın Mayıs ve Kasım aylarında pilot ortamda yapılan iki işlem ile blok zinciri teknolojisini test eden İş Bankası'nın gerçekleştirdiği bu son işlem, Türkiye'de blok zinciri teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen ilk canlı dış ticaret işlemi olma özelliği taşımaktadır (İş Bankası'ndan blockchain teknolojisi ile dış ticarete bir ilk daha, 2021). Projeler çoğunlukla bankaların kendi Ar-Ge faaliyetleri kapsamında gerçekleştirilmekte olup, henüz tüm bankaların dâhil olduğu bir konsorsiyum blok zinciri ağı bulunmamaktadır. Blok zinciri teknolojisi oldukça yeni olduğundan, teknik sorunlara ek olarak blok zincirinin güvenilirliği konusundaki tartışmalar da hâlâ geçerliliğini korumaktadır (İrmak, 2023).

4.2. Modelin İşleyişi

Modelin analiz edilmesiyle birlikte tavsiye edilen model *LNG Ticaretinde Kullanılacak Blok Zinciri Temelli Akıllı Sözleşme Modeli Diyagramı* üzerinde detaylı olarak gösterilmiştir. Bu modelde blok zinciri ve akıllı kontralar aracılığıyla LNG ticaretine ilişkin kayıt tutma, yürütme, izleme ve denetim işlemlerinin tüm yönleri ele alınmıştır. Ancak bilinmelidir ki bu modelin işletilmesi için yazılım, bilişim, hukuk, blok zinciri ve akıllı sözleşme konularında uzmanlık gerekir.



Şekil 17: LNG Ticaretinde Kullanılacak Blok Zinciri Temelli Akıllı Sözleşme Modeli Diyagramı

4.2.1. Akreditifin Düzenlenmesi

Blok zinciri tabanlı akreditif modelinin ilk aşaması geleneksel akreditif süreciyle benzerlik gösterir. Alıcı ve satıcı arasındaki satış sözleşmesinde ödemenin akreditif yoluyla yapılacağı kararlaştırılır. Taraflar, akreditif koşulları üzerinde anlaştıklarında alıcı, akreditifi oluşturmak için kendi bankasına başvurur. Banka, başvuruyu değerlendirir ve akreditif açmayı kabul ederse, alıcının belirlediği şartları içeren bir akıllı sözleşme kodunu oluşturur ve blok zincirine yükler. Sektörel bazlı bir konsorsiyum blok zinciri ağında, muhabir banka doğal bir üye olarak yer alır. Akreditifi düzenleyen ve blok zincire yükleyen amir banka, akreditifin açıldığı bilgisini muhabir

bankaya hızla blok zinciri üzerinden iletebilir. Blok zinciri sayesinde, akreditif neredeyse anında muhabir bankanın bilgisine sunulur. Bu bildirimi alan muhabir banka, lehtar da ağı katılımcı olarak ekler. Amir banka ile lehtar arasındaki hukuki ilişki, bu bildirim üzerinden doğar. Ayrıca, amir banka, akreditif şartlarında belirtilen belgeleri düzenlemekle görevli olan taraflar dışında başka kişileri de blok zincirine dâhil edebilir ve bu kişilere doğrudan belge yükleme izni verebilir. Geleneksel akreditif sürecinde, akreditifin açıldığı bilgisi amir banka tarafından mektup, telekomünikasyon yöntemleri (telgraf, teleks, faks, SWIFT vb.) kullanılarak muhabir bankaya bildirilirdi. Ancak akıllı akreditif sözleşmesinde, tüm bildirimler blok zinciri üzerinden gerçekleştirilir.

Geleneksel akreditif sürecinde, akreditifin açıldığının amir banka tarafından lehtara ulaştırılması ve sözleşme ilişkisinin kurulabilmesi için lehtarın bu bildirimi kabul etmesi gerekmektedir. Ancak, lehtarın açık bir kabul beyanı yapması nadir görülür. Genellikle, akreditifin kabulü zımnen gerçekleşir. Lehtar, reddetmek istiyorsa amir bankanın bildirisine bir ret beyanında bulunmalıdır. UCP 600, bankanın lehtara yaptığı bildirimi reddetme süresini belirlememiştir. Ancak, olası anlaşmazlıkları önlemek amacıyla, bankanın yaptığı bildirimi reddetme süresinin makul bir süre olarak belirlenmesi ve bu süre içinde reddedilmeyen bildirimin kabul edileceğinin açıkça belirtilmesi gerekmektedir. Bu durum, geleneksel akreditif sürecinde önemlidir (Al Amaren ve diğerleri, 2020). Blok zinciri tabanlı akreditifte, amir banka tarafından oluşturulan akıllı sözleşmenin amir bankanın özel anahtarıyla imzalanması ve muhabir bankanın blok zincirinde belirlenmiş açık anahtarına gerekli bilgileri göndermesi gereklidir. Bloklarda bulunan zaman damgası sayesinde verilerin gönderilme zamanı tespit edilebilir. Akıllı sözleşmeyi içeren bloğun zincire bağlanması ile muhabir banka, akıllı sözleşmenin ulaştığı sonucuna varabilir. Muhabir bankanın akıllı sözleşmede belirtilen bir koşulu yerine getirmesi, akıllı sözleşmeyi kabul ettiğine dair örtülü bir irade beyanı olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, geleneksel akreditif sürecinde önerilen lehtarın talebi reddetmesi için amir banka tarafından belirli bir süre verilmesi, akıllı sözleşmede de uygulanabilir. Örtülü kabul sonucunda, akıllı sözleşme kodundaki şartlar dâhilinde sözleşme ilişkisi kurulmuş olur. Bu şekilde, akreditifin muhatabına iletilmesi için blok zincirinin kullanılması, muhabir bankanın akreditifin açıldığından hızlı bir şekilde haberdar olmasını sağlar ve böylece işlem süresi önemli ölçüde azaltılabilir.

Akreditif sözleşmesinin tarafları genellikle amir banka ve lehtar olarak kabul edilir. Ancak, taraflar genellikle farklı ülkelerde bulunduğundan, sözleşmeler genellikle bir muhabir banka veya amir bankanın lehtarın ülkesindeki şubesi aracılığıyla yapılır. Geleneksel akreditif sözleşmelerinde, örneğin bir muhabir bankanın lehtarla yapacağı sözleşme yazılı veya sözlü olarak gerçekleştirilebilir. Blok zinciri dışında şekil şartlarına uygun fiziki bir sözleşme ayrıca yapılabilir.

4.2.2. Belgelerin İbrası

Akreditif açıldıktan sonra bankanın ödeme yükümlülüğünün doğabilmesi için akreditif şartlarında belirtilen süre içinde istenen belgelerin lehtar tarafından ibraz edilmesi gerekmektedir. Geleneksel bir akreditif işlemi sırasında lehtar, akreditif şartlarında belirtilen belgeleri amir veya amir banka tarafından belirlenen görevli bankaya sunar. Görevli banka, belgeleri aldıktan sonra inceleyerek ödeme yapılması amacıyla amir bankaya veya varsa teyit bankasına iletir. Geleneksel akreditif süreci, belgelerin fiziksel olarak sunulmasına dayalıdır ve bu süreçte belgeler bankalar arasında fiziksel olarak dolaşır. Bu fiziksel belge ibrazına dayalı süreç, çeşitli problemlere yol açabilir. Örneğin, malın teslim edilmiş olmasına rağmen belgelerin henüz bankalara ulaşmaması nedeniyle ödemenin gecikmesi uluslararası ticarete sıkça karşılaşılan bir durumdur. Ayrıca, belge alışverişi sırasında fiziksel belgelerin kaybolması, hasar görmesi veya kötü niyetli kişiler tarafından ele geçirilmesi gibi istenmeyen sorunlarla karşılaşma riski de vardır.

Ticaret hayatında elektronik süreçlerin daha etkin hâle gelmesi ve teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla birlikte, belgelerin fiziksel olarak ibrazı eski bir yöntem olarak kalmaktadır. Akreditif işlemlerinde dijital dönüşüm sayesinde, belge ibrazı ve incelenmesi sürecinin fiziksel belge ibrazına kıyasla çok daha hızlı gerçekleşmesi beklenir. Bu durum, hem maliyetin azalacağı hem de akreditif sürecine katılan bankaların ihtiyacının ortadan kalkacağı ya da en azından azalacağı öngörüsünü beraberinde getirir. Bu doğrultuda, fiziki belge ibrazına dayalı sürecin dijitalleştirilmesi için bazı adımlar atılmıştır. Uluslararası Ticaret Odası (ICC) tarafından belgelerin elektronik olarak ibraz edilebileceği kabul edilmiş ve elektronik belge ibrazını düzenleyen eUCP kuralları yayınlanmıştır. Ancak bu kurallar henüz geniş bir şekilde benimsenip uygulamaya konulmamıştır (Larson, 2018).

Kâğıtsız ticaret kavramı, ticari belgelerin fiziksel kâğıt formunda değil, elektronik bir ortamda dijital olarak değiştirilmesi ve saklanması fikrine dayanır ve son yıllarda yaygınlaşmıştır. Bu

yaklaşım, ticaretin daha hızlı, güvenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesine imkân tanır. Elektronik veri değişim sistemleri, ticari belgelerin dijitalleştirilmesine izin vererek işlem süreçlerini önemli ölçüde hızlandırır. Blok zinciri teknolojisi ise bu dijitalleşme sürecine yeni bir boyut ekler. Blok zinciri, verileri şifreler, güvenli bir şekilde saklar ve her işlemi bir blok olarak kaydederek ticari belgelerin güvenli bir şekilde paylaşılmasını ve saklanmasını destekler. Bu nedenle, blok zinciri teknolojisi, kâğıtsız ticaretin gelişmesine önemli katkı sağlayabilir.

Elektronik ortamda veri aktarımı sırasında verinin değiştirilmeden veya kopyalanmadan kalması kritik bir öneme sahiptir. Dijital ortamda paylaşılan veri, orijinal verinin bir kopyasıdır ve veri bütünlüğünün korunması gerekmektedir. Blok zinciri teknolojisi, işleyişini bir mutabakat mekanizmasına dayandırır ve yapılan her işlemin ağıdaki gerekli tarafların görebilmesiyle bu problemi çözer. Bu sayede akreditif belgelerinin işlenmesinde blok zinciri kullanılarak veri bütünlüğü güvence altına alınabilir. Blok zinciri teknolojisi, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymaksızın verinin bozulmasını engeller. Akreditif işlemlerinde kullanılan blok zinciri modeli olarak önerilen konsorsiyum blok zinciri, aynı veya benzer sektörlerde faaliyet gösteren paydaşlar tarafından ortak bir dağıtık kayıt defteri olarak kullanılır. Bu nedenle, farklı merkezi platformların varlığından kaynaklanabilecek olası sorunların, konsorsiyum modelinde yaşanma ihtimali bulunmamaktadır.

Blok zinciri tabanlı akreditif işlemlerinde, akreditif belgelerini temsil etmek için belgeler metadata olarak blok zincirinde temsil edilebilir. Blok zinciri tabanlı akreditif modelinde, bankalar, taşımacılık şirketleri, amir, lehtar ve diğer belgeleri düzenleyen sigortacılar, devlet kurumları ve kalite kontrol kuruluşları gibi tüm taraflar, blok zinciri ağında bir düğüm olarak yer alabilirler. Konsorsiyum blok zinciri modeli, birçok taraf arasında eş zamanlı veri paylaşımına izin verir ve birbirini tanımayan taraflar arasında uyum sağlar. Blok zinciri tabanlı akreditifte belgelerin ibrazı belgeyi düzenleyen kişi veya lehtar tarafından doğrudan blok zincirine eklenebilir. Verinin, doğrudan düzenleyen tarafından blok zincirine eklenmesi, özellikle düzenleyenin resmi bir merci olması durumunda, veri güvenilirliğini artırır.

Akreditif işleminde, blok zinciri ve akıllı sözleşmelerin kullanılmasıyla birlikte, verilerin izlenmesi ve paylaşılması daha güvenli ve verimli hale gelir. Blok zincirinin dağıtık yapısı sayesinde, işleme katılan taraflar için sürecin daha güvenli ve etkin bir şekilde işlenmesi beklenmektedir. Bu yeni yaklaşım, üçüncü taraflara olan ihtiyacı azaltarak maliyet ve zaman

tasarrufu sağlar. Belgelerin blok zinciri üzerinden izlenmesi, belge alışverişinden kaynaklanan maliyet ve zaman kaybını azaltır. Blok zinciri, verilerin bütünlüğünü korur, bu da belgelerin içerdiği bilgilerin güvenliğini artırır. Geleneksel akreditif sürecinde belgelerin birçok banka arasında dolaşımı sırasında kaybolma riski bulunmaktadır. Blok zinciri sayesinde bu risk aşılabilmektedir, çünkü veriler blok zincirine eklendikten sonra değiştirilemez. Blok zincirinin takip edilebilirliği, akreditifin bağımsızlığı ve bankaların belgelere olan bağlılığını destekler. Bu sayede, lehtarın akreditif şartlarına uygun gibi görünen ancak temel sözleşmeye aykırı bir ifade kullanması durumunda amir bankanın üstlendiği risk azalır.

Bir verinin blok zincirine eklenmesi, ilgili kişi tarafından açık ve gizli anahtarları kullanılarak onaylandığında, bu veri elektronik olarak imzalanmış ve tasdik edilmiş olur. Elektronik imza, belgenin doğruluğunu ve bütünlüğünü teyit eden veri olarak tanımlanabilir. Özellikle dijital platformlarda gerçekleşen hukuki işlemlerde büyük önem taşır. Dolayısıyla, UCP ve eUCP kapsamında blok zinciri üzerinde belge paylaşımının mümkün olduğu söylenebilir. Konsorsiyum blok zincirinde ağdaki katılımcıların kimlik tespiti genellikle bir problem oluşturmaz. Temelde bir ihtilaf ortaya çıkmadığı sürece, taraflar, blok zinciri üzerinden gerçekleştirilen işlemlerin geçerliliği konusunda anlaşabilirler. Ancak taraflar arasında bir uyuşmazlık çıkarsa, elektronik belgelerin hukuki geçerliliği açısından dijital imzanın yasal statüsü önemlidir ve bu nedenle blok zinciri ağı içinde bir denetim mekanizması oluşturulması, imza geçerliliği konularında çözüm sunabilir. Ancak yasal bir çerçeve oluşturulmadıkça, blok zinciri modelinde dijital imzanın güvenilirliği konusundaki belirsizlikler devam edecektir.

4.2.3. Belgelerin İncelenmesi

Akreditifte lehtar tarafından sunulan belgeler, bankalar tarafından gözden geçirilir ve bu inceleme sonucunda, belgelerin akreditif şartlarına uygun olduğu belirlenirse bankanın, lehtara ödeme yapma yükümlülüğü olur. UCP standartlarına göre, yetkili banka, amir banka veya teyit bankası, belgelerin akreditif şartlarına uygun olup olmadığını kontrol edebilir. Bankaların kendilerine sunulan belgeleri incelemekle yükümlü oldukları süre, beş banka iş günü olarak belirlenmiştir. Ek olarak, bankaların, belge incelemesi yaparken sadece belgeyi göz önünde bulundurmaları ve dış görünüme dayalı değerlendirmeler yapmaları kabul edilmiştir. Uygulamada, belgeler genellikle görevli bankaya sunulur. Lehtarın belgeleri belirlenen süre içinde görevli

bankaya sunması, akreditif şartlarındaki sürenin korunduğu anlamına gelir. Görevli banka, amir bankanın temsilcisi olarak bu belgelerin akreditif şartlarına uygunluğunu kontrol eder. Lehtar, belgeleri doğrudan teyit bankasına veya amir bankaya da sunabilir. Görevli banka, sunulan belgelerin akreditif şartlarına uygun olmadığına karar verirse, bu durumu hemen lehtara bildirmekle yükümlüdür. Eğer görevli banka, belgelerin uygun olduğu sonucuna varırsa, bu belgeleri derhal teyit bankasına ya da amir bankaya gönderir. Amir banka ya da teyit bankası, belgeleri incelemek ve belgelerle ilgili bir karar vermek için beş banka iş günü süreye sahiptir. Eğer belgeler uygun bulunursa, ödeme gerçekleştirilir; uygun bulunmazsa, rezerv konulur ve belgeler görevli bankaya geri gönderilir. Eğer sunulan belgeler akreditif şartlarına uygun değilse, sadece amir bankaya bu konuda hareket etme yetkisi verilmiştir. Bu durumda, amir banka akreditif belgelerinin uygun olmadığına karar verirse, rezervin kaldırılması için amire başvurma yetkisine sahiptir. Ticaretin konusu uzmanlık gerektiren bir işten kaynaklanıyorsa ve banka bu konuda tereddüt yaşıyorsa, amire danışma ihtiyacı duyabilir. Sonuç olarak, amir banka, uyumsuzluk olmasına rağmen ibrazın yine de karşılanmasını talep ediyorsa, amir banka ibrazı karşılamakla yükümlüdür.

Görüldüğü gibi, geleneksel akreditifte belge incelemesi aşaması oldukça karmaşıktır. Belge inceleme işlemi için belirlenen maksimum süre olmasına rağmen, belgelerin birkaç farklı banka arasında dolaşması ve rezerv durumunda iade süreçlerinin uygulanması nedeniyle uzun zaman alabilir. UCP hükümleri, genellikle kâğıt belgelerin sunumuna dayalı bir sistem öngördüğünden, akreditif ilişkisinde görevli bankalar ve teyit bankaları aktif bir rol oynamaktadır. Elektronik belge sunumuyla, yardımcı bankalara olan ihtiyaç azalabilir ve bu bankaların daha çok bilgilendirme ve ödeme süreçlerinde rol alması beklenir. Bu şekilde, sürece dâhil olan bankaların yetki alanlarının daralması ve hukuki sorumluluklarından kaynaklanan anlaşmazlıkların azalması umulmaktadır. Aynı şekilde, belge sunumu ve inceleme aşamasında blok zinciri modelinin kullanılmasıyla akreditife ilişkin sorumluluklardan kaynaklanan anlaşmazlıkların azalması beklenmektedir (Al Amaren ve diğerleri, 2020).

Geleneksel akreditifte, lehtarın belgeleri belirtilen süre içinde görevli bankaya sunması, ardından da belgelerin amir bankaya sunulması gerekmektedir. Böylece lehtar, belgeleri sunma yükümlülüğünü yerine getirmiş olur. Amir banka, görevli bankanın sunulan belgelerini inceler. Ancak, görevli banka, belgeleri incelemek için gerekli özeni göstermezse veya amir bankanın

talimatlarına uymazsa, görevli banka amir bankaya karşı sorumluluk taşır. Bankaların inceleme yükümlülüğü, belgelerin dış görünüşünü değerlendirmekle sınırlıdır. Bu bağlamda, UCP 600 kurallarına göre, belgelerde sahtecilik tespit edemeyen bir banka, beş banka iş günü içinde, lehtara ödeme yapmakla yükümlüdür. Ancak banka, sahteciliği tespit edemediği bir belgeyi incelerken beklenen özeni göstermezse, amirden ödeme talep edemez ve bu durumda amir banka riski üstlenir. Blok zinciri modeli ile bu risk aşılabilir. Blok zinciri tabanlı akreditif modelinde lehtar, bankanın mesai saatlerine bağlı olmadan belgeleri dilediği zaman blok zinciri üzerinden gönderebilir. Bankanın inceleme yükümlülüğü, belgeler zincire yüklendikten sonra başlar. Blok zinciri modelinde, belgeler zincire yüklendiği anda ağdaki uygun görülen herkes tarafından görülebilir. Bu durumda, ayrı bir bildirim yapılmasına gerek olmadan akıllı sözleşme devreye girer ve belgelerin incelemesi otomatik olarak gerçekleşir. Ayrıca, elektronik belge ibrazında, fiziksel belge ibrazına göre daha sıkı bir inceleme yapılmasına gerek olmadığı belirtilmektedir. Bu bağlamda, elektronik belgelerin incelemesinde mevcut kurallara sıkı bir şekilde uyulması ve maddi denklik arayışı yerine işlevsel bir incelemenin yeterli olacağı düşünülmektedir.

Blok zinciri tabanlı akreditifte belge inceleme aşaması, önceden belirlenen şartlar doğrultusunda otomatik olarak gerçekleşir. Bu süreç, mutabakat mekanizması ve akıllı sözleşmeler tarafından yönetilir. Uygun olmayan belge ibrazı durumları doğası gereği önceden tespit edilemez, bu yüzden her belge, içeriği ve akreditif şartlarına uygunluğu göz önünde bulundurularak değerlendirilir. Belgelerin akreditife uygunluğu ayrı ayrı değerlendirilir. Eğer ibraz edilen belge akreditif şartlarına uygunsa, akıllı sözleşme bir sonraki aşamaya geçmeye izin verir. Ancak eğer belgenin akreditif şartlarına uygun olmadığı akıllı sözleşme tarafından tespit edilirse bir sonraki aşamaya geçilmez. Bu durumda, belge ile akreditif metni arasındaki uyumsuzluk amire bildirilir. Amir, blok zincirinde bir düğüm olarak yer aldığından, bu bildirim akıllı sözleşme tarafından otomatik olarak gerçekleştirilir. Yani bildirim uyumsuzluk tespitiyle aynı anda gerçekleşir. Blok zincirin dağıtık yapısı sayesinde amir, verileri görebilir, bu nedenle uyumsuzluğu inceleyebilir. Eğer amir uyumsuzluğa rağmen akreditif bedelinin ödenmesini kabul ederse, lehtara ödeme yapılır. Blok zincir modelinde, amir tarafından ödemenin uygun olduğuna dair açıklama gereken durumlarda, UCP 600'de belirtilen belge inceleme süresi dolmadan aksiyon alınabilir. Bu durumda, geleneksel akreditifte yaşanan amir kararının gecikme ve sonuç olarak belirtilen beş banka iş günü içinde lehtara dönüş yapılamama gibi sorunlar büyük ölçüde ortadan kaldırılmış olur. Amirin

ödemeyi uygun bulmaması durumunda ise belge reddedilir. Teknik açıdan, bu durum akıllı sözleşmenin programlanırken sonlanma ve düzeltme fonksiyonlarının eklenmesi ile sağlanabilir.

Bankalar, kendilerine ibraz edilen belgelerin akreditif şartlarına uygunluğunu değerlendirirken genellikle takdir yetkisine sahip değillerdir. Ancak, geleneksel akreditif uygulamalarında ibraz edilen belgelerdeki bazı önemsiz hataların ticari işlemlerin kesintisiz bir şekilde devam etmesi amacıyla görmezden gelindiği ve belgenin kabul edilebildiği durumlar olabilmektedir. Bankaların rolü, mesleki bilgi ve deneyimleri dikkate alındığında, belge incelemesi sırasında bazı hatalara takdir yetkisi tanınmasının yerinde olduğu düşünülebilir. Banka, belgedeki eksikliği önemsiz olarak değerlendirirse, belgeyi kabul edebilir. Yani, belge incelemesi aşamasında bankaların takdir yetkisi bulunabilmektedir. Bu tip bir takdir yetkisinin, belge incelemesinin blok zinciri üzerinde daha kolay programlanabilir olmasına olanak sağladığı ifade edilebilir. Akıllı sözleşmelerde değer yargılarına ve belirsiz ifadelerle yer verilmemektedir. Kodun kullanım amacı, doğal dildeki belirsizlikleri ortadan kaldırmaktır. Bu tür problemlerin, nesnelerin interneti ve dijital teknolojilerle aşılabileceği düşünülmektedir. Denizaşırı LNG ticaretinde, tarafların ödemenin blok zinciri tabanlı akreditif yoluyla gerçekleşmesi konusunda anlaşmaları durumunda, mal gemiye yüklenmeden önce malın üzerine takip edilebilir sensörler ve takip cihazları gibi nesneler yerleştirilebilir. Bu sayede, bir faturada malın modeli veya miktarı yanlış yazılmışsa, bu durum nesnelerin interneti sayesinde tespit edilebilir. Nesnelerin internetiyle elde edilen bu veriler, blok zincirine aktarılabilir ve böylece insan müdahalesi olmadan belgedeki uyumsuzluk otomatik olarak giderilmiş olur. Ancak, bu işlem yapılırken akreditifin bağımsızlık ilkesine uyulması önemlidir, çünkü akreditifin temel özelliği, ithalatçı ve ihracatçı arasındaki hukuki ilişkiden bağımsız olmasıdır.

Geleneksel akreditif sözleşmelerinde, özel bir belirleme yapılmadığı sürece bankaların bilgi ve belgelerin iletim şeklini, dijital yöntemler de dâhil olmak üzere kendilerinin belirleyebileceği öngörülmüştür. Bankalar, seçtikleri belge iletim yönteminden kaynaklanan gecikmelerden sorumlu tutulamazlar ve bu tür bir gecikme nedeniyle ortaya çıkan zarar lehtar tarafından karşılanır. Örneğin, belgelerin gönderim sırasında zarar görmesi durumunda lehtar, vadeden sonra yeni belge gönderemez ve bu durumda akreditiften doğan borcunu yerine getiremez; bu da banka tarafından lehara ödeme yapılmaması anlamına gelir. Lehtar, temel ilişki kapsamında amire başvurma hakkına sahiptir. Kaybolan belgenin akreditif şartlarına uygun olduğunu görevli banka belirlediysa, amir banka ibrazı karşılamak zorundadır. Ancak, bu durum belgenin uygunluğunun görevli banka

tarafından belirlenmesine dayanır. Belgenin uygunluğu görevli banka tarafından onaylandıktan sonra lehtarın yükümlülüğü sona erer. Bankalar, belge iletim yöntemini seçerken işin niteliği gereği beklenen özeni göstermelidir. Aksi halde, bankaların özen yükümlülüklerini ihlal ettiği sonucuna varılırsa oluşacak zarardan banka sorumlu tutulabilir. Bu bağlamda, belge ibrazı ve incelemesi aşamalarının bir konsorsiyum blok zinciri üzerinde ortaklaşa yapılması ve akıllı sözleşmelerin kullanılması senaryosunda bankaların sorumluluğu devam etmektedir. Bankanın teknik konularda üçüncü kişilerden destek alması, sorumluluğunu ortadan kaldırmaz.

4.2.4. Akreditif Bedelinin Ödenmesi

Lehtarın ibraz ettiği belgelerin akreditif şartlarına uygun olduğu tespit edildiğinde, bankanın ibrazı karşılama ve dolayısıyla akreditif bedelini ödeme borcu doğar. Lehtar tarafından belgelerin akreditif şartlarına uygun olarak süresi içinde ibraz edilmesi durumunda, banka ödeme yapma yükümlülüğüne sahiptir. Banka, ödeme için akreditif bedelini temsil eden bir işlem oluşturabilir. Böylece, belgeler ve akreditif bedeli blok zincirinde temsil edilir. Blok zincirinde belgelerin uygunluğu tespit edildikten sonra, akıllı sözleşme aracılığıyla belgeler amire, ödeme de lehtara aktarılabilir. Bu şekilde, belge inceleme süreci ve ödeme işlemi daha şeffaf ve otomatik hale getirilebilir. Bu yaklaşımda öncelikle akreditif ödemelerinde rol alan banka sayısı azalır. İcra aşamasında genellikle amirin üstlendiği riskin bertaraf edilebilir ve taraflar arasında denge sağlanabilir. Nesnelerin interneti teknolojilerinin sisteme entegre edilmesiyle, amir malın akıbetini gerçek zamanlı olarak takip edebilir. Bu durum, malları teslim aldığı anda hızla bir inceleme yapmasını mümkün kılar. Amirin sözleşmeye uygun olmayan bir ifa halinde üstlendiği risk büyük ölçüde azalır. Bu sistem, ticaretin güvenliğini artırırken aynı zamanda işlemlerin daha hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır.

Ödeme tarihi geldiği zaman ödeme sürecinin kilidini açmak için akıllı bir sözleşme programlanabilir. Kodlama ile önceden belirlenmiş olayların meydana gelmesi üzerine işlemin şartlarını yerine getirmesine olanak tanınacaktır. Sisteme girildiğinde talimatlar kendiliğinden çalışacaktır. Basit bir örnek olarak, ABD'nin referans noktası olan ve en büyük doğal gaz merkezi olarak kabul edilen Henry Hub Doğal Gaz Spot Fiyatı üzerinden LNG'nin belirli bir tarihte satışı verilebilir. Karşılaştırma ölçütü ve blok zinciri birbirine bağlıdır ve satış tarihinde Henry Hub'ın spot fiyatı blok zinciri tarafından sorgulanır. Daha sonra spot fiyata göre ödenmesi gereken tutar

otomatik olarak hesaplanır ve alıcıdan satıcının hesabına aktarılır. Ancak böyle bir durumda Henry Hub üzerinde arıza durumunda akıllı sözleşme etkilenebilir ve büyük kayıplar meydana gelebilir. Ödeme aracı olarak kripto varlıklar kullanılabilir. Ancak kripto paralar volatilité gibi faktörler nedeniyle zorluklarla karşılaşabilmektedir. Bu nedenle, gerçek para biriminin doğrudan karşılığı olan ve değeri sabitlenmiş stablecoin gibi kripto paralar bu süreçte daha güvenilir bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Örneğin, Tether (USDT), USD Coin (USDC), True USD (TUSD) gibi stablecoinler, ABD doları gibi geleneksel paralarla eşdeğere sahiptir ve volatilitéye karşı daha dirençlidir. Ancak kripto paraların kullanımı, birçok ülkede yasal düzenlemeler nedeniyle yasaklanmıştır. Buna rağmen kriptonun yasak olduğu veya tercih edilmediği bir ortamda SWIFT sisteminin bu modele dâhil edilmesi, yasal ve gerçek para birimleriyle yapılan işlemleri daha güvenli ve etkili bir şekilde tamamlamak için oldukça iyi bir çözüm olabilir. SWIFT, uluslararası finansal işlemler için kullanılan güvenilir bir iletişim ağıdır ve bu sistem, akreditif sürecinde gerekli olan ödemeleri güvenli bir şekilde yapabilir. Bu şekilde, geleneksel bankacılık sisteminden alınan güvenlik ve denetim avantajlarıyla birlikte, akreditif işlemlerinde blok zinciri teknolojisinin sağladığı şeffaflık, hız ve düşük maliyet gibi avantajlar bir araya getirilebilir. Böylece blok zinciri tabanlı akıllı sözleşme süreci daha güvenli, hızlı ve verimli hâle getirilebilir.

4.3. Modelin İşleyişinin Önündeki Engeller

Akreditif, amir bankaya belgelerin uygun bir şekilde ibraz edileceğine dair kesin bir yükümlülüğünü içerir. Lehtar, süresi içinde ibraz ettiği belgelerin akreditif şartlarına uygun olduğunu gösterirse, amir banka bu ibrazı kabul etmekle yükümlüdür. Ancak, ibraz edilen belgelerin akreditif şartlarına uygun olmasına rağmen, akreditif bedelinin ödenmesine engel olabilecek özel durumlar da olabilir. Öncelikle, akreditifin geçerliliği konusundaki anlaşmazlık nedeniyle, lehtar ile amir banka arasında akreditif bedelinin ödenmesi engellenebilir. Bu durumda, banka talep edilen ödemeyi mahkeme kararı ile durdurarak icradan kaçınabilir. Akıllı sözleşmelerin temel prensibi, bir kez programlandıktan sonra durdurulamaz olmaları ve kendiliğinden icra edilmeleridir. Bu bağlamda, akıllı bir sözleşmenin hukuken icraya engel bir durumla karşılaşması durumunda ne olacağı konusu tartışmalıdır. Blok zinciri tabanlı akreditiflerde de benzer sorunlar ortaya çıkabilir. Ancak, akreditif bedelinin ödenmesine engel teşkil eden bir durumun akıllı sözleşme oluşturma aşamasında öngörülüp koda bu durumun işlenmesi düşünülebilir. Örneğin,

bankanın temsil yetkisinin olmaması durumunda, bu durumun akıllı sözleşmede önceden kodlanmış olması ve akıllı sözleşmenin tespit etmesi şartıyla, eksiklik giderilene kadar bu işlem blok zincirine işletilmeyebilir. Eksiklik akıllı sözleşme tarafından tespit edilemezse, akıllı sözleşme blok zincirine eklenir ve önceden belirlenen şartlar gerçekleştiğinde kendiliğinden icra edilir. Belirli durumların için önceden belirlenmesi ve akıllı sözleşmeye kodlanması ile akreditifin ödenmesi engellenebilir. Ancak, akreditif bedelinin ödenmesine engel olabilecek tüm durumların önceden belirlenmesi mümkün görünmemektedir. Akreditifin blok zinciri üzerinden kurulması, uyuşmazlık durumunda tarafların yargıya başvurma hakkını ortadan kaldırmaz, yasal mercilere başvurma hakkı korunmaktadır. Belgelerin süresi içinde ve akreditif şartlarına uygun bir şekilde ibraz edilmemesi, akreditif bedelinin ödenmesine engel teşkil eder. Akreditifte belirlenen vade içinde uygun belgelerin sunulmaması durumunda, bankaların ödeme yükümlülüğü sona erer. Akıllı akreditif sözleşmesi de blok zincirine yüklendiğinde vadenin sona ereceği tarih önceden programlanabilir. Akıllı sözleşme, belirlenen süre içinde uygun belgelerin ibraz edilmemesi durumunda şartların yerine getirilmediğini tespit eder ve bu nedenle icra gerçekleştirilmez. Vade sona erdikten sonra da akıllı sözleşme geçerliliğini kaybeder.

İşlemler blok zinciri üzerinden gerçekleştirilmiş olsa bile taraflar, hukuka aykırı bir işlemi mahkemeye başvurarak itiraz hakkına sahiptir. Ancak, blok zincirinde başlatılan bir işlemin durdurulması veya geri alınması mümkün değildir, çünkü bir işlem bloğu bir kez zincire eklenirse geri alınamaz. Dolayısıyla, mahkeme bir akreditifin hükümsüzlüğüne karar verse bile işlem blok zincirinde kalacaktır. Akıllı sözleşmenin kesin hükümsüzlüğü teknik olarak mümkün değildir çünkü bir işlem bloğu zincire eklendikten sonra silinemez. Ancak, akıllı akreditif sözleşmesinin kesin hükümsüzlüğü durumunda lehtarın, kendi iradesiyle yeni bir işlem yaparak iadeyi gerçekleştirmesi düşünülebilir. Ancak, böyle bir iade için lehtarın aktif bir şekilde hareket etmesi gerekir ve bu her zaman mümkün olmayabilir. Başka bir seçenek ise, blok zincirinde yapılan bir işlemin geri alınmasıdır. Akıllı sözleşme oluşturulurken öngörülen bir aşamanın tersi yönde uygulanarak gerçekleştirilebilir. Bu şekilde, akıllı sözleşme işlemin hukuki durumuna göre işletilebilir.

Blok zinciri ile yapılan işlemlerde irade sakatlıkları ortaya çıkabilir. Ayrıca, akıllı sözleşme kodundaki yazılım hataları, tarafların iradesi ile beyanları arasında uyumsuzluğa neden olabilir. Akıllı sözleşme kodu yanlış oluşturulmuş olabilir. Yazılımın doğasından kaynaklanan hatalar,

teknik sebeplerle meydana gelebilecek sorunlar arasında yer alır. Akıllı akreditif sözleşmeleri üzerinde çalıştığı blok zinciri modeli de sonuç olarak insan tarafından yapıldığı için hatalı olabilir. Akıllı akreditif sözleşmesi bir kere blok zincirine kaydedildiğinde geri alınması veya durdurulması prensipte mümkün olmadığı için yazılımdan kaynaklanan hatalar veya akıllı akreditif sözleşmesi tarafından gerçekleştirilen işlem, tarafların iradesine aykırı olabilir. Ayrıca, akıllı sözleşmeye dış kaynaklı veri sağlayan IoT cihazlarından kaynaklanan hatalar da meydana gelebilir. Akıllı sözleşme yanlış kodlandığında, doğru veriler girilse bile yanlış hesaplamalar yapılabilir ve sonuç olarak tarafların istemediği bir durum gerçekleşebilir. Benzer şekilde, sözleşmenin eksik programlanması durumunda da sözleşmenin uygulanması hatalı şekilde gerçekleşebilir. Bazı durumlarda akıllı sözleşme, tarafların iradesine uygun şekilde kodlanmış olabilir ancak taraflar yanlış veri girerse sorunlar ortaya çıkabilir. Akıllı akreditif sözleşmelerinde, lehtar bilerek hatalı veri girdiğinde, lehtarın saktekarlığından bahsedilebilir. Taraflardan biri, karşı tarafın özel anahtar bilgilerini yasa dışı şekilde ele geçirip sahibinin rızası olmadan bir işlemi başlatırsa, bu bir tür aldatmaca da olabilir. Bu nedenle, akıllı sözleşmenin teorik olarak irade sakatlığı veya hatalı işlem nedeniyle iptal edilebileceği kabul edilmelidir. Bununla birlikte, işlemin pratikte nasıl iptal edileceği teknik açıdan tartışmalıdır. Bu tür bir durumda, blok zincirindeki bir işlemin ikinci bir işlemle geri alınması düşünülebilir. Ancak, bu geri alma işlemi için iade yükümlüsünün kendi özel anahtarını kullanarak işlemi gerçekleştirmesi gerekmektedir. Bu tür bir işlemin her durumda mümkün olması garanti edilemez. Bu tür bir işlem yapılmadan önce, akıllı sözleşmenin iptal seçeneğini içerecek şekilde kodlanabileceği ifade edilmektedir. Bu seçenek sunulduğunda, taraflar iptal hakkını blok zincirine yeni bir blok ekleyerek tek taraflı olarak talep edebilirler (Tevetoğlu, 2021).

Akreditif sözleşmesinin temel ilişkiden bağımsızlık ilkesi, belirli durumlarda somut adaleti tehlikeye atabilir. Özellikle hile veya hakkın kötüye kullanımı durumlarında, bankalar lehtara ödeme yapmamayı tercih edebilir. Ancak hangi durumların hile veya hakkın kötüye kullanımı kapsamında değerlendirileceği konusunda genel bir kural koymak, uluslararası ticaretin karmaşıklığı göz önüne alındığında mümkün değildir. Bu nedenle, bankaların, lehtarın dürüstlük kuralını ihlal ettiğini açıkça kanıtlaması gerektiği, kendilerinin yargı mercii olmadığı kabul edilir. Pratikte, bankalar bu tür durumları değerlendirmek için genellikle mahkemeye başvurur.

Akıllı sözleşme işlem öncesi denetimine izin veren genel yetkili bir denetim mekanizması blok zincirinde uygulanabilir. Bu mekanizma, konsorsiyum blok zinciri ağlarının mantığına uygun bir şekilde kurulabilir ve tarafsız ve uzman kişilerden oluşan bir denetim kurulu, akıllı akreditif sözleşmesinin sonucuna karar verebilir. Blok zinciri tabanlı akıllı akreditif modelinde, nesnelerin interneti teknolojileri kullanılarak lehtarın dürüstlük kuralına aykırı bir hareket kolayca tespit edilebilir. Ancak bu tespitin, bankaların sadece belgelerle ilgili olması gereken ilkeyi ihlal etmemesi önemlidir. Aksi halde, akreditifin temel prensiplerine zarar verebilir. Genel yetkili bir kurul blok zinciri üzerindeki sorunları çözmek için oluşturulursa, akreditifin genel ilkelerine uygun kararlar verebilir. Bu sayede, endişeler azalabilir hatta tamamen ortadan kalkabilir. Dönüştürücü bir altyapı olan blok zinciri teknolojisini kullanan paydaşların teknolojiyi tam olarak bilmemesi, ülkeler arasında hukuki uyumsuzlukların varlığı ve farklı kanunlara tabi ülkelerin birlikte hareket edememe sorunları, finansal sistemin farklı yapılar da gelişmiş olması ve standardizasyondaki eksiklikler bu teknolojinin yaygınlaşmasının önündeki ana engeller olarak sayılabilir (Al Amaren ve diğerleri, 2020).

Blok zincirin sınır ötesi ödemeler için kullanılması, blok zincirinde bir alışveriş aracı olarak kullanılan dijital paraların değişken durumu göz önüne alındığında istikrarsızlık risklerini içerir. Buna ek olarak, blok zinciri kullanarak bir sınır ötesi ödeme gerçekleştirmek için internet bağlantısı gerekirken, gelişmekte olan ülkelerde faaliyet gösteren bazı mobil ödeme sistemleri yalnızca bir cep telefonuna ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, bu sürecin maliyetleri azaltıp azaltmadığı ve finansal olarak katkıda bulunup bulunmadığı hâlâ tartışılabilir. Gelişmekte olan ya da az gelişmiş ülkelerdeki alt yapı ve standardizasyon eksiklikleri yeni teknolojilere uyum sağlamada birtakım problemler yaratabilir. Merkez bankaları başta olmak üzere farklı para politikalarının getirdiği mevzuat farklılıkları birlikte hareket etme konusunda engeller çıkartabilmektedir. Tek bir para biriminin ya da dijital varlığın sistemde kabul edilmesi her zaman mümkün olmadığından sistemin tasarımında önemli bir engel teşkil etmektedir. Teknolojinin anlaşılması ve kullanımının yaygınlaşması zaman alacağından bu alandaki gelişmeler yavaş ilerleyebilir. Regülasyonların ticari faaliyet ilişkisinde olan ülkeler arasında uyumlu olmaması sınır ötesi ödemelerde kullanılması planlanan altyapılar önünde engel teşkil edebilir (Blockchain Türkiye Platformu, 2021).

UCP 500 Kuralları'nda akreditifin dönülebilir olmasıyla ilgili bir düzenleme yer alsa da, UCP 600 Kuralları'nda dönülebilir akreditiften bahsedilmemiştir. Aksine, UCP 600'de akreditifin dönülemez olduğu özellikle vurgulanmıştır. Amir bankanın akreditiften dönme beyanı bazı durumlarda kötüye kullanım olarak değerlendirilebilir. Örneğin, mal gönderimini kanıtlayan belgelerin sunulmasından sonra akreditiften dönülmesi, hakların kötüye kullanılması olarak değerlendirilebilir. Benzer şekilde, sunulan belgeler usulüne uygun olsa bile, temel sözleşmeye aykırılık nedeniyle akreditiften dönülmesi de hakların kötüye kullanılması olarak kabul edilir. Akreditif sözleşmesi, temel ilişkiden bağımsız olduğundan, akreditif bankası, amirin böyle bir talepte bulunmaksızın, temel ilişkiye dayanarak dönme beyanında bulunamaz. Akreditiften dönülmesi, sadece akreditif sözleşmesi açısından geçerli olup, dönülmesi, temel sözleşmedeki ödeme tutarının ödenmeyeceği anlamına gelmez. Alıcının temel sözleşmedeki asli borcu, satıcıya yapılacak uygun bir ifa ile sona erer. Bu nedenle, akreditiften dönülmesi durumunda bile satıcı, temel ilişkiye dayanarak alıcıya karşı talepte bulunabilir. UCP 600 Kuralları'na göre, akreditifte değişiklik yapılabilmesi için lehtardan onay alınması gerekmektedir. Değişiklik bildirildikten sonra, banka bu değişiklikten vazgeçemez. Ancak, değişiklik bildiriminin geçerliliği, lehtar tarafından kabul edilmesine bağlıdır. Lehtarın değişikliği kabul ettiğini bildirmesine kadar geçen süre içinde, akreditifin şartları lehtar açısından değişiklik yapılmadan önceki şekliyle yürürlükte kalır. Ancak lehtar, değişikliği kabul ettiğine dair bir bildirimde bulunmaz ve değişikliğe uygun bir belge sunarsa, değişiklik zımni olarak kabul edilmiş sayılır ve akreditif değiştirilmiş olur. Dar anlamda akreditif sözleşmesi, her iki tarafa da borç yükleyen bir anlaşmadır. Lehtar, istediği takdirde akreditifi kullanmayı tercih etmeyebilir. Bu durumda, amir banka lehtara karşı herhangi bir sorumluluk taşımaz. Amir banka, akreditif ilişkisini tek taraflı bir irade beyanıyla sonlandıramaz. UCP 600 kurallarında, akreditifin iptali için amirin onayının alınması zorunlu bir şart olarak belirtilmemiştir (Özkan, 2022).

4.4. Akıllı Sözleşme Modelinde Uyuşmazlıkların Çözümü

Blok zinciri üzerinde gerçekleştirilen işlemlerin temel özelliği, işlemlerin geri alınamaması ve zincire eklenen işlemlerde sonradan herhangi bir değişiklik yapılamamasıdır. Ancak borçlar hukuku açısından, sözleşmelerde çeşitli sebeplerle değişiklik yapılması gerekebilir. Geleneksel akreditifte olduğu gibi, amir banka yetkisini kötüye kullanabilir. Akreditifin iptali veya değişikliği

durumunda Lehtarın onayı gerektiğinden, Lehtarın onayıyla akıllı akreditif sözleşmesi değişiklik ve iptale izin verecek bir mekanizmayla oluşturulabilir. Bu bağlamda, akıllı sözleşmenin programlanmasında, değişiklik yapılma ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Blok zincirinin dezavantajlarından biri olan değiştirilememe özelliğini ortadan kaldırabilir, ancak blok zincirinin temel felsefesine aykırı olduğu şeklinde de eleştirilebilir. Tüm bu durumlar önceden tespit edilip koda işlenemez, bu yüzden akıllı sözleşme kodunun değiştirilememesi sebebiyle tarafların iradelerine aykırı olarak ifanın gerçekleşmeme riski devam eder. Bu durum mahkeme kararıyla çözülebilir, ancak bu durumda yargısal giderler olacağından, akıllı sözleşmelerin sunduğu avantajlardan biri olan giderlerin azaltılması tam anlamıyla sağlanamaz. Sonuçta akıllı sözleşmelerin potansiyel faydalarında sınırlamalara yol açabilir. Blok zinciri teknolojisinden elde edilen faydaların gerçekleştirilebilmesi için çözüm, sistemin içinde uygun bir şekilde tasarlanmalıdır. Blok zincirinde uyuşmazlık çözümü için yetkili bir otorite oluşturulabilir.

Akıllı sözleşmelerin merkezi olmayan doğası nedeniyle bu sözleşmelerden doğan anlaşmazlıkların çözümünde geleneksel uyuşmazlık çözüm yöntemlerinin tarafsız ve adil bir şekilde çözüm sağlayamayacağından yetersiz kalabileceğini düşünülmektedir. Mevcut yöntemler, akıllı sözleşmelerin karmaşık doğası nedeniyle anlaşmazlıkların hızlı ve etkin bir şekilde çözümlenmesini sağlayamamaktadır. Bu nedenle, akıllı sözleşmelerden doğan anlaşmazlıkların çözümünde özel bir uyuşmazlık çözüm mekanizması geliştirilmesi gerektiği ileri sürülmektedir. Özel bir uyuşmazlık çözüm mekanizmasının geliştirilmesinin, bu sözleşmelerin yaygınlaşmasına ve güvenilirliğinin artmasına katkıda bulunacağı savunulmaktadır. Akıllı sözleşmeler merkezi olmayan doğasına uygun olarak merkezi bir otoriteye dayanmamalıdır. Bu mekanizma, tüm tarafların erişimine açık ve şeffaf olmalıdır. Mekanizma, akıllı sözleşmelerin karmaşık doğasına uygun olarak otomatik bir şekilde çalışmalıdır (Özekin, 2020).

Bir diğer konu da kavram ve ilkelerin kodlamaya çevrilmesiyle ilgilidir. Mahkeme, makullük gibi kavramları değerlendirirken zorluklarla karşılaşmaktadır. Makullük kavramının programlama dilinde kodlanması daha da zordur. Sözleşme koşullarında ifade edilen senaryoları koda aktarmak oldukça zordur. Sözleşmede geçen “*Alicının söz konusu LNG’yi kabul etmek için makul çabayı göstermesi gerekir.*” ifadesinin kodlanması belirsizlik açısından tipik bir örnektir. Bağlayıcı olabilmesi için hükümlerde belli düzeyde bir açıklık ve bütünlük mevcut olmalıdır. Ancak akıllı sözleşmeyi kodlamak için kullanılan dil, bilgisayar bilimcisi olmayanlar ve kodlama bilmeyenler

tarafından anlaşılamaz. Bu nedenle, uygulanabilir olması için yasal olarak kesin olması şartına uymamaktadır. Mahkeme akıllı sözleşmenin içeriğini inceleyemez. Bu nedenle yasal bir sözleşmeye dayalı akıllı sözleşme yapılmasına ihtiyaç vardır. Taraflarca normal dilde hazırlanan şartlar daha sonra programlama dilinde kodlanarak akıllı bir sözleşme oluşturulacak ve anlaşmanın kendi kendine yürütülmesine olanak sağlanacaktır. Asıl sözleşme ile akıllı sözleşmenin uyumsuzluğu durumlarında hukuki olarak asıl sözleşme geçerli olacaktır. Ancak önümüzdeki birkaç yıl içinde programlama bilgisine sahip olan bir “*dijital mahkemenin*” ortaya çıkması da şaşırtıcı olmayacaktır. Böyle bir durumda yasal sözleşme olmadan tamamen akıllı bir sözleşme oluşturulması düşünülebilir (Özekin, 2020).

4.5. BP LNG Sözleşmesinin Akıllı Sözleşme Olarak Kodlanması

Geleneksel bir sözleşme genel hükümlerden ve operasyonel maddelerden oluşur. Operasyonel anlambilim, eyleme ve verilere bağlı sonuçları olan senaryoları temsil eden işlemsel maddelerdir. Örneğin; LNG miktarı ile belirlenen tutar üzerinden hesaplanan ödemenin yapılması buna örnek olabilir. Genel hükümler, genel koşul ve ifadelerden oluşur. Sözleşmenin hangi kanunlara göre yapıldığı veya anlaşmazlık durumunda hangi mahkemeye gidileceği bu maddelere örnek olarak verilebilir. Geleneksel bir sözleşmenin akıllı sözleşmeye çevrilebilir kısımları çoğunlukla operasyonel kısımlarıdır. Blok zinciri üzerinde işlemler duruma göre kısmi veya tümüyle yapılabilir. Yani blok zinciri bir işlemin başlangıcından itibaren veya belli bir aşamasında itibaren kullanılabilir. Örneğin, Alıcı ve Satıcı kendi arasında Alım-Satım sözleşmesini bir “*akıllı sözleşme*” şeklinde yaparak blok zinciri üzerinde yürütebilir veya sadece ödeme ve akreditif süreçlerini yürütebilir. Bu tez kapsamında BP LNG sözleşmesinin operasyonel maddeleri akıllı sözleşme olarak kodlanmıştır. Ayrıca akreditif süreçlerine ilişkin blok zinciri üzerinde çalışacak örnek bir kontrat yazılmıştır. Tam ve gerçek zamanlı olarak çalışan bir yazılım geliştirmek için gerekli olan insan ve teknolojik kısıtlardan dolayı canlı sistemin işletilmesi ve kodları bire bir yazmak pek mümkün olmadığı için sözleşmenin ana hatlarını ortaya koyan kodlar yazılmıştır. Akıllı kontrat Solidity programlama dilinde yazılmıştır ve Ethereum Sanal Makinesi (EVM) üzerinde çalışan, otomatik olarak yürütülen dijital bir sözleşmedir. Kodlarının yazılması ve test edilmesi için Visual Studio Code ve Remix IDE kullanılmıştır.

4.5.1. Akıllı Kontrat Üzerinde Onay Bildirimi ve Operasyonel Maddelerin Kodlanması

Aşağıda, BP LNG MSPA'nın 2, 5.1, 5.2, 6, 7, 10, 12, 15, 21. maddelerini içeren bir akıllı kontrat örneği verilmiştir. 2.1 maddesine göre Onay Bildirimi ile yükümlülükler başlar. 2.5'e göre teslimat *EX-SHIP* yöntemi ile yapılacaktır. Onay Bildiriminde LNG miktarı, fiyatı, gemi adı, kapasitesi, bekleme oranı, varış dönemi, izin verilen süre, yükleme limanı, boşaltma limanı, kalite ve teslimat yöntemi tanımlanır.

```
// Onay Bildirimi ile işlemler başlar
function confirmationNotice(uint _quantity, uint _price, string memory
_shipName, uint _capacity, uint _demurrageRate, uint _arrivalPeriod, uint
_allowedLaytime, string memory _loadingPort, string memory _dischargePort, uint
_quality, string memory _deliveryMode) public {
    // LNG miktarını, fiyatını, gemi adı, kapasitesi, demurrage oranını,
    varış dönemini, izin verilen süreyi, yükleme limanını, boşaltma limanını,
    kalitesini, teslimat yöntemini tanımla
    quantity = _quantity;
    price = _price;
    shipName = _shipName;
    capacity = _capacity;
    demurrageRate = _demurrageRate;
    arrivalPeriod = _arrivalPeriod;
    allowedLaytime = _allowedLaytime;
    loadingPort = _loadingPort;
    dischargePort = _dischargePort;
    quality = _quality;
    deliveryMode = _deliveryMode;
    confirmationNoticeDate = block.timestamp;
}
```

Alıcı ve Satıcı tarafın kontrat üzerinde kayıt işlemlerinin yapılması gerekir.

```
// LNG alıcısı veya satıcısı olarak kaydolmak için bir fonksiyon tanımlanır
function register(bool _isBuyer) public {
    // Kaydolanın zaten bir taraf olmaması kontrol edilir
    require(parties[msg.sender].account == address(0), "You are already
registered");
    // Kaydolanın hesap adresini, başlangıç bakiyesi ve rolü belirlenir
    parties[msg.sender].account = msg.sender;
    parties[msg.sender].balance = 0;
    parties[msg.sender].isBuyer = _isBuyer;
}
```

7.7'ye göre satıcı LNG'yi gemi yüklediğinde yükleme limanından hemen ayrılmadan önce, varıştan 7 gün önce, 72,48,24 ve 6 saat önce ve son olarak vardığı anda alıcıya bildirim yapar. 10.1'e göre Satıcı Alıcıya yüklenen LNG'nin hacmi hakkında bildirim yapar.

```
// Herhangi bir bildirim için olay tanımı
event Notified(address indexed party, string eventText, uint eventDate);

function notify(string memory _eventText) public {
    emit Notified(msg.sender, _eventText, block.timestamp);
}
```

5.1'e göre taraflardan biri planlanan teslimata dair sapma olması durumunda bildirim yapar ve teslimat yeniden planlanır.

```
// Teslimat değişikliği işlemleri M.5.1
function rescheduleDelivery(uint _arrivalPeriod, string memory
_dischargePort) public {
    // İşlem yapanın herhangi bir taraf olması gerekir
    require(parties[msg.sender].account != address(0), "You are not a
Party");
    //Başka tarihte başka limanda olabilir bildirim yap.
    arrivalPeriod = _arrivalPeriod;
    dischargePort = _dischargePort;
}
```

15'e göre Alıcı ve Satıcıdan kaynaklanmayan deprem, tsunami, savaş, yangın, sel, patlama, fırtına, epidemi gibi koşullarda bir taraf mücbir hal ilan edebilir ve bunu karşı tarafa bildirir.

```
// Mücbir Sebep işlemleri M.15 ve diğer maddeler
function forceMajeure(uint _arrivalPeriod, string memory _dischargePort)
public {
    //Mücbir sebep durumunda karşı tarafa bildirim yap.
    notify("Contract clauses 15.6 -> Force Majeure notify"); //Mücbir sebep
    arrivalPeriod = _arrivalPeriod; //Mücbir sebepten dolayı yeni tarih veya
liman atanabilir
    dischargePort = _dischargePort;
    //Mücbir sebep tarihinden sonraki 5 gün içinde çözülmezse teslimat iptal
edilebilir.
    if (forceMajeureDate < 5 * 24) {
        notify("Contract clauses 15.9 -> Delivery canceled after 5 days Force
Majeure notify");
    }
}
```

Yükleme sonrasındaki 48 saat içinde Satıcı kaliteye ilişkin bildirim yapar. Boşaltma işleminden sonra 48 saat içinde Alıcı kaliteye ilişkin bildirim yapar.

```
// LNG kalitesinin test edildiğine dair olay
event QualityTested(address indexed party, uint quality);

// LNG'nin kalitesini test etmek için fonksiyon
function testQuality(uint _qualityTestResult) public {
    // Kalite testi yapanın bir parti olduğundan emin olunmalı
    require(parties[msg.sender].account != address(0), "You are not
registered party");
    // Kalite testi yapanın bir expert veya uzman olduğundan emin olunmalı
    require(thirdParties[msg.sender].account != address(0), "Only third
parties can test quality");
    // LNG'nin kalitesinin, teslimat programında belirtilen spesifikasyona
uyduğundan emin olunmalı
    require(quality == _qualityTestResult, "LNG quality does not match
specification");
    // Kalite testi yapıldığını bildir
    emit QualityTested(msg.sender, quality);
}
```

7.17'ye göre hava koşulları ve mücbir sebeplerden ötürü izin verilen bekleme süresi değiştirilebilir. Alıcı ve Satıcı kaynaklı gecikmeye ilişkin demuraj ve kaynama noktası kaybı hesapları yapılır ve faturalandırılır.

```
// İzin verilen bekleme süresi işlemleri M.7.17
function changeAllowedLaytime (uint _allowedLaytime) public {
    //Hava şartları, Mücbir sebep vb durumlarda AllowedLaytime arttırılabilir
    notify("Contract clauses 7.17 -> Allowed Laytime extended notify");
//süre arttırma bildirimi
    allowedLaytime = _allowedLaytime; //bekleme süresi
    uint demurragePayable;
    uint boilOffLoss;
    uint reverseDemurragePayable;
    //Alıcı kaynaklı gecikme varsa
    if (block.timestamp - allowedLaytime > 0) {
        demurragePayable = demurrageRate * (block.timestamp - allowedLaytime)
/ 24 ; //saat cinsinden demuraj hesabı yapılır M.7.18.a
        boilOffLoss = price * (block.timestamp - allowedLaytime) * 15 / 100;
//gün cinsinden kaynama kaybı hesabı yapılır M.7.18.b
    }
}
```

```

        //Satıcı kaynaklı gecikme varsa
        reverseDemurragePayable = (demurrageRate / 24) * ( (block.timestamp -
allowedLaytime) / 24 ); //saat cinsinden demuraj hesabı yapılır M.7.18.a
    }

```

Variş döneminden sonraki 72 saat içerisinde teslimat yapılmalıdır.

```

// LNG teslim edildiğine dair olay
event Delivered(address indexed buyer, uint amount);

// LNG teslimatı
function deliver() public {
    // Teslimat yapanın kontratın sahibi olduğundan emin olunmalı
    require(msg.sender == owner, "Only owner can deliver LNG");
    // Teslimat tarihinin geldiğinden emin olunmalı
    require(block.timestamp >= arrivalPeriod, "Delivery date is not due
yet");
    // Teslimat variş döneminden sonraki 72 saat içinde olmalı
    require(dateDiff(arrivalPeriod, block.timestamp) <= 72, "Delivery date
must be in 72 hours");

    // Tüm partileri döngüye alın
    for (uint i = 0; i < parties.length; i++) {
        // Partinin bir alıcı olduğundan emin olunmalı
        if (parties[i].isBuyer) {
            // Partinin LNG bakiyesini sıfırlayın
            parties[i].balance = 0;
            // Alıcıya LNG teslim edildiğine dair bir olay yayınlayın
            emit Delivered(i, quantity);
        }
    }
    deliveredDate = block.timestamp;
}

```

10.5'e göre taraflardan herhangi birinin isteğine göre kalite, süreç ve dokümanların incelenmesi için Bağımsız Surveyör veya Expert atanabilir. Atanan üçüncü tarafların kararları taraflara bildirilir.

```

// Surveyor ve Expert Atama fonksiyonu
function appointSurveyorExpert(uint _address, bool _isSurveyor) public {
    // Kaydolanın hesap adresini, başlangıç bakiyesini ve rolünü belirleyin
    thirdParties[msg.sender].account = msg.sender;
}

```

```

thirdParties[msg.sender].appointDate = 0;
thirdParties[msg.sender].isSurveyor = _isSurveyor;
}

// Üçüncü tarafın LNG'nin kalitesini test etmek için fonksiyon
function SurveyorOrExpertDecision(uint _qualityTestResult) public {
    // Kalite testi yapan üçüncü taraf mı?
    require(thirdParties[msg.sender].account != address(0), "You are not a
surveyor or expert");
    // Kalite testi yapıldığını bildir
    emit QualityTested(msg.sender, quality);
}

```

5.2'ye göre Alıcı ve 5.6'ya göre Satıcı eksiklikleri ortaya çıkarsa gerekli hesaplamalar yapılır.

```

uint buyerShortfallPayment;
//M.5.2 Alıcı Eksikliği - Buyer Shortfall Payment Kontrol
//Mücbir durum yok satıcı eksikliği yok ve alıcı 72 saat içinde teslim
almıyorsa
    if(lng_contract.forceMajeureState == false &&
lng_contract.sellerShortfallState == false &&
lng_contract.dateDiff(lng_contract.arrivalPeriod, block.timestamp) >= 72) {
        // M.5.3 - M.12.3
        buyerShortfallPayment = lng_contract.quantity * lng_contract.price;
        //ödeme fonksiyonu olacak
        //satıcı CancelDelivery yapabilir.
    }

uint sellerShortfallPayment;
//M.5.6 Satıcı Eksikliği - Seller Shortfall Payment Kontrol
//Mücbir durum yok alıcı eksikliği yok ve satıcı 72 saat içinde teslim
etmiyorsa
    if(lng_contract.forceMajeureState == false &&
lng_contract.buyShortfallState == false &&
lng_contract.dateDiff(lng_contract.arrivalPeriod, block.timestamp) >= 72) {
        // M.5.7
        sellerShortfallPayment = 0.4 * lng_contract.quantity *
lng_contract.price;
        //ödeme fonksiyonu olacak
        //alıcı CancelDelivery yapabilir.
    }
}

```

Gerekli ödeme işlemleri yapılır.

```

// LNG almak veya satmak için fonksiyon
function trade(address receiver, uint _amount) public {
    // Ticaret yapanın bir parti olduğundan emin olunmalı
    require(parties[msg.sender].account != address(0), "You are not
registered");
    // Alıcının bir parti olduğundan emin olunmalı
    require(parties[receiver].account != address(0), "Receiver not
registered");
    // Ticaret miktarının pozitif olduğundan emin olunmalı
    require(_amount > 0, "Amount must be positive");

    if (_amount > parties[msg.sender].balance)
        revert InsufficientBalance({
            requested: _amount,
            available: parties[msg.sender].balance
        });

    // Ticaret yapanın rolüne göre işlem yapılmalı
    if (parties[msg.sender].isBuyer) {
        // Alıcının yeterli ether bakiyesine sahip olduğundan emin olunmalı
        require(msg.value >= _amount * price, "Insufficient ether balance");
        // Alıcının yeterli LNG bakiyesine sahip olmadığından emin olunmalı
        require(parties[msg.sender].balance + _amount <= quantity, "Exceeding
LNG balance");
        // Alıcının LNG bakiyesini artırın
        parties[msg.sender].balance += _amount;
        // Satıcının ether bakiyesini artırın
        payable(owner).transfer(_amount * price); //
msg.sender.transfer(_amount * price);
    } else {
        // Satıcının kontratın sahibi olduğundan emin olunmalı
        require(msg.sender == owner, "Only owner can sell LNG");
        // Satıcının yeterli LNG bakiyesine sahip olduğundan emin olunmalı
        require(parties[msg.sender].balance >= _amount, "Insufficient LNG
balance");
        // Satıcının LNG bakiyesini azaltın
        parties[msg.sender].balance -= _amount;
        // Alıcının LNG bakiyesini artırın
        parties[receiver].balance += _amount;
    }
}

```

M.21'e göre temerrüde düşen taraf varsa ve diğer taraf isterse fesih işlemleri yapılır ve kredi desteği kullanılır.

```

// Fesih işlemleri
function confirmationNoticeTerminate(bool _isBuyer) public {
    // İşlem yapanın herhangi bir taraf olması gerekir
    require(parties[msg.sender].account != address(0), "You are not a
Party");
    //Onay bildirimi sonrası 30 gün içinde temerrüde düşen taraf düşmeyen
tarafa yapar M.21
    //Ödenmesi gereken tutarı Kredi Desteğinden çeker ve fesih yapılır
    notify("Contract clauses 21 -> Terminated");
}

```

Bağımsız Sörveyör ve Uzman'ın kararları sonrası 30 gün içinde gereği yapılmazsa tahkime gidilir.

```

// Üçüncü tarafın LNG'nin kalitesini test etmek için fonksiyon
function SurveyorOrExpertDecision(uint _qualityTestResult) public {
    // Kalite testi yapan üçüncü taraf mı?
    require(thirdParties[msg.sender].account != address(0), "You are not a
surveyor or expert");
    // Kalite testi yapıldığını bildir
    emit QualityTested(msg.sender, quality);
}

// M.24 Tahkime gitmek için fonksiyon
function setArbitration() public {
    // Surveyor veya Uzman kararı sonrası 30 gün geçmeli gereği yapılmazsa
Tahkime gider
    notify("Contract clauses 24 -> Set Arbitration");
}

// M.12.4 Fatura ödemek için fonksiyon
function payInvoice(address from, address to, uint amount) public {
    //Ödeme işlemleri yapılır.
    parties[from].balance = parties[from].balance - amount;
    parties[to].balance = parties[from].balance + amount;
}

```

4.5.2. Akıllı Kontrat Üzerinde Teminat Akreditifi İşlemlerinin Kodlanması

Akreditifin açılması, belgelerin ibrazı, belgelerin incelenmesi ve ödemenin yapılması gibi akreditif süreçleri blok zinciri üzerinde işletilebilir. Akreditif süreçlerinin blok zinciri üzerinde uygulanması için örnek bir senaryo şöyledir:

Bu senaryoda alıcı, satıcı, bankalar ve üçüncü tarafların konsorsiyum blok zinciri üzerinde hazır olduğu “Akıllı Sözleşme” üzerinde tüm yetkilerin verildiği ve tüm tarafların elektronik ortamda entegre olduğu ve işlem yapabildiği, kâğıt belge kullanılmadığı varsayılmıştır.

Alıcı akreditif ile LNG satın almak istemektedir. Bunun için satıcı ile anlaşır ve aralarında Alım-Satış sözleşmesi imzalarlar. Sözleşme ve Onay bildirimine istinaden akreditif açılması için alıcı, amir banka ile anlaşır ve sözleşmeye göre amir banka akreditif açmak için akreditif koşullarının belirtildiği akıllı akreditifi blok zinciri ağı üzerinde tanımlar. Bu akreditifte Lehtar da olduğu için blok zincirine sözleşme yüklendiğinde otomatik olarak Lehtar’a bildirim yapılır. Lehtar’ın onayı da istenebilir veya belli bir süre sonra itiraz edilmezse otomatik olarak akreditif işlemi kabul edilir ve akreditif açılmış olur. Akıllı akreditif sözleşmesinde şu bilgiler bulunur: Alıcı, satıcı, amir banka, muhabir banka, akreditif no, akreditif tarihi, ödeme tutarı, son ödeme tarihi, onay bildirim numarası, onay bildirim tarihi, ana sözleşme tarihi ve gerekli evraklar.

```
// Issuing bank initiated the letter of credit process
event LCIssued(address indexed beneficiary, uint256 amount, string
expiryDate);

function issueLC(address payable _applicant, address payable _beneficiary,
address payable _issuingBank, address payable _advisingBank, uint256
_standbyLetterOfCreditNo, string memory _standbyLetterOfCreditDate, uint256
_amount, string memory _expiryDate, uint256 _confirmationNoticeNo, string memory
_confirmationNoticeDate, string memory _masterAgreementDate, string[] memory
_requiredDocuments) public {
    // Require issuing bank role
    require(msg.sender == issuingBank, "Only issuing bank can issue LC");

    // Set letter of credit details
    applicant = _applicant;
    beneficiary = _beneficiary;
    issuingBank = _issuingBank;
    advisingBank = _advisingBank;
    standbyLetterOfCreditNo = _standbyLetterOfCreditNo;
    standbyLetterOfCreditDate = _standbyLetterOfCreditDate;
```

```

amount = _amount;
expiryDate = _expiryDate;
confirmationNoticeNo = _confirmationNoticeNo;
confirmationNoticeDate = _confirmationNoticeDate;
masterAgreementDate = _masterAgreementDate;
requiredDocuments = _requiredDocuments;

// Require buyer's deposit
applicant.transfer(amount);
state = State.Issued;
emit LCIssued(beneficiary, amount, expiryDate);
}

```

Lehtar ve izin verildiği ölçüde üçüncü taraflar (kalite ve ölçüm, sigorta, taşıma belgeleri vb) dokümanları blok zincirine yükler. Bu evraklar muhabir banka tarafından kontrol edilir ve gerekli görülürse Lehtara haber verilerek eksik belgelerin tekrar yüklenmesi istenebilir. Muhabir banka evrakları kontrol ettikten sonra amir bankanın evrakları incelemesi için amir bankanın kontrolünü bekler. Lehtar isterse doğrudan amir bankanın evrakları incelemesini de isteyebilir.

```

// Seller submitted requested documents
event DocumentsPresented(string[] _documents);

function presentDocuments(string[] memory _documents) public {
    // Require seller role
    require(msg.sender == beneficiary, "Only seller can present documents");
    require(state == State.Issued, "LC not in issued state");

    submittedDocuments = _documents;
    state = State.DocumentsPresented;
    emit DocumentsPresented(_documents);
}

```

Amir banka kendisine sunulan belgeleri 5 işgünü içinde UCP 600 ve ISBP (International Standart Banking Practices)’e göre inceler. Gerekli görürse evrakları alıcı ile paylaşabilir. Amir banka evrakları uygun görürse işlemi onaylar ve ödeme işlemine geçilir uygun görmezse ödemeyi reddeder ve lehtarını bilgilendirir.

```

// Advising bank, issuing bank and applicant checked submitted documents
event DocumentsVerified();

```

```

function verifyDocuments() public {
    // Require seller role
    require(msg.sender == issuingBank, "Only issuing bank can verify documents");
    require(state == State.DocumentsPresented, "Documents not presented");

    if(requiredDocuments == submittedDocuments){
        state = State.DocumentsVerified;
        emit DocumentsVerified();
    } else {
        state = State.DocumentsRejected;
        emit DocumentsVerified();
    }
}

```

Evraklar doğrulandıktan sonra amir banka ödemeyi yapmakla yükümlüdür. Evraklar alıcıya gönderilir ve ödeme lehtara yapılır.

```

// Payment made to seller
event LCPaid(address indexed beneficiary, uint256 amount);

function paySeller() public {
    // Require issuing bank role
    require(msg.sender == issuingBank, "Only issuing bank can pay seller");
    require(state == State.DocumentsVerified, "Documents not verified");

    beneficiary.transfer(amount);
    state = State.Paid;
    emit LCPaid(beneficiary, amount);
}

```

Akreditifte belirlenen vade içinde uygun belgelerin sunulmaması durumunda, bankaların ödeme yükümlülüğü sona erer. Akreditif sözleşmesi iptal edilir.

```

// LC date expired
event LCExpired();

function checkExpireDate() public {
    // Require issuing bank role
    require(msg.sender == issuingBank, "Only issuing bank can check expire date");
    if(now > expiryDate) {

```

```
        state = State.Expired;
    }
    event LCExpired();
    selfdestruct();
}
```

Yukarıda yer alan akreditif kullanım senaryosu bir akreditif için örnek olarak gösterilmiştir. Mevcutta yürütülen uygulamaya çok benzer olarak resmedilmiştir. Bu senaryo, blok zinciri ile bir akreditif işleminin nasıl kullanılabileceğine ilişkin bir fikir vermek amacıyla verilmiştir. Gerçek bir işlemde detaylar çok daha fazla olabilir.

BÖLÜM 5: SONUÇ

Akreditif özellikle uluslararası ticari işlemlerde ödemeyi kolaylaştırmak için yüzyıllardır kullanılmış ve zaman içinde çeşitli değişikliklere uğramıştır. Başlangıçta sadece tacirler arasında satılan malların güvencesi olarak kullanılan akreditif, bankaların dâhil olmasıyla daha da güvenilir hale gelmiştir. Günümüzde, bankaların süreçteki rolü nedeniyle, akreditif ödeme yöntemi uluslararası ticarete en güvenli seçenek olarak kabul edilmekte ve kullanılmaktadır. Ancak, akreditifin genellikle kâğıt tabanlı süreçlere dayalı olması, karmaşık olması, işlemlerin yavaş ve maliyetli olması, diğer ödeme yöntemleriyle karşılaştırıldığında tercih edilmesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, akreditif sürecini hızlandırmak ve maliyetleri düşürmek amacıyla zaman içinde farklı uygulamalar geliştirilmiştir. Örneğin, bankalar arası iletişimde kullanılan SWIFT sisteminin kurulması, belgelerin elektronik ortamda paylaşılmasına olanak tanıyan eUCP kuralları gibi gelişmeler bu amaca hizmet etmektedir. Ancak, günümüzde dahi SWIFT aracılığıyla yapılan ödemeler en az iki üç gün sürebilmektedir. Ayrıca, eUCP hükümleri elektronik olarak sunulan akreditif belgelerinin fiziksel belgeyle aynı hukuki değeri taşıyıp taşımayacağına dair kesin bir kural getirmemiştir. Bu nedenle, elektronik ortamda sunulan akreditif belgesinin kâğıt tabanlı belgeyle hukuki açıdan eşdeğer olup olmadığı, devletlerin iç hukuk kuralları ve uluslararası alanda hala bir belirsizlik olarak varlığını sürdürmektedir. Akreditif genellikle hem alıcıyı hem de satıcıyı koruma, güvenilir bir aracı olma ve resmi belgelerin kullanımı gibi avantajlara sahiptir. Ancak bu tür işlemlerin doğası ve üçüncü tarafların dâhil olması daha fazla evrak işi, verimsizlik, şeffaflık eksikliği, sürecin uzaması, üçüncü tarafa kalıcı bağımlılık ve bilgi sızıntısı ile sonuçlanır. Bunlar yaygın olarak süreçteki önemli verimsizlikler olarak kabul edilir.

Tüm dünyada, blok zinciri teknolojisinin, belge bütünlüğünün sağlanması ve üçüncü taraf olarak herhangi bir aracıya ihtiyaç duymadan, iş süreçlerinde köklü değişiklikler yapabileceğine dair beklentiler oluşmuştur. Özellikle tedarik zinciri iş süreçlerinde önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlanması ve zaman kayıplarını ortadan kaldırması beklenmektedir. Bu nedenle birçok kurum bu konuyla ilgili çalışmalar yapmaktadır. Dış ticaret alanındaki çalışmalar çoğunlukla blok zinciri

tabanlı elektronik konşimento, belge ve akreditif vb ödeme yöntemleri üzerine yoğunlaşmaktadır. LNG ticaretinde sıklıkla kullanılan akreditif sürecinin daha hızlı ve daha ekonomik bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için blok zinciri teknolojisinin kullanılması düşünülmektedir. Bu teknoloji, LNG sözleşmelerinin dijital ortamda gerçekleşmesine olanak sağlayan akıllı sözleşmeleri içerecek şekilde uygulanabilir. Bu tez kapsamında, akreditifin blok zinciri üzerinden akıllı sözleşmeler aracılığıyla nasıl gerçekleştirilebileceği teknik, ekonomik ve kısmen hukuki bir perspektiften ele alınmıştır. Mevcut kurallara göre, akreditif ilişkisinin blok zinciri ve akıllı kontratlar üzerinden ilgili diğer teknolojiler kullanılarak dijital platformda kurulması mümkündür.

Blok zinciri tabanlı sözleşme modeli için konsorsiyum blok zinciri ağı önerilmektedir. Bu ağ yalnızca üyelere açıktır ve sadece ağdaki belirli katılımcıların işlem yapma yetkisine sahiptir. Blok zincirinde işlem yapan tarafların kimliği, genel ve özel anahtarlarla doğrulandığı için, taraflar arasında güvenilir bir bağlantı kurulabilir. Ağdaki diğer kişiler izin verildikçe yalnızca yapılan işlemleri izleyebilir. Bu nedenle, konsorsiyum blok zinciri ağlarında, halka açık blok zinciri ağlarında olduğu gibi denetim problemleri yaşanmaz. Bu özellikler göz önüne alındığında, konsorsiyum blok zinciri ağlarının, aynı sektörde faaliyet gösteren aktörler arasında işbirliği sağlamak için ideal bir ağ olduğu sonucuna varılmaktadır. Önerilen model, fiziki modeldeki yapı incelenerek dijital olarak resmedilmiştir. Bir LNG sözleşmesinin anlaşma, takip, belge ibrazı, belgelerin incelenmesi ve ödemeye ilişkin operasyon işlemleri adım adım gösterilmiştir. Ticaretin tarafları olan lehtar, amir ve bankalar modelde üye olarak kabul edilir. Ayrıca, sigorta şirketleri, kalite kontrol kuruluşları ve süreçle ilgili üçüncü taraflar blok zincire dâhil edilebilir. Üçüncü tarafların blok zincirine eklenmesiyle belgelerin doğruluğu sağlanabilir. Yani, blok zincirine sahte veri eklenmesi önlenmiş olur. Bu durumda, görünüşte uygun olan bir belgenin aslında gerçeğe uygun olmadığı bir durumda, amirin ve amir bankanın üstlendiği risk azaltılabilir. Ancak model, sahte belge ibrazını tamamen ortadan kaldırmak için kesin bir çözüm sunamaz. Blok zinciri teknolojisinin sağladığı güvenlik, zincire eklenen verilerin sonradan değiştirilememesi ilkesine dayanır. Sahteciliği önlemek için model içinde başka çözüm yolları önerilebilir. Örneğin, yetkilendirilmiş bir denetim mekanizması oluşturulabilir. Bu mekanizma, sahte belgelerin zincire eklenmesini önlemek için çeşitli önlemler alabilir. Ayrıca, denetim mekanizmasının yetkileri sadece belgelerin sahteliğiyle sınırlı olmayıp modelde ortaya çıkan diğer uyuşmazlıklara karar verebilmesi için de yetkilendirilebilir. Bu bağlamda, blok zinciri içinde dijital tahkim benzeri bir uyuşmazlık çözüm mekanizması kurulabilir. Konsorsiyum blok zincirinde, verilere erişim

yetkileri taraflara göre belirlendiği için ticari sırlar veya bankacılık alanındaki hassas verilere yetkisiz kişilerin erişimi gibi risklerin gerçekleşme ihtimali çok düşüktür. Böylece, verilerin güvenliği ve doğruluğu daha iyi şekilde sağlanabilir. Blok zinciri tabanlı modelde belge inceleme aşamasını daha etkin hale getirmek için, IoT cihazlarından faydalanılabilir. Bu cihazlar sayesinde çeşitli veriler blok zincire aktarılabilir. Özellikle son teknoloji ürünlerinin modele eklenmesi, sürecin daha verimli ve şeffaf bir şekilde işlemesine olanak tanır. Böylece, akreditif sürecindeki güvenilirlik ve verimlilik artırılabilir.

Blok zinciri ve akıllı sözleşmelerin getirdiği avantajlara rağmen, sıkça eleştirilen bir konu, bir kez blok zincirine eklenen akıllı sözleşmelerin değiştirilmesinin oldukça zor olmasıdır. Blok zinciri tabanlı modelde sözleşmeler, genelde değiştirilemez olarak kabul edilir. Ancak bazı durumlarda akreditifte değişiklik yapma ihtiyacı ortaya çıkabilir. Geleneksel sözleşme ilişkilerinin akıllı sözleşme teknolojisine taşınabilmesi için, her şeyden önce blok zinciri katılımcıları ile düzenleyici kurumlar arasında yatay ve dikey ilişkilerin kurulmasına ve kolektif bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Aynı şekilde, belge inceleme sürecinin akıllı sözleşme tarafından otomatik olarak gerçekleştirildiği senaryoda, belgedeki küçük hatalar nedeniyle belgenin kabul edilmemesi ve icranın gerçekleşmemesi riski bulunabilir. Bu durumda, belge inceleme esnasında bankalara tanınan esneklik, modelde önemli ölçüde azalabilir. Ancak, akıllı sözleşmelerin değişikliğe kapalı olması sebebiyle karşılaşılabilecek sorunlar, blok zincirinin tasarımı ile çözülebilir. Akıllı sözleşme, sona erdirme veya düzeltme fonksiyonlarına izin verecek şekilde programlanabilir. Bu sayede, belirli durumlar için esneklik sağlanabilir ve gerektiğinde akreditifte değişiklikler gerçekleştirilebilir.

Akreditif sürecindeki bürokrasinin azaltılması, kâğıt tabanlı işlemlerin dijitalleştirilmesiyle zaman ve maliyet tasarrufu sağlayarak gerçekleştirilmeye çalışılan bir hedeftir. Akıllı sözleşmelerin geniş kullanım alanları ve teknik açıdan taşıdığı potansiyele rağmen, birçok soruna hukuki olarak henüz cevap verecek mahiyette olmadığı görülmektedir. Blok zinciri tabanlı model teknik açıdan geliştirilse bile bu teknolojinin hukuki altyapısı henüz tam olarak oluşturulmamıştır. Akreditif, belgeye dayalı bir ödeme yöntemi olduğundan, lehtar tarafından doğru şekilde hazırlanan belgelerin ibrazı oldukça önemlidir. Geleneksel yöntemlerde belge ibrazı fiziksel olarak gerçekleşir ve bu süreç bankaları da içerir. Ticari belgelerin kayıt altına alınması, uluslararası ticarete yaşanan sorunların aşılmasında bir çözüm olarak önerilmiştir, ancak dijital ortamda düzenlenen belgelerin, kâğıt tabanlı belgelerle eşdeğer olduğunu kesin bir şekilde belirten bir

hukuki hüküm yoktur. eUCP kapsamında belgelerin dijital ortamda aktarılabilmesi kabul edilmiş olsa da, akreditif belgelerinin dijital olarak geçerliliği, mevcut hukuk kuralları doğrultusunda değerlendirilmelidir. Eğer mevcut kurallar yetersiz ise, devletlerin iç hukuk kurallarında bu konuda yeni düzenlemeler yaparak dijital belgelerin geçerliliğini sağlamaları gerekebilir. Özellikle dijitalleştirilmiş akreditif belgelerinin geleneksel belgelerle eşdeğer olduğunu yasal olarak düzenlemek gerekmektedir. Aksi halde, blok zinciri uygulamalarının finans sektöründe yaygınlaşması ve güçlü finans kuruluşlarının projelerinin ötesine geçmesi zor olabilir. Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşme modelinde beklenen faydanın sağlanabilmesi için özellikle hukuken ihtilaflı konularda yasal düzenlemeler yapılması gerekmektedir. Gelecekte ortaya çıkabilecek yeni teknolojik gelişmelere de uygun bir hukuki zemin oluşturmak önemlidir. Teknolojinin önlenemez ve aynı zamanda kontrolsüz büyümesi, blok zinciri teknolojisi başta olmak üzere akıllı sözleşmelerin önünü açacak ve geleneksel sözleşme ilişkilerinin de bu teknolojide kurulabilmesini sağlayacak düzenlemelere ihtiyaç olacaktır. Ancak, sürekli değişen ve gelişen teknolojiye uygun kesin ve açık kurallar oluşturmak her zaman kolay değildir. Sonuç olarak, blok zinciri tabanlı akıllı sözleşme modeli, LNG ticaretinde sıklıkla kullanılan akreditif sürecini daha hızlı, daha kolay ve daha güvenli hale getirme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler, akreditif sürecindeki belgesel uyum adımını kolaylaştırmaya yardımcı olur. Ayrıca, amir ve lehtarın, sevkiyat süreci boyunca mallar hakkında bilinçli kararlar almasına olanak tanır. Bankaların bir akreditifteki ana sorumluluğunun yerini alamamasına rağmen ödeme işlemi ve taraflar arasında aracılık işlemlerinin şeffaf, hızlı ve esnek olmasını sağlar. LNG ticaretinde tarafların akreditif istemesinin temel nedeninin güven eksikliği olduğunu düşünürsek, sektörün mümkün olan en az insan katılımıyla gerçek anlamda otomatize edilmiş dijital bir sisteme geçmesini sağlar. Ancak, mevcut çerçevede teknik, ekonomik ve yasal altyapı bütünlüğü sağlanmalıdır. Bu nedenle, bu alandaki gelişmelerin desteklenmesi ve gerekli adımların hızla atılması çok önemlidir.

KAYNAKÇA

- 2012 LNG Master Sale and Purchase Agreement Published - AIEN formerly AIPN*. (2012, Temmuz 7). Ocak 9, 2024 tarihinde Association of International Petroleum Negotiators: https://www.aien.org/aipn_news/2012-lng-master-sale-and-purchase-agreement-published/ adresinden alındı
- (2022). *2022 Yılı Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu*. Ankara: EPDK. Kasım 11, 2023 tarihinde <https://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=J3PMRLrxosE=> adresinden alındı
- (2023). *2023 Statistical Review of World Energy*. Energy Institute. Ocak 9, 2024 tarihinde <https://www.energyinst.org/statistical-review> adresinden alındı
- (2023). *2023 World LNG Report*. International Gas Union. <https://www.igu.org/resources/lng2023-world-lng-report/> adresinden alındı
- Adıgüzel, İ. B. (2019). Bir ödeme metodu olarak akreditif ve UCP 600. Yüksek Lisans Tezi.
- Agibalova, E., Ilovaysky, I., Kayl, Y., & Usanova, V. (2020). Use of Letter of Credit Form of Payment in the Implementation of Smart Contracts and Blockchain Technology. *Scientific and Technical Revolution: Yesterday, Today and Tomorrow* (s. 160-170). içinde
- (2021). *Akıllı Sözleşme Raporu*. İstanbul: Blockchain Türkiye Platformu.
- Al Amaren, E., Ismail, C., & Nor, M. (2020). The Blockchain Revolution: A Game-Changing in Letter of Credit (L/C)? *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(03), 6052-6058.
- Alhattab, M. O. (2018). *Dış ticaret ödeme riski yönetiminde banka ödeme yükümlülüğü üzerine bir inceleme*. Yüksek Lisans Tezi.
- Alkan, M. B. (2019). LNG'nin Türkiye doğalgaz arz güvenliğindeki önemi. Yüksek Lisans Tezi.
- Belu, M. G. (2019). Application of Blockchain in International Trade: An Overview. *The Romanian Economic Journal*.
- Benefits of LNG*. (2023, Şubat 20). GIIGNL: <https://giignl.org/benefits-of-lng-2> adresinden alındı
- Bhat, A., Nor, R. M., & Amiruzzaman, M. (2021). Blockchain Letter of Credit: A Transaction-Level Analysis. *Journal of Engineering Science and Technology*, 120-136.
- Blockchain applications in energy trading (2016)*. (2023, Mayıs 11). Deloitte: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-blockchain-applications-in-energy-trading.pdf> adresinden alındı
- Blum, A. (2019). Blockchain and Trade Finance: A Smart Contract-Based Solution. Master Thesis.

- Boztürk, M. (2007). Uluslararası ticarete ödeme şekilleri ve Türk bankacılık sisteminde akreditif uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi.
- (2022). *bp Energy Outlook 2022 edition*. London: BP. Aralık 31, 2022 tarihinde <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2022.pdf> adresinden alındı
- BP master ex-ship LNG sale and purchase agreement 2019 edition (PDF version)*. (2023, Mayıs 15). BP: [https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/bp-trading-and-shipping/documents/bp-master-ex-ship-lng-sale-and-purchase-agreement-2019-edition%20\(3\)%202.pdf](https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/bp-trading-and-shipping/documents/bp-master-ex-ship-lng-sale-and-purchase-agreement-2019-edition%20(3)%202.pdf) adresinden alındı
- BP publishes LNG contract templates to push industry standardisation*. (2019, Ağustos 16). Nisan 10, 2023 tarihinde Reuters: <https://www.reuters.com/article/us-asia-lng-contracts-idUSKCN1V50ZA> adresinden alındı
- Brownworth, A. (2024, Ocak 7). *Blockchain Demo*. AndersBrownworth.com: <https://andersbrownworth.com/blockchain/blockchain> adresinden alındı
- Buterin, V. (2014). A next-generation smart contract and decentralized application platform. *white paper*, 3(37), 2-1.
- Chang, S., Luo, H., & Chen, Y. (2019). Blockchain-Enabled Trade Finance Innovation: A Potential Paradigm Shift on Using Letter of Credit. *Sustainability*, 12(1), 188.
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292-2303.
- Civelek, M., & Özalp, A. (2018). Blockchain Technology and Final Challenge for Paperless Foreign Trade. *Eurasian Academy of Sciences Eurasian Business & Economics Journal*, 15, 1-8.
- Çebi, H. (2022). Akreditif. Yüksek Lisans Tezi.
- Çubukçu, D. B. (2020). Teknik ve hukuki yönleriyle akıllı sözleşmeler. Yüksek Lisans Tezi.
- Delioğlu, S. (2023). Akıllı sözleşmeler. Yüksek Lisans Tezi.
- DNG Energy, Energising a Brighter Future Today*. (2022, Kasım 9). DNG Energy: <https://dng.energy/> adresinden alındı
- Doğal Gaz*. (2023, Haziran 19). Mayıs 5, 2023 tarihinde T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-dogalgaz> adresinden alındı
- Doymuş, M. (2021). Küçük ölçekli sıvılaştırılmış doğalgaz tedarik zinciri: Türkiye için sıvılaştırılmış doğalgaz yakıt ikmal modeli. Doktora Tezi.
- Dört Yol FSRU Terminali*. (2024, Ocak 10). BOTAŞ - Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi: <https://www.botas.gov.tr/Sayfa/dortyol-fsru-terminali/699> adresinden alındı

- Dyble, J. (2020, Mayıs 17). *PIL, PSA and IBM to collaborate on innovative blockchain technology*. Mart 17, 2023 tarihinde Supply Chain Digital: <https://supplychaindigital.com/technology/pil-psa-and-ibm-collaborate-innovative-blockchain-technology> adresinden alındı
- Eenmaa-Dimitrieva, H., & Schmidt-Kessen, M. (2018). Creating markets in no-trust environments: The law and economics of smart contracts. *Computer Law & Security Review*, 35(1), 69-88.
- eUCP Version 2.1 – ICC Uniform Customs and Practice for Documentary Credits*. (2023, Haziran 29). ICC: <https://iccwbo.org/news-publications/policies-reports/eucp-version-2-1-icc-uniform-customs-and-practice-for-documentary-credits/> adresinden alındı
- Evagora, K., Farrell, E., & Rutkowski, B. (2023, Nisan 5). *LNG trading: the case for a standard form contract*. Reed Smith LLP: <https://www.reedsmith.com/en/perspectives/2023/10/lng-trading-the-case-for-a-standard-form-contract> adresinden alındı
- Fridgen, G., Radszuwill, S., Schweizer, A., & Urbach, N. (2021). Blockchain won't Kill The Banks: Why Disintermediation Doesn't Work in International Trade Finance. *Communications of the Association for Information Systems*, 49.
- Giancaspro, M. (2017). Is a 'smart contract' really a smart idea? Insights from a legal perspective. *Computer Law & Security Review*, 33(6).
- Golosova, J., & Romanovs, A. (2018). The Advantages and Disadvantages of the Blockchain Technology. *2018 IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE)*. Vilnius, Lithuania: IEEE.
- Horsfield, N. (2023, Nisan 5). *The LNG MSPA – An Introduction*. Mercatis Law: <https://mercatis.law/2019/02/01/the-lng-mspa-an-introduction/> adresinden alındı
- HSBC, blockchain ile akreditif işlemi gerçekleştirdi*. (2023, Kasım 20). Blockchain Türkiye Platformu: <https://bctr.org/hsbc-blockchain-ile-akreditasyon-islemi-gerceklestirdi-10345/> adresinden alındı
- Huseynli, N. (2023). Temel blokzincir teknolojileri. Yüksek Lisans Tezi.
- IBM Blockchain*. (2023, Mart 12). IBM: <https://www.ibm.com/blockchain> adresinden alındı
- Irmak, E. (2023). Uluslararası Ticarete Kullanılan Akreditif Ödeme Yönteminde Blok Zinciri Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 11(2), 87-102.
- İş Bankası'ndan blockchain teknolojisi ile dış ticarete bir ilk daha*. (2021, Mayıs 27). Kasım 29, 2023 tarihinde İş Bankası: <https://www.isbank.com.tr/bankamizi-taniyin/is-bankasindan-blockchain-teknolojisi-ile-dis-ticarete-bir-ilk-daha> adresinden alındı
- Karabay, U. (2015). İstanbul Boğazı'nda Q-Max sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) tanker kazalarının risk analizi. Yüksek Lisans Tezi.

- Kel, H. A. (2020). Milletlerarası Ticarete Akıllı Sözleşmelerin. *Maltepe Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*(2), 653-669.
- Khalil, M., Kerbache, L., & El Omri, A. (2021). Digitizing Trade Finance Using Blockchain Technology Illustration of Letter of Credit Process. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Rome, Italy.
- Kınacı, M. (2019). Blockchain teknolojisi ve akıllı sözleşmelerin yaygınlaşmasının önündeki engeller. Yüksek Lisans Tezi.
- Kowalski, M., Lee, Z., & Chan, T. (2021). Blockchain Technology and Trust Relationships in Trade Finance. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120641.
- Larson, D. A. (2018). Mitigating Risky Business: Modernizing Letters of Credit with Blockchain, Smart Contracts, and the Internet of Things. *Michigan State Law Review*, 930-983.
- Liquid Natural Gas (LNG) Value Chain*. (2022, Aralık 11). U.S. Department of Energy: https://www.energy.gov/sites/default/files/2020/10/f79/LNG%20Value%20Chain%20Fact%20Sheet_1.pdf adresinden alındı
- LNG master sales and purchase agreement*. (2023, Mayıs 15). BP: <https://www.bp.com/en/global/bp-trading-and-shipping/documents-and-downloads/technical-downloads/lng-master-sales-and-purchase-agreement.html> adresinden alındı
- Lu, H., Huang, K., Azimi, M., & Guo, L. (2019). Blockchain Technology in the Oil and Gas Industry: A Review of Applications, Opportunities, Challenges, and Risks. *IEEE Access*, 7, 41426-41444.
- Maalouf, R. (2018). The essential evolution of LNG trading—moving to GTCs. *The Journal of World Energy Law & Business*, 11(5), 410-426.
- Marco Polo Network*. (2024, Ocak 14). Marco Polo Network: <https://www.marcopolonetwork.com> adresinden alındı
- Master Ex-Ship LNG Sales Agreement*. (2023, Nisan 20). GIIGNL: https://giignl.org/wp-content/uploads/2021/08/111231giignl_des_msa2011_final_.pdf adresinden alındı
- Michail, N., & Melas, K. (2022). Geopolitical Risk and the LNG-LPG Trade. *Peace Economics, Peace Science and Public Policy*, 28(3).
- Michail, N., & Melas, K. (2022). Geopolitical Risk and the LNG-LPG Trade. *Peace Economics, Peace Science and Public Policy*, 28(3), 243–265.
- mucaN, X. (2024, Ocak 14). *Binance Smart Chain (BSC) Explained For Beginners*. Binance: <https://www.binance.com/en/square/post/448884> adresinden alındı
- Nakamoto, S. (2023, Mart 12). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Bitcoin - Open source P2P money: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> adresinden alındı

- Open Trade Blockchain (OTB*. (2023, Mart 12). Global eTrade Services:
<https://globletrade.services/products/open-trade-blockchain-otb> adresinden alındı
- (2017). *Overview of blockchain for energy and commodity trading*. Ernst & Young LLP. Mart 5, 2023 tarihinde <https://www.smartenergyportal.ch/wp-content/uploads/2020/03/ey-overview-of-blockchain-for-energy-and-commodity-trading.pdf> adresinden alındı
- Ödemelerde Kripto Varlıkların Kullanımamasına Dair Yönetmelik. (2021, Nisan 16). Resmi Gazete (Sayı: 31456). Kasım 29, 2023 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/04/20210416-4.htm> adresinden alındı
- Özekin, O. B. (2020). Akıllı Sözleşmelerden Doğan Anlaşmazlıklarda Kullanılan Uyuşmazlık Çözüm Yöntemleri Üzerine Bir Eleştiri. *Uluslararası İlişkiler ve Diplomasi Dergisi*, 3(2), 35-54.
- Özkan, Z. (2022). Akreditifte blokzinciri ve akıllı sözleşmelerin uygulanabilirliğinin hukuki açıdan değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi.
- Payne, J. (2018, Eylül 19). *Banks, traders launch first commodities blockchain platform*. Mart 7, 2023 tarihinde Reuters: <https://www.reuters.com/article/blockchain-commodities-idUSL8N1W541L/> adresinden alındı
- Remix - Ethereum IDE*. (2024, Ocak 1). Remix - Ethereum IDE:
<https://remix.ethereum.org/#lang=en&optimize=false&runs=200&evmVersion=null> adresinden alındı
- Ritchie, H., & Rosado, P. (2017). Fossil Fuels. *Our World in Data*. Ocak 10, 2024 tarihinde <https://ourworldindata.org/fossil-fuels#global-fossil-fuel-consumption> adresinden alındı
- Ruslan, Z. (2022). Blockchain Letter Of Credit: A Systematic Literature Review. 11(2).
- Sananes, G. (2019). Implementation of smart contract in the Liquefied Natural Gas trade. Published Thesis: Haute école de gestion de Genève (HEG-GE) International Business Management.
- Saraç, S. (2014). Akreditifin hukuki niteliği. Yüksek Lisans Tezi.
- Sırabidze, T. (2021). INCOTERMS 2020 ışığında geçmişten günümüze INCOTERMS. Yüksek Lisans Tezi.
- Standard FOB LNG MSA (2019) - BP published (without US language)*. (2023, Mayıs 15). BP:
[https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/bp-trading-and-shipping/documents/pdf-fob-lng-msa-bp-standard%20\(1\)%202.pdf](https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/bp-trading-and-shipping/documents/pdf-fob-lng-msa-bp-standard%20(1)%202.pdf) adresinden alındı
- (2022). *Statistical Review of World Energy 2022*. London: BP. Aralık 31, 2022 tarihinde <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf> adresinden alındı

- Szabo, N. (1994). *Smart Contracts*.
https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOT_winterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html adresinden alındı
- Şafak, E. (2010). Teminat mektubu ve teminat akreditiflerinin Uluslararası Ticaret Hukuku açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi.
- Şirinpınar, A. (2012). Dış ticarete akreditif işlemlerinde operasyonel risklerin önlenmesi. Yüksek Lisans Tezi.
- Takahashi, K. (2018). Blockchain technology for letters of credit and escrow arrangements. *Banking Law Journal*, 135(2), 89–103.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3566840 adresinden alındı
- Tanrıverdi, M., Uysal, M., & Üstündağ, M. T. (2019). Blokzinciri Teknolojisi Nedir ? Ne Değildir ?: Alanyazın İncelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(3), 203-217.
- Temizer, M. (2020, Haziran 26). *Share of LNG in global gas trade rapidly increases*. Şubat 10, 2023 tarihinde Anadolu Ajansı: <https://www.aa.com.tr/en/energy/general/share-of-lng-in-global-gas-trade-rapidly-increases/29695#> adresinden alındı
- Tevetoğlu, M. (2021). Ethereum ve Akıllı Sözleşmeler. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 12(1), 193-208.
- (2023). *The LNG industry GIIGNL Annual Report*. GIIGNL. <https://giignl.org/wp-content/uploads/2023/07/GIIGNL-2023-Annual-Report-July20.pdf> adresinden alındı
- Toorajipour, R., Oghazi, P., Sohrabpour, V., Patel, P., & Mostaghel , R. (2022). Block By Block: A Blockchain-Based Peer-To-Peer Business Transaction for International Trade. *Technological Forecasting and Social Change*, 180(3), 121714.
- Topal, G. (2021). Uluslararası ticarete ödeme aracı olan akreditif ve banka uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi.
- Trafigura Master Sales and Purchase Agreement (MSPA)*. (2023, Mayıs 15). Trafigura: <https://www.trafigura.com/.../trafigura-master-lng-sale-and-purchaseagreement.pdf> adresinden alındı
- Trafigura presents standard master sales and purchase agreement (MSPA) for the LNG industry during Gastech*. (2023, Mayıs 15). Trafigura: <https://www.trafigura.com/news-and-insights/press-releases/2017/trafigura-presents-standard-master-sales-and-purchase-agreement-mspa-for-the-lng-industry-during-gastech/> adresinden alındı
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi - Blokzincir Sözlüğü*. (2023, Eylül 10). Cumhurbaşkanlığı Dijital, Dijital Dönüşüm Ofisi: <https://cbddo.gov.tr/sss/blokzincir-sozlugu/> adresinden alındı
- Uysal, F., Ahmadişeykhsarmast, S., & Sonmez, R. (2022). A Smart Contract Framework as an Alternative Method for Letter of Credit Use in Construction Procurement. *The Twelfth*

- International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-12)*. Amman, Jordan.
- Uzun, N. Ş. (2022). Akreditifte Bankanın Hukuki Sorumluluğu. Doktora Tezi.
- (2021). *Ülkemizde Blokzincirin Uluslararası Ticarete Kullanımına Yönelik Çalışma Raporu ve Politika Önerileri*. İstanbul: Blockchain Türkiye Platformu.
- Ünal, G., & Uluyol, Ç. (2020). Blok Zinciri Teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(2), 167-175.
- Viriyasitavat, W., & Hoonsopon, D. (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration*, 13, 32-39.
- Vurdu, S. A. (2021). Dış Ticarete Blokzincir Uygulamaları. *Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(9), 924-936.
- We Trade. (2024, Ocak 11). We Trade: <https://wetrade.com> adresinden alındı
- We.trade Innovation. (2024, Ocak 11). IBM: <https://www.ibm.com/case-studies/wetrade-blockchain-fintech-trade-finance> adresinden alındı
- World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2023*. (2023, Ocak 10). Yearbook Enerdata: <https://yearbook.enerdata.net/natural-gas/world-natural-gas-production-statistics.html> adresinden alındı
- (2023). *World Energy Outlook 2023*. International Energy Agency.
- World Energy Statistics*. (2023, Ocak 10). Yearbook Enerdata: <https://yearbook.enerdata.net> adresinden alındı
- World LNG Maps*. (2023, Nisan 29). GIIGNL: https://giignl.org/wp-content/uploads/2021/11/world_lng_maps.pdf adresinden alındı
- Xinyi, Y., Yi, Z., & He, Y. (2018). Technical Characteristics and Model of Blockchain. *2018 10th International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN)*. Chengdu, China: IEEE.
- Yildiz, B. (2019). *Dijital Dönüşüm Sürecinde Blok Zinciri Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler*. İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Yılmazcan, A. (2016). UCP 600 kuralları çerçevesinde akreditifin işleyişi. Yüksek Lisans Tezi.
- 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)*. Honolulu, HI, USA: IEEE.

EKLER

EK A. Onay Bildirimi ve Sözleşme Kodları

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.7;

/// @title A simulator for LNG Trading
/// @author Abdullah ÇETİNKAYA
/// @notice You can use this contract for only the most basic simulation
/// @dev All function calls are currently implemented without side effects
/// @custom:experimental This is an experimental contract.

// Akıllı kontratın adı
contract BP_LNG_MSPA {

    // Kontratın sahibi
    address public owner;

    // LNG alıcılarını ve satıcılarını tutan yapı
    struct Party {
        address account; // hesap adresi
        uint balance; // LNG bakiyesi
        bool isBuyer; // alıcı mı satıcı mı?
    }

    struct SurveyorExpert {
        address account; // hesap adresi
        uint appointDate; // atama tarihi
        bool isSurveyor; // Surveyor mu Expert mi?
    }

    // LNG alıcılarını ve satıcılarını tutan mapping
    mapping (address => Party) public parties;
    mapping (address => SurveyorExpert) public thirdParties;

    // LNG Quantity (MMBtu)
    uint public quantity;
    // LNG Price (wei)
    uint public price;
    // LNG Ship Name
    string public shipName;
    // LNG Capacity
    uint public capacity;
    // LNG'nin demurrage oranı (wei)
    uint public demurrageRate;
```

```

// LNG teslimat tarihi (date)
uint public arrivalPeriod;
// LNG' boşaltılması izin verilen süre (hours)
uint public allowedLaytime;
// LNG'nin yükleme limanı
string public loadingPort;
// LNG'nin boşaltma limanı
string public dischargePort;
// LNG kalitesi (methane percentage)
uint public quality;
// LNG'nin teslimat şekli (DES veya FOB)
string public deliveryMode;
// LNG onay bildirim tarihi (date)
uint public confirmationNoticeDate;

//Teslim edilmeden veya tahliye olmadan kalitede sorun olduğuna dair bildirim
yapılmış mı?
bool public qualitySpecificationsNotComplyState;
//Kalitede sorun olduğuna dair bildirim tarihi
uint public qualitySpecificationsNotComplyDate;
//Kaliteye uymadığı halde alıcı malı almak istiyor mu?
bool public agreeQualitySpecification;
//Mücbir sebep var mı?
bool public forceMajeureState;
//Mücbir sebep olduğuna dair bildirim tarihi
uint public forceMajeureDate;
//Alıcı Eksikliği var mı?
bool public buyerShortfallState;
//Satıcı Eksikliği var mı?
bool public sellerShortfallState;
//Teslimatın yapıldı tarih
uint public deliveredDate;

// Kontrat oluşturulduğunda çalışacak yapıcı fonksiyon
constructor() {
    // Kontratı oluşturanı sahip olarak ata
    owner = msg.sender;
    qualitySpecificationsNotComplyState = false;
    agreeQualitySpecification = false;
    forceMajeureState = false;
    buyerShortfallState = false;
    sellerShortfallState = false;
}

// Herhangi bir bildirim için olay tanımı

```

```

event Notified(address indexed party, string eventText, uint eventDate);

function notify(string memory _eventText) public {
    emit Notified(msg.sender, _eventText, block.timestamp);
}

// Onay Bildirimi ile işlemler başlar
function confirmationNotice(uint _quantity, uint _price, string memory
_shipName, uint _capacity, uint _demurrageRate, uint _arrivalPeriod, uint
_allowedLaytime, string memory _loadingPort, string memory _dischargePort, uint
_quality, string memory _deliveryMode) public {
    // LNG miktarını, fiyatını, gemi adı, kapasitesi, demurrage oranını,
    varış dönemini, izin verilen süreyi, yükleme limanını, boşaltma limanını,
    kalitesini, teslimat yöntemini tanımla
    quantity = _quantity;
    price = _price;
    shipName = _shipName;
    capacity = _capacity;
    demurrageRate = _demurrageRate;
    arrivalPeriod = _arrivalPeriod;
    allowedLaytime = _allowedLaytime;
    loadingPort = _loadingPort;
    dischargePort = _dischargePort;
    quality = _quality;
    deliveryMode = _deliveryMode;
    confirmationNoticeDate = block.timestamp;
}

// Fesih işlemleri
function confirmationNoticeTerminate(bool _isBuyer) public {
    // İşlem yapanın herhangi bir taraf olması gerekir
    require(parties[msg.sender].account != address(0), "You are not a
Party");
    //Onay bildirimi sonrası 30 gün içinde temerrüde düşen taraf düşmeyen
    tarafa yapar M.21
    //Ödenmesi gereken tutarı Kredi Desteğinden çeker ve fesih yapılır
    notify("Contract clauses 21 -> Terminated");
}

// Teslimat değişikliği işlemleri M.5.1
function rescheduleDelivery(uint _arrivalPeriod, string memory
_dischargePort) public {
    // İşlem yapanın herhangi bir taraf olması gerekir
    require(parties[msg.sender].account != address(0), "You are not a
Party");

```

```

        //Başka tarihte başka limanda olabilir bildirim yap.
        arrivalPeriod = _arrivalPeriod;
        dischargePort = _dischargePort;
    }

    // Mücbir Sebep işlemleri M.15 ve diğer maddeler
    function forceMajeure(uint _arrivalPeriod, string memory _dischargePort)
    public {
        //Mücbir sebep durumunda karşı tarafa bildirim yap.
        notify("Contract clauses 15.6 -> Force Majeure notify"); //Mücbir sebep
        bildirimi
        arrivalPeriod = _arrivalPeriod; //Mücbir sebepten dolayı yeni tarih veya
        liman atanabilir
        dischargePort = _dischargePort;
        //Mücbir sebep tarihinden sonraki 5 gün içinde çözülmezse teslimat iptal
        edilebilir.
        if (forceMajeureDate < 5 * 24) {
            notify("Contract clauses 15.9 -> Delivery canceled after 5 days Force
            Majeure notify");
        }
    }

    // İzin verilen bekleme süresi işlemleri M.7.17
    function changeAllowedLaytime (uint _allowedLaytime) public {
        //Hava şartları, Mücbir sebep vb durumlarda AllowedLaytime arttırılabilir
        notify("Contract clauses 7.17 -> Allowed Laytime extended notify");
        //süre arttırma bildirimi
        allowedLaytime = _allowedLaytime; //bekleme süresi
        uint demurragePayable;
        uint boilOffLoss;
        uint reverseDemurragePayable;
        //Alıcı kaynaklı gecikme varsa
        if (block.timestamp - allowedLaytime > 0) {
            demurragePayable = demurrageRate * (block.timestamp - allowedLaytime)
            / 24 ; //saat cinsinden demuraj hesabı yapılır M.7.18.a
            boilOffLoss = price * (block.timestamp - allowedLaytime) * 15 / 100;
            //gün cinsinden kaynama kaybı hesabı yapılır M.7.18.b
        }
        //Satıcı kaynaklı gecikme varsa
        reverseDemurragePayable = (demurrageRate / 24) * ( (block.timestamp -
        allowedLaytime) / 24 ); //saat cinsinden demuraj hesabı yapılır M.7.18.a
    }

    // LNG alıcısı veya satıcısı olarak kaydolmak için bir fonksiyon tanımlanır
    function register(bool _isBuyer) public {

```

```

    // Kaydolanın zaten bir taraf olmaması kontrol edilir
    require(parties[msg.sender].account == address(0), "You are already
registered");
    // Kaydolanın hesap adresini, başlangıç bakiyesi ve rolü belirlenir
    parties[msg.sender].account = msg.sender;
    parties[msg.sender].balance = 0;
    parties[msg.sender].isBuyer = _isBuyer;
}

error InsufficientBalance(uint requested, uint available);

// LNG almak veya satmak için fonksiyon
function trade(address receiver, uint _amount) public {
    // Ticaret yapanın bir parti olduğundan emin olunmalı
    require(parties[msg.sender].account != address(0), "You are not
registered");
    // Alıcının bir parti olduğundan emin olunmalı
    require(parties[receiver].account != address(0), "Receiver not
registered");
    // Ticaret miktarının pozitif olduğundan emin olunmalı
    require(_amount > 0, "Amount must be positive");

    if (_amount > parties[msg.sender].balance)
        revert InsufficientBalance({
            requested: _amount,
            available: parties[msg.sender].balance
        });

    // Ticaret yapanın rolüne göre işlem yapılmalı
    if (parties[msg.sender].isBuyer) {
        // Alıcının yeterli ether bakiyesine sahip olduğundan emin olunmalı
        require(msg.value >= _amount * price, "Insufficient ether balance");
        // Alıcının yeterli LNG bakiyesine sahip olmadığından emin olunmalı
        require(parties[msg.sender].balance + _amount <= quantity, "Exceeding
LNG balance");
        // Alıcının LNG bakiyesini artır
        parties[msg.sender].balance += _amount;
        // Satıcının ether bakiyesini artır
        payable(owner).transfer(_amount * price); //
msg.sender.transfer(_amount * price);
    } else {
        // Satıcının kontratın sahibi olduğundan emin olunmalı
        require(msg.sender == owner, "Only owner can sell LNG");
        // Satıcının yeterli LNG bakiyesine sahip olduğundan emin olunmalı

```

```

        require(parties[msg.sender].balance >= _amount, "Insufficient LNG
balance");
        // Satıcının LNG bakiyesini azalt
        parties[msg.sender].balance -= _amount;
        // Alıcının LNG bakiyesini artır
        parties[receiver].balance += _amount;
    }
}

// Surveyor ve Expert Atama fonksiyonu
function appointSurveyorExpert(uint _address, bool _isSurveyor) public {
    // Kaydolanın hesap adresini, başlangıç bakiyesini ve rolünü belirle
    thirdParties[msg.sender].account = msg.sender;
    thirdParties[msg.sender].appointDate = 0;
    thirdParties[msg.sender].isSurveyor = _isSurveyor;
}

// LNG teslim edildiğine dair olay
event Delivered(address indexed buyer, uint amount);

// LNG teslimatı
function deliver() public {
    // Teslimat yapanın kontratın sahibi olduğundan emin olunmalı
    require(msg.sender == owner, "Only owner can deliver LNG");
    // Teslimat tarihinin geldiğinden emin olunmalı
    require(block.timestamp >= arrivalPeriod, "Delivery date is not due
yet");
    // Teslimat varış döneminden sonraki 72 saat içinde olmalı
    require(dateDiff(arrivalPeriod, block.timestamp) <= 72, "Delivery date
must be in 72 hours");

    // Tüm partileri döngüye al
    for (uint i = 0; i < parties.length; i++) {
        // Partinin bir alıcı olduğundan emin olunmalı
        if (parties[i].isBuyer) {
            // Partinin LNG bakiyesini sıfırla
            parties[i].balance = 0;
            // Alıcıya LNG teslim edildiğine dair bir olay yayınla
            emit Delivered(i, quantity);
        }
    }
    deliveredDate = block.timestamp;
}

// LNG kalitesinin test edildiğine dair olay

```

```

event QualityTested(address indexed party, uint quality);

// LNG'nin kalitesini test etmek için fonksiyon
function testQuality(uint _qualityTestResult) public {
    // Kalite testi yapanın bir parti olduğundan emin olunmalı
    require(parties[msg.sender].account != address(0), "You are not
registered party");
    // Kalite testi yapanın bir expert veya uzman olduğundan emin olunmalı
    require(thirdParties[msg.sender].account != address(0), "Only third
parties can test quality");
    // LNG'nin kalitesinin, teslimat programında belirtilen spesifikasyona
uyduğundan emin olunmalı
    require(quality == _qualityTestResult, "LNG quality does not match
specification");
    // Kalite testi yapıldığını bildir
    emit QualityTested(msg.sender, quality);
}

// Üçüncü tarafın LNG'nin kalitesini test etmek için fonksiyon
function SurveyorOrExpertDecision(uint _qualityTestResult) public {
    // Kalite testi yapan üçüncü taraf mı?
    require(thirdParties[msg.sender].account != address(0), "You are not a
surveyor or expert");
    // Kalite testi yapıldığını bildir
    emit QualityTested(msg.sender, quality);
}

// M.24 Tahkime gitmek için fonksiyon
function setArbitration() public {
    // Surveyor veya Uzman kararı sonrası 30 gün geçmeli gereği yapılmazsa
Tahkime gider
    notify("Contract clauses 24 -> Set Arbitration");
}

// M.12.4 Fatura ödemek için fonksiyon
function payInvoice(address from, address to, uint amount) public {
    //Ödeme işlemleri yapılır.
    parties[from].balance = parties[from].balance - amount;
    parties[to].balance = parties[from].balance + amount;
}

function dateDiff(uint startDate, uint endDate) public view returns(uint){
    //uint startDate = 1514764800; // 2018-01-01 00:00:00
    //uint endDate = 1518220800; // 2018-02-10 00:00:00
    uint diff = (endDate - startDate) / 60 / 60 / 24;
}

```

```

        return diff;
    }
}

contract LNG_Trading_Contract {

    BP_LNG_MSPA public lng_contract;
    //lng_contract.confirmationNotice(5400, 10, "Ougarta", 171800, 20000, 9, 0,
    "Algeria Arzew", "Hatay Dortyol", 92, "EX-SHIP", block.timestamp);

    // Kontrat oluşturulduğunda çalışacak yapıcı fonksiyon
    constructor() {
        lng_contract = new BP_LNG_MSPA();
    }

    // Contract test
    function testContract() public {
        //CN sonrası Kargo yüklendikten sonra ve çeşitli periyotlarda satıcı
        alıcıya LNG kalitesine ilişkin bildirim yapar.
        if (lng_contract.parties[msg.sender].isBuyer == false) {
            lng_contract.notify("Contract clauses 7.7 -> LNG Ship movement notify
on departure from the Loading Port"); //Yükleme limanından ayrılırken
            if (lng_contract.parties[msg.sender].isBuyer == false &&
lng_contract.dateDiff(lng_contract.confirmationNoticeDate, block.timestamp) < 48)
{ //Yükleme sonrasındaki 48 saat içinde kaliteye dair bildirim
                lng_contract.notify("Contract clauses 6.2 -> LNG Quality is 91");
            }
            lng_contract.notify("Contract clauses 7.7 -> LNG Ship movement notify
seven (7) Days prior to the ETA"); //Varışa 7 gün
            lng_contract.notify("Contract clauses 7.7 -> LNG Ship movement notify
72 hours prior to the ETA"); //Varışa 72 saat
            lng_contract.notify("Contract clauses 7.7 -> LNG Ship movement notify
48 hours prior to the ETA"); //Varışa 48 saat
            lng_contract.notify("Contract clauses 7.7 -> LNG Ship movement notify
24 hours prior to the ETA"); //Varışa 24 saat
            lng_contract.notify("Contract clauses 7.7 -> LNG Ship movement notify
6 hours prior to the ETA"); //Varışa 6 saat
            lng_contract.notify("Contract clauses 7.7 -> LNG Ship movement notify
upon arrival at the PBS of the Discharge Port"); //Varış saati
            lng_contract.notify("Contract clauses 10.1 -> LNG volume notify
delivered from the LNG Ship"); //Boşaltma sonrası satıcı alıcıya hacmi bildirir
            lng_contract.notify("Contract clauses 10.3 -> Quantity Delivered ");
            //Boşaltma sonrası satıcı alıcıya miktar ve diğer dokümanları bildirir
        }
    }
}

```

```

//Alıcı
lng_contract.notify("Contract clauses 10.2 -> LNG Quality is
90"); //Yükleme sonrasındaki 48 saat içinde alıcı satıcıya kaliteye dair bildirim

uint maxInvoiceAmount;
//M.6.3. Kaliteye uygun olmadığına dair alıcıya teslimat veya boşaltma
öncesi bildirim yapıldıysa
if (lng_contract.qualitySpecificationsNotComplyState) {
    //kalitede sorun var alıcı almak istemiyor ve 48 saat içinde
    if(lng_contract.agreeQualitySpecification == false &&
lng_contract.dateDiff(lng_contract.qualitySpecificationsNotComplyDate,
block.timestamp) <= 48) {
        lng_contract.notify("Contract clauses 6.3 -> LNG Cargo
rejection"); //Alıcı kaliteden dolayı almak istemiyor reddediyor. M.6 ya göre
Satıcı Eksikliği Seller Shortfall Payment
        //Satıcı Eksikliği ortaya çıkar
        lng_contract.sellerShortfallState = true;
    } else if(lng_contract.agreeQualitySpecification) {
        //Kalitede sorun var bildirilmiş yine de alıcı alırsa masraflar
satıcıya ödetilir
        maxInvoiceAmount = lng_contract.price * 0.25 *
lng_contract.quantity; //M.6.4
    }
}
//Kaliteye uygun olmadığına dair alıcıya teslimat veya boşaltma öncesi
bildirim yapılmadıysa M.6.6
else {
    if (lng_contract.agreeQualitySpecification) { // M.6.6.a: Alıcı almak
isterse zararlar ödetilir. M.12, 6.4 ve 6.6 ya göre işlem
        maxInvoiceAmount = lng_contract.price * 0.50 *
lng_contract.quantity;
    } else { //M.6.6.b: Alıcı almak istemezse 5.6 ya göre Satıcı
Eksikliği olur. M.5.6, 6.4 ve 6.6 ya göre işlem
        maxInvoiceAmount = lng_contract.price * lng_contract.quantity;
    }
}

uint buyerShortfallPayment;
//M.5.2 Alıcı Eksikliği - Buyer Shortfall Payment Kontrol
//Mücbir durum yok satıcı eksikliği yok ve alıcı 72 saat içinde teslim
almıyorsa
if(lng_contract.forceMajeureState == false &&
lng_contract.sellerShortfallState == false &&
lng_contract.dateDiff(lng_contract.arrivalPeriod, block.timestamp) >= 72) {

```

```

        // M.5.3 - M.12.3
        buyerShortfallPayment = lng_contract.quantity * lng_contract.price;
        //ödeme fonksiyonu olacak
        //satıcı CancelDelivery yapabilir.
    }

    uint sellerShortfallPayment;
    //M.5.6 Satıcı Eksikliği - Seller Shortfall Payment Kontrol
    //Mücbir durum yok alıcı eksikliği yok ve satıcı 72 saat içinde teslim
    etmiyorsa
        if(lng_contract.forceMajeureState == false &&
lng_contract.buyShortfallState == false &&
lng_contract.dateDiff(lng_contract.arrivalPeriod, block.timestamp) >= 72) {
            // M.5.7
            sellerShortfallPayment = 0.4 * lng_contract.quantity *
lng_contract.price;
            //ödeme fonksiyonu olacak
            //alıcı CancelDelivery yapabilir.
        }
    }
}

```



EK B. Teminat Akreditifi Kodları

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.7;

/// @title A simulator for LNG Trading
/// @author Abdullah ÇETİNKAYA
/// @notice You can use this contract for only the most basic simulation
/// @dev All function calls are currently implemented without side effects
/// @custom:experimental This is an experimental contract.

// Akıllı kontrat adı
contract SBLC {

    // Contract participants
    address payable applicant;
    address payable beneficiary;
    address payable issuingBank;
    address advisingBank;

    // LC details
    uint256 standbyLetterOfCreditNo;
    string standbyLetterOfCreditDate;
    uint256 amount;
    string expiryDate;
    uint256 confirmationNoticeNo;
    string confirmationNoticeDate;
    string masterAgreementDate;
    string[] requiredDocuments;
    string[] submittedDocuments;

    // Lifecycle states
    enum State { Issued, DocumentsPresented, DocumentsVerified,
DocumentsRejected, Paid, Expired }
    State state;

    // Issuing bank initiated the letter of credit process
    event LCIssued(address indexed beneficiary, uint256 amount, string
expiryDate);

    function issueLC(address payable _applicant, address payable _beneficiary,
address payable _issuingBank, address payable _advisingBank, uint256
_standbyLetterOfCreditNo, string memory _standbyLetterOfCreditDate, uint256
```

```

_amount, string memory _expiryDate, uint256 _confirmationNoticeNo, string memory
_confirmationNoticeDate, string memory _masterAgreementDate, string[] memory
_requiredDocuments) public {
    // Require issuing bank role
    require(msg.sender == issuingBank, "Only issuing bank can issue LC");

    // Set letter of credit details
    applicant = _applicant;
    beneficiary = _beneficiary;
    issuingBank = _issuingBank;
    advisingBank = _advisingBank;
    standbyLetterOfCreditNo = _standbyLetterOfCreditNo;
    standbyLetterOfCreditDate = _standbyLetterOfCreditDate;
    amount = _amount;
    expiryDate = _expiryDate;
    confirmationNoticeNo = _confirmationNoticeNo;
    confirmationNoticeDate = _confirmationNoticeDate;
    masterAgreementDate = _masterAgreementDate;
    requiredDocuments = _requiredDocuments;

    // Require buyer's deposit
    applicant.transfer(amount);
    state = State.Issued;
    emit LCIssued(beneficiary, amount, expiryDate);
}

// Seller submitted requested documents
event DocumentsPresented(string[] _documents);

function presentDocuments(string[] memory _documents) public {
    // Require seller role
    require(msg.sender == beneficiary, "Only seller can present documents");
    require(state == State.Issued, "LC not in issued state");

    submittedDocuments = _documents;
    state = State.DocumentsPresented;
    emit DocumentsPresented(_documents);
}

// Advising bank, issuing bank and applicant checked submitted documents
event DocumentsVerified();

function verifyDocuments() public {
    // Require seller role

```

```

        require(msg.sender == issuingBank, "Only issuing bank can verify
documents");
        require(state == State.DocumentsPresented, "Documents not presented");

        if(requiredDocuments == submittedDocuments){
            state = State.DocumentsVerified;
            emit DocumentsVerified();
        } else {
            state = State.DocumentsRejected;
            emit DocumentsVerified();
        }
    }

    // Payment made to seller
    event LCPaid(address indexed beneficiary, uint256 amount);

    function paySeller() public {
        // Require issuing bank role
        require(msg.sender == issuingBank, "Only issuing bank can pay seller");
        require(state == State.DocumentsVerified, "Documents not verified");

        beneficiary.transfer(amount);
        state = State.Paid;
        emit LCPaid(beneficiary, amount);
    }

    // LC date expired
    event LCExpired();

    function checkExpireDate() public {
        // Require issuing bank role
        require(msg.sender == issuingBank, "Only issuing bank can check expire
date");
        if(now > expiryDate) {
            state = State.Expired;
        }
        event LCExpired();
        selfdestruct();
    }
}

```