



BLOCKCHAIN

T Ü R K İ Y E

ENERJİ SEKTÖRÜNDE BLOKZİNCİRİ GELİŞMELERİ

KASIM 2021



Enerji Çalışma Grubu



TÜRKİYE BİLİŞİM VAKFI

İÇİNDEKİLER

YÖNETİCİ ÖZETİ	01
GİRİŞ	02
Elektrik Sektöründe Kullanım Alanları ve Örnekleri	03
Enerji Ticareti	03
<i>Enerchain Projesi</i>	03
<i>Brooklyn Microgrid Projesi</i>	03
IoT, Akıllı Aygıtlar, Otomasyon	03
<i>Akıllı Ev Sistemi Enerji Tasarruf Uygulaması</i>	03
Şebeke Yönetimi	04
<i>Flexi-Grid Projesi</i>	04
Yeşil Tarife & Yenilenebilir Enerji	04
<i>Blokzinciri Tabanlı Buzdolabının Geliştirilmesi</i>	04
<i>YEK-G Sistemi</i>	04
<i>Yeşil Enerji Sertifikası</i>	04
<i>Lition Energy</i>	04
E-mobilite	05
<i>BlockCharge Projesi</i>	05
Enerji Güven Endeksi Projesi	05
DE-FI (Merkeziyetsiz Finans)	06
Doğal Gaz Sektöründe Kullanım Alanları ve Örnekleri	07
Ticaret	07
<i>VAKT Platformu</i>	07
<i>BTL Grubu (ENI, BP, Wien Energie)</i>	07
Tedarik Zinciri	08
<i>Dijital Pasaport Projesi</i>	08
Regülasyon & Hukuksal Boyut	08
Regulatory Sandbox (Düzenleyici Sanal Alan)	08
<i>İngiltere</i>	08
<i>Fransa</i>	09
<i>Singapur</i>	09
Elektrik Sektöründe Beklentiler ve Yakın Gelecekte Uygulanabilir Alanlar	09
<i>Sandbox Uygulamaları</i>	09
<i>Finansman</i>	10
<i>Elektrikli Araçlar</i>	10
<i>Eşler Arası İşlemler</i>	10
<i>Diğer İşlemler</i>	10
Doğal Gaz Sektöründe Beklentiler ve Yakın Gelecekte Uygulanabilir Alanlar	10
<i>Ticaret</i>	10
<i>Tedarik Zinciri</i>	10
<i>Yönetim ve Denetim</i>	10
<i>Siber Güvenlik</i>	10
SONUÇ	11
KATKI VERENLER	12
KAYNAKÇA	13



YÖNETİCİ ÖZETİ

Finansal hizmetler sektöründe mevcutta yaygın olarak kullanımda olan blokzinciri teknolojisi günümüzde diğer birçok sektörün de ilgisini çekmiş durumdadır. Bu teknoloji, en temelinde işlemleri/süreçleri hızlandırması, maliyetleri düşürmesi, güvenilir, şeffaf ve hesap verebilir bir ortam sunması gibi sağlamış olduğu pek çok avantaj sayesinde küresel çapta kamu otoriteleri ve uluslararası şirketler tarafından benimsenmekte ve denenmektedir. Aynı zamanda, bu teknolojinin enerji sektörünün de gelişimini etkileyecek ve geleceğine yön verecek önemli etkenlerden biri arasında olduğunu söyleyebiliriz.

Bu raporun hazırlanma sürecinde; dünya genelinde bu teknolojiye daha hızlı adapte olunması nedeniyle yabancı birçok kaynaktan yararlanılmış olup, okuyucularımızın blokzinciri teknolojisinin enerji alanındaki güncel gelişmeleri ve gelişime açık alanları hakkında bilgi birikimlerini artırmaları amaçlanmıştır.

Araştırmamızın ilk iki bölümü enerji sektöründeki kullanım alanları üzerinden ilerletilmiş olup, okuyucularımızın daha iyi anlaması adına kullanım alanlarına yönelik dünya genelindeki proje örneklerinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda, üçüncü bir aracıya olan ihtiyacı ortadan kaldırması sebebiyle enerji sektöründe en yaygın kullanım alanına eşler arası enerji ticaret modellerinin sahip olduğunu söyleyebiliriz.

Bilindiği üzere, dünya nüfusu ve enerji tüketimi günden güne artmakta ve bununla birlikte şirketlerin de sürdürülebilirlik hedefleri ile paralel olarak enerji yönetimi ve enerji verimliliği konuları ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle örneklerimiz arasında değinmiş olduğumuz enerji tasarrufu sağlamaya yönelik geliştirilen bir diğer uygulamada ise blokzinciri teknolojisinin yanında yine gündemde olan nesnelerin interneti (IoT) teknolojisinin beraber kullanıldığını görebilirsiniz.

Dünyada ve Türkiye’de iklim kriziyle mücadelede karbonsuzlaşma süreci, yenilenebilir enerji çözümleri, enerjinin depolanması, depolama tesislerinin kurulması ve bunlara bağlı olarak sayılarının artması hedeflenen elektrikli araçlar ile şarj istasyonu çözümleri, dağıtım şebekelerinde yaşanan sıkıntılar ise diğer önemli konular arasında yer almaktadır.

İlerleyen günlerde daha da sık karşılaştığımız Merkeziyetsiz Finans (DeFi) kavramı da ele alınmış olup, bu kavram ile aslında merkezi bir otoriteye bağlı olmayan ve herkes tarafından erişim sağlanabilen şeffaf bir finansal ekosistem oluşturulması hedeflenmektedir. DeFi uygulamalarının blokzinciri teknolojisi ile birlikte yeni ürün ve hizmet sunma potansiyelinin bir hayli yüksek olduğu değerlendirilmektedir.

Son olarak, blokzinciri teknolojisinin regülasyon boyutlarının incelenmesi ve Türkiye’deki sektörel beklentilere değinilmesi ile rapor aşaması tamamlanmıştır. Düzenleyici çerçeveler ilk etapta mali riskler ve güvenlik endişeleri gibi nedenlerden dolayı kripto para birimlerine dayalı işlemlerin finansal yönlerini düzenlemeye odaklanmaktadır. Diğer yandan, enerji sektöründe blokzinciri teknolojisi için ise dünyada henüz kabul gören veya belirli bir olgunluk seviyesine ulaşan bir düzenlemenin bulunmadığı görülmektedir. Bu noktada düzenleyici otoritelerin yaklaşımlarına bakıldığında bir yandan tüketicileri korumaya devam ederken diğer yandan blokzinciri teknolojisindeki inovasyonların gelişmesine katkı sağlamak ve regülasyonel çerçevenin çizilmesinde gözlem yapmak amacıyla düzenleyici sanal alan (regulatory sandbox) çalışmalarından fayda sağladıkları gözlenmektedir. İngiltere, Fransa ve Singapur bu alanda öne çıkan ülkeler arasında bulunmaktadır. Kullanımı gittikçe yaygınlaşan bu teknolojinin tüm paydaşların endişelerini giderebilmek ve ortaya çıkabilecek suistimalleri önlemek adına hukuki ve yasal düzenlemelere hız kazandırılması son derece önem arz etmektedir.

GİRİŞ

Geride bıraktığımız son birkaç yılda kripto para birimlerinin kullanımının yaygınlaşması, çok daha büyük bir kitle tarafından ilgi görmesi ve konvansiyonel finansal işlem ya da enstrümanlara göre farklı imkânlar sunmaları, kripto paraların oluşmasını sağlayan blokzinciri teknolojisinin daha fazla ilgi görmesini sağladı. Dünya genelinde pek çok sektörde hâlihazırda kullanılmaya başlanan ya da kullanım alanlarının araştırılmasına yönelik çalışmalar yürütülen blokzinciri teknolojisi, enerji alanında da hem tüketiciler hem de sektör paydaşları için olumlu sonuçlanabilecek pek çok yenilik ve potansiyeli bünyesinde barındırmaktadır. Diğer sektörlerde olduğu gibi blokzinciri teknolojisinin enerji sektöründe yer alması ile şeffaflığın artması, merkeziyetsiz yapı sayesinde maliyetlerin düşmesi, dağıtık işlemler ile güvenliğin artması ve akıllı sözleşmeler ile pek çok yeniliğin kullanıcılara sunulabilmesi beklenmektedir.

Hazırlanan bu rapor ile enerji sektörü özelinde blokzinciri teknolojisinin kullanım alanları ile bu teknolojinin kullanılmasının regülasyonel boyutları incelenmektedir. Bu kapsamda, ilk bölümde enerji sektöründe blokzinciri kullanım alanları (enerji ticareti, akıllı ev sistemleri, yeşil tarife & yenilenebilir enerji, şebeke yönetim sistemleri, e-mobilite vb.) öne çıkan örnekler ile gösterilmektedir. İkinci bölümde ise enerji sektöründe blokzinciri uygulanması konusunun regülasyon boyutu kapsamında özellikle uygulama alanında tecrübe sahibi ülkelerdeki düzenleyici kurumlar tarafından hayata geçirilen “sandbox* (düzenleyici sanal alan)” uygulamaları incelenmiştir.

* Düzenleyici kurumlarla ilgili teknolojiyi geliştirmek isteyen özel şirketlerin bir araya gelip belirli konu ve kurallar dâhilinde şirketlerin iş modellerini test etme imkânı sağlayan bir platform/sanal alan olarak tanımlanabilmektedir.

Elektrik Sektöründe Kullanım Alanları ve Örnekleri

Blokszinciri teknolojisinin elektrik sektöründeki kullanım alanları araştırılmış olup, proje aşamasında olan veya hayata geçirilen örnek uygulamalar incelenmiştir. Aşağıda 6 ana başlıkta araştırma/inceleme sonuçlarımız paylaşılmaktadır.

Enerji Ticareti

Rapor kapsamında enerji ticareti ile ele alınan kavram, katılımcıların bir aracıya ihtiyaç duymadan birbirleriyle doğrudan etkileşime girerek enerji alım ve satım işlemlerini gerçekleştirmelerine olanak sağlayan blokszinciri tabanlı geliştirilen projeleri ifade etmektedir. Bu çerçevede, dünyada öne çıkan Enerchain ve Brooklyn Microgrid projelerine ait detay bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Enerchain Projesi

Blokszinciri teknolojisi ile elektrik ticaretinin üçüncü bir tarafa gereksinim duyulmadan yapılabilmesi için geliştirilen platform, Alman yazılım şirketi Ponton tarafından hayata geçirilmiştir. Projenin 2018 yılı Mart ayında yapılan performans testlerinin tamamlanmasıyla, gerçek zamanlı enerji ticareti işlemleri için kullanılabilir hale gelmiştir. Avrupa'nın iki önemli elektrik şirketi Enel ve E.On, bu platformu kullanarak enerji ticareti gerçekleştirmiştir. Bu sistem merkezdeki aracı ihtiyacını ortadan kaldırarak enerji tedarik maliyetlerini azaltmayı hedeflemektedir. Süreç içerisinde Enerchain'e katılım hızla artarak 43 şirkete ulaşılmıştır. Enerchain projesi Avrupa'da "Blokszinciri ve Enerji" alanında olgunluk ve hazır olma bakımından en gelişmiş faaliyet olarak değerlendirilmektedir.

Brooklyn Microgrid Projesi

Üreten tüketicilerin (mesken ve ticari güneş paneli sahipleri) ürettikleri fazla güneş enerjisini fosil yakıt yerine yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilen elektrik kullanmayı tercih eden New York sakinlerine satmalarına olanak tanıyan LO3 Energy ve Siemens işbirliği ile geliştirilen blokszinciri tabanlı bir projedir.

Akıllı sayaç sayesinde sistem herhangi bir parçasının enerji fazlası olduğunu anlayabilmekte ve fazla enerjiyi pazara sunabilmektedir. Blokszinciri tabanlı semt sakinlerine hem akıllı sözleşme yapma imkânı hem de sistemi anlık olarak takip edip enerji satın alma tercihlerini kendi belirleme imkânı sağlamaktadır. 2020 yılında düzenleyici sandbox uygulaması ile 12 aylık pilot proje testi için onay alınmıştır.

IoT, Akıllı Aygıtlar, Otomasyon

IoT (Internet of Things) Türkçe ifadesiyle nesnelerin interneti kavramı çevremizde bulunan nesnelerin (akıllı ev sistemleri, telefonlar, beyaz eşyalar vb.) sensörler vasıtasıyla ve veri işleme kabiliyeti ile birlikte internet erişimine sahip olması ve diğer nesnelerle bir veri akışı oluşturarak sürekli iletişim halinde olması anlamına gelmektedir. Çeşitli uygulama alanlarına sahip olan nesnelerin internetinin aşağıda blokszinciri teknolojisi ile birleştiği bir ev otomasyonu çözümünden bahsedilmektedir.

Akıllı Ev Sistemi Enerji Tasarruf Uygulaması

Kurulan sistemde bir akıllı telefon ve üç Raspberry Pi (mini bilgisayar) kullanılmaktadır. Raspberry Pi klima, ısıtma sistemi ve ampul gibi evde yüksek elektrik tüketen cihazların ölçümünde sayaç olarak kullanılmaktadır. Kullanıcı, akıllı telefonu kullanarak sistem politikasını ayarlayabilmektedir. (Örneğin, kullanıcı cihazları güç kullanımı 150 kW olduğunda enerji tasarrufu modunu açacak şekilde ayarlayabilir.) Kullanıcı konfigürasyonu bir akıllı telefona yüklediğinde, veriler Ethereum ağına gönderilir. Bu arada, ampul veya klima gibi cihazlar da periyodik olarak Ethereum'dan sistem politika değerlerini alır. Sayaç ayrıca elektrik kullanımını izler ve Ethereum'da günceller. Böylece sistemde aynı anda üç farklı işlem gerçekleştirilmiş olur. Akıllı cihazların evde kullanımının artması ile gelecekte bu tür uygulamaların veya yeni kombinasyonlarının oluşturulması görülecektir. Böylelikle blokszinciri teknolojisinin kullanıldığı akıllı ev sistemi uygulamalarının sayısının artacağı öngörülmektedir.

Şebeke Yönetimi

Günümüzde giderek önemini artıran elektrik depolama faaliyetlerinin artışı, yenilenebilir üretimin şebekeye entegrasyonu ve elektrikli araçlara yönelimin artışı gibi elektrik dağıtım şebekelerini etkileyen faktörlerin çözümünde yeni teknolojik ihtiyaçların belirlenmesi ve bu doğrultuda birtakım önlemler alınması gerekmektedir. Raporun bu bölümünde, blokzinciri teknolojisi ile şebeke üzerinde konvansiyonel yöntemler neticesinde oluşan olumsuz etkileri azaltacak ya da çözüm olması hedeflenen bir projeye değinilmektedir.

Flexi-Grid Projesi

Proje, gelecekte sayısı artacak olan elektrikli araçların ve hava koşullarına bağlı üretim kapasiteleri olan rüzgâr ve güneş enerji santralleri gibi dağıtık üretim kaynaklarının yaratabileceği şebekesel sıkıntıları yönetebilmeyi amaçlamaktadır. Proje, Avrupa Komisyonu tarafından 2019 yılı Şubat ayında onay almış olup, proje giderlerinin %70'i Avrupa Birliği fonundan ; %30'u ise EPDK fonundan karşılanacaktır. Projenin yürütülmesi için Bulgaristan, İsveç, İsviçre ve Türkiye olmak üzere dört pilot ülke belirlenmiştir. Üretim-tüketim noktaları arasında esnek bir piyasa sistemi ile şeffaf bir veri yönetim sisteminin kurulabilmesi için dijital akıllı şebeke, araçtan şebekeye enerji transferi, IoT ve blokzinciri teknolojilerinden faydalanılacaktır.

Yeşil Tarife & Yenilenebilir Enerji

Yeşil enerji veya yenilenebilir enerji temelde güneş, rüzgâr ve su gibi doğal kaynaklardan elde edilen temiz enerji olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına ve hava kirliliğinin azalmasına yardımcı olmakta ve enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltmaktadır. Bu nedenle küresel ölçekte, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi gün geçtikçe daha da yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde yenilenebilir enerjinin kullanımını teşvik etmek amacıyla hayata geçirilen yeşil tarife/YEK-G sertifika sisteminin de örnekler arasında yer aldığı blokzinciri tabanlı geliştirilen birkaç projeye ilişkin bilgiler aşağıda paylaşılmaktadır.

Blokzinciri Tabanlı Buzdolabının Geliştirilmesi

Yenilenebilir enerji tüketimine yönelik tüketicinin ilgisini artırmak amacıyla, Avusturya'nın en büyük elektrik ve doğal gaz tedarikçisi olan Wien Energie ile Bosch işbirliğiyle blokzinciri tabanlı bir buzdolabı tasarlandı. Blokzinciri sayesinde kullanıcı buzdolabının enerji kaynağını (rüzgâr veya güneş) seçebilecek ve her bir kilovatın hangi enerji kaynağından üretildiğini izleyebilecek. Model hala piyasada resmi olarak satılmamıştır.

YEK-G Sistemi

EPIAŞ tarafından 01.06.2021 tarihi itibarıyla devreye alınan Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Sistemi (YEK-G) blokzinciri tabanlı olup, enerji piyasalarının da ilk yerli ağıdır. EPIAŞ tarafından yönetilmesi sebebiyle özel blokzinciri kategorisinde olduğu değerlendirilmektedir. Yenilenebilir enerji sertifikaları alım, satım, itfa ve ihraç işlemleri bu platform üzerinden yapılmaktadır. 1 MW'lık şebekeye verilen enerji için sistemde bir kod üretilmekte ve bu kod ile son tüketiciye kadar takip edilmektedir.

Yeşil Enerji Sertifikası

2021 yılında devreye alınan Foton yenilenebilir enerji platformu blokzinciri uygulaması üzerinden Uluslararası Yenilenebilir Enerji Sertifikasının (I-REC) ticareti yapılmaktadır. Platformun geliştirilmesinde açık kaynaklı ve merkezi olmayan teknolojilerin potansiyelini ortaya çıkararak düşük karbonlu, müşteri odaklı bir elektrik sistemini hızlandırmayı hedefleyen, kâr amacı gütmeyen küresel bir kuruluş olan Energy Web ekibi ile çalışılmış olup, platform üzerindeki işlemler Energy Web Blokzinciri ağı üzerinde kayda alınmaktadır.

Lition Energy

Lition şirketi blokzinciri platformunda, yeşil enerji üreticilerini akıllı tüketicilerle doğrudan birbirine bağlayarak, tüketicilerin tercih ettikleri enerji üreticisine, ortada bir aracı olmadan doğrudan ödeme yapmalarını sağlamaktadır. Almanya'da toplamda 700'den fazla hane, enerjilerini satın almak için merkezi olmayan bu platformu kullanmaktadır.

E-mobilite

Elektromobilite, bir diğer deyişle e-mobilite, temel olarak elektrik enerjisi ile çalışan araçlar için kullanılan bir kavram olarak adlandırılabilir. Konvansiyonel araçlarda kullanılmakta olan fosil yakıt nedeniyle ortaya çıkan karbon emisyon salınımlarından uzaklaşmak ve sürdürülebilir olmayan fosil yakıtlar yerine çevre dostu sürdürülebilir kaynaklar ile çalışan tasarımları yaygınlaştırmak, e-mobilite ile birlikte öne çıkan kavramlar arasındadır. Aynı zamanda, e-mobilite, şarj altyapısı, depolama gibi birçok konuyu da içinde barındıran bir ekosistem olarak da tarif edilebilir.

Mobility Open Blockchain Initiative (MOBI) IOTA, Hyperledger, R3, VeChain ve Tezos gibi blokzinciri şirketleri ile BMW, Renault, Honda, GM, Ford gibi otomotiv şirketlerinin iş birliği ile mobilite endüstrisinde blokzinciri teknolojisini geliştirmek ve bu teknolojilerin benimsenmesini hızlandırmak için oluşturulmuş küresel bir kuruluştur.

MOBI'nin mobilite endüstrisindeki kullanım alanlarını araştırmak için oluşturulmuş çalışma grupları arasında bulunan Elektrikli Araç Şebeke Entegrasyon Çalışma Grubu, blokzinciri aracılığıyla merkezi olmayan elektrikli araç şarj ağlarının oluşturulmasını sağlayan ve kuruluşların kendi uygulamalarını oluştururken kullanmaları için sistem tasarımlarını ve veri şemalarını kapsayan küresel bir standart yayınlamıştır.

EVGI standardının uygulanması ile elektrikli araçlar, şarj cihazları ve elektrik üreticileri güvenli bir kimliğe sahip olabilir, standart bir mesajlaşma formatı ile iletişim kurabilir ve dağıtık bir defterde şarj, üretim ve değişim gibi işlemleri otomatik olarak kaydedebilir.

Rüzgâr veya güneş tarafından üretilen fazla enerjinin depolanması, bataryaların çok pahalı olması nedeniyle yenilenebilir enerji endüstrisi için büyük bir problem oluşturmaktadır ancak elektrikli araçların ciddi depolama kapasitelerine sahip olmaları nedeniyle yenilenebilir enerjiyi depolamak ve merkeziyetsiz enerji şebekelerine bağlamak için çok sayıda çalışma yapılmaktadır.

BlockCharge Projesi

Alman RWE enerji firması ile Slock.it isimli blokzinciri firması tarafından geliştirilen bir projedir. Elektrikli araç sisteminde herhangi bir aracıya ihtiyaç duymadan çalışan, dünya çapında bir kimlik doğrulama, ücretlendirme ve faturalandırma sistemi olmayı hedeflemektedir. BlockCharge, normal bir fiş gibi kullanılabilen ancak buna bağlı bir tanımlama koduna sahip olan "akıllı fiş" adlı fiziksel bir ürüne sahiptir. Elektrikli araç sahiplerinin, araçlarını şarj etmek için herhangi bir elektrikli şarj noktası fişini kullanmaları planlanmaktadır. Kullanıcılar, şarj işlemini yetkilendirmek için akıllı telefonlarına bir uygulama yükler. Tüm şarj verilerini yöneten ve kaydeden Ethereum blokzincirine bağlanır. Uygulama, en iyi fiyatı otomatik olarak belirler ve ödeme sürecini otomatik olarak yönetir. BlockCharge'ın iş modeli, tek seferlik bir akıllı fiş satın alınmasına ve şarj işlemi için minik bir işlem ücretine dayanmaktadır.

Enerji Güven Endeksi Projesi

Serbest tüketici statüsüne sahip müşterilerin fatura ödeme alışkanlıklarına göre oluşturulan skorlarının sektör genelindeki tüm şirketlerle birlikte takip edilmesini sağlamak amacıyla blokzinciri tabanlı "Enerji Güven Endeksi" projesi sektörde bir ilk olarak Enerjisa tarafından oluşturulmuştur. Blokzinciri teknolojisinin kullanılmasıyla enerji sektörüne özgü müşteri kredibilitesinin herhangi bir aracı kuruma ihtiyaç duymadan dinamik bir şekilde sorgulanması ve verilerin şirketler arasında güvenli bir şekilde paylaşılması hedeflenmektedir. Bankacılık sektöründe faaliyet gösteren Kredi Kayıt Bürosu'na (KKB) benzer bir amaç ile işleyecek projenin tedarik şirketleri arasında hayata geçmesi ile birlikte serbest müşterilere ait tahsilat riskinin azalacağı öngörülmektedir.

DE-FI (Merkeziyetsiz Finans)

“Decentralized Finance” kelimelerinden meydana gelen ve temelde merkeziyetsiz finans yapısı ile yürütülen finansal işlemleri ifade etmektedir. DeFi kapsamında, para gönderme-alma, kredi alma, kredi verme, merkeziyetsiz borsa, sigorta, alışveriş vb. konvansiyonel finansal işlemler arasında yer alan pek çok işlem blokzinciri alt yapısı kullanılarak yapılabilmektedir. Bu nedenle, DeFi kavramı öncelikli olarak finans sektörüne özgü bir uygulama olarak göze çarpsa da elektrik sektöründeki mevcut finansal işleyiş değerlendirildiğinde sektöre pek çok yenilik ve avantaj kazandıracağı öngörülmektedir. DeFi ile amaçlanan, bankacılık işlemlerinin bir otorite tarafından değil de sistemin oluşturduğu bir algoritma üzerinden gerçekleştirilebilmesini sağlamaktır. Bir diğer deyişle, kullanıcılar varlıklarının tüm kontrolünü kendi ellerinde tutar ve ekosistemle eşler arası (peer-to-peer), merkeziyetsiz uygulamalar aracılığıyla etkileşim kurar. Böylelikle, finansman sağlama gibi sektör için kritik öneme sahip konularda maliyetlerin merkeziyetsiz yapı sayesinde düşmesi mümkün olabilecektir.

Uygulama, elektrik sektörü açısından değerlendirildiğinde özellikle tahvil ihracı işlemlerinde üçüncü taraf olan bankalara ödenen komisyonlar nedeniyle yükselen finansman maliyetinin, blokzinciri temelli tahvil ihracı uygulanabilir ise düşebileceği öngörülmektedir. Blokzinciri teknolojisi kullanılarak yapılan, Avrupa Yatırım Bankası'nın ? 100 milyon ve Dünya Bankası'nın ilk etapta A\$ 110 m, sonrasında ise ek A\$ 50 milyon tutarlarındaki kripto para cinsinden iki yıl vadeli tahvil ihraçları ise bu teknolojinin uygulanması konusunda önemli örnekler olarak öne çıkmaktadır.

Doğalgaz Sektöründe Kullanım Alanları ve Örnekleri

Önceki bölümde yer verilen elektrik sektöründeki blokzinciri teknolojisinin kullanım alanları ve öne çıkan projelere yönelik yapılan araştırmalara ek olarak raporun bu bölümünde benzer bir yapı ve işleyişe sahip olan doğal gaz sektörü özelinde blokzinciri teknolojisinin kullanım alanları ve örnekleri incelenmektedir.

Dünya genelindeki doğal gaz sektörüne ait blokzinciri projelerinden bazıları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Doğal Gaz Sektöründeki Örnek Blokzinciri Projeleri

BÖLGE	ŞİRKET	SEKTÖR	PROJE İÇERİĞİ
ABD	S&P Global Platts	Gaz	Doğal Gaz için İşlemleri Onaylama ve Fiyatları Raporlama Blokzinciri Platformu
Almanya	Enerchain	Gaz	Doğal Gazın Eşler Arası Toptan Ticareti için Blokzinciri Platformu
Şili	Energia Abierta	Gaz ve Petrol	Petrol ve Doğal Gaz için Ulusal Enerji Verilerini İzleyen Düzenleyici Blokzinciri Platformu
Avrupa	One Office BTL	Gaz	Doğal Gaz için Ticaret Sonrası Maliyetleri Azaltacak Blokzinciri Platformu
İngiltere	Vakt	Gaz	Doğal Gaz için Ticaret Sonrası Maliyetleri Azaltacak Blokzinciri Platformu
İsviçre	Komgo SA	Gaz ve Petrol	Ticaret Platformu
ABD	PetroBLOO	Gaz ve Petrol	Petrol ve Gaz Tedarik Zinciri Yönetimi
Birleşik Arap Emirlikleri	ADNOC-IBM	Gaz ve Petrol	Petrol ve Gaz Üretim Otomasyonu

Ticaret

VAKT Platformu

VAKT, blokzinciri tabanlı emtia ticareti sonrası işleme şirketidir. Kurumsal düzeyde doğal gaz endüstrisi için blokzinciri platformunu duyurmuştur. İlk kullanıcıları arasında BP, Equinor, Shell, Gunvor ve Mercuria gibi şirketler bulunmaktadır. Platform, ticaret sonrası belge yönetimini dijitalleştirmekte ve gereksiz evrak işlemlerini ortadan kaldırmaktadır. Ticaretin detaylarından teyit, sözleşme düzenleme, lojistik ve faturalandırmaya kadar birçok işlemi kapsamaktadır. VAKT, girişten nihai uzlaşmaya kadar ticaret döngüsünü yönetmek için kullanılmaktadır.

BTL Grubu (ENI, BP, Wien Energie)

ENI, BP ve Wien Energie bir blokzinciri girişimi olan BTL'nin desteğiyle gaz ticareti için blokzinciri üzerinde bir deneme başlatmıştır. BTL, 12 haftalık Avrupa enerji ticareti blokzinciri pilot projesi denemesinin başarıyla tamamlandığını duyurmuştur. Pilot proje, fatura oluşturma, uzlaştırma, denetim, raporlama ve mevzuata uygunluk gibi ticari süreçlerin otomasyonu yoluyla maliyet ve verimlilikte önemli kazanımlar olabileceğini göstermiştir. Aynı zamanda gaz ticaretini kolaylaştırmak ve izlemek için blokzinciri teknolojisinin kullanılmasının toplam maliyetleri %30-40 oranında azalttığı belirtilmiştir.

Tedarik Zinciri

Dijital Pasaport Projesi

Ekipman, parça ve ürünlerin kimlik doğrulaması için Shell tarafından geliştirilen pilot blokzinciri projesidir. Bu çalışmada, Shell tedarik zincirlerinde işbirliği yapma şeklini yeniden tanımlamak için üreticiler, denetçiler ve müteahhit şirketler de dâhil olmak üzere diğer şirketlerle birlikte çalışmaktadır. Shell, ekipmanların tasarım, üretim, denetim ve kurulumuna kadar ki tedarik döngüsünü izleyen dijital bir çözüm sunarak bu süreci geliştirmeyi ve optimize etmeyi amaçlamaktadır.

Regülasyon & Hukuksal Boyut

2018 yılında Avrupa Komisyonu, 21'den fazla üye devletin Avrupa Blokzinciri Hizmetleri Altyapısını (EBSI) geliştirmek için bir bildirme imzalandığını duyurdu. Komisyon Eylül 2020'de sağlık, çevre, mobilite, enerji ve diğer ana sektörlerdeki kullanım alanları için 'regulatory sandbox' planları olduğunu açıkladı. 2022 yılına kadar da faaliyete geçmesinin planlandığı duyuruldu.

Blokzincirin değiştirilemez/silinemez olması KVKK ve AB'de Genel Veri Koruma Tüzüğü'nün talep ettiği 'yasaya aykırı ise düzelt/değiştir' prensibi ile çatışma yaşamaktadır. Veri kayıt defterlerinde silinmeksizin kayıtlar yapılması kişisel verilerin silinmesini talep etme hakkı ile unutulma hakkı ihlaline sebebiyet vermektedir. Veri sorumlusunun tespiti ve veriye erişim ile dağıtımın daha kontrollü yapılabilmesi nedeniyle 'özel / izinli blokzincirin' daha uyumlu olduğu değerlendirilmektedir.

Japonya, Hong Kong, Singapur, Hindistan gibi Asya ülkelerindeki blokzincirlerinde bulunan işlem kayıtları ile yasal olarak hak aranabilmektedir.

Regulatory Sandbox (Düzenleyici Sanal Alan)

"Regulatory Sandbox", düzenleyici kurumlarla ilgili teknolojiyi geliştirmek isteyen özel şirketlerin bir araya gelip belirli konu ve kurallar dâhilinde şirketlerin iş modellerini test etme imkânı sağlayan bir platform/sanal alan olarak tanımlanabilmektedir. İçerik ve ekosistemin düzenleyici kurumlar tarafından belirlendiği bu yapıda iş modellerinin mevcut düzenlemelere uymadığının tespiti halinde, düzenleyici otoritenin gözetimiyle müşteriler mağdur edilmeden iş fikirlerinin ve ürünlerin "canlı" bir pazarda, yaptırım eylemlerinden korkmadan test edilebileceği sanal bir ortam olması da öne çıkan özelliklerindedir.

Blokzinciri uygulamasının hayata geçirildiği pek çok ülkede enerji sektörü özelinde hukuksal veya yasal olarak olgunlaşmış bir düzenleme bulunmamakta olup, genel itibarıyla bekle ve gör yaklaşımı benimsenmektedir. Bununla birlikte, uygulanabilir mevzuat ve yasal düzenlemelerin oluşturulabilmesi için düzenleyici otoriteler "sandbox" ortamları ile tecrübelerini artırmayı amaçlamaktadırlar. Proje geliştiren şirketler için ise mevcut yasal ve düzenleyici çerçeveyi ihlal etmeden yeni teknolojiler ve iş modelleri test edilebilmektedir. Bu durum "sandbox" uygulamalarını test eden şirketler ile düzenleyici otoriteler için iki yönlü de kazanım sağlamaktadır.

İngiltere

İngiltere'deki Elektrik ve Gaz Piyasaları Ofisi (OFGEM) yenilikçilerin şu anda mevcut düzenlemeler altında çalışamayan yeni iş ürünlerini, hizmetlerini ve iş modellerini denemelerine izin vermek için "regulatory sandbox" çalışmalarına 2016 yılında başlanmış olup ilk başvuru çağrısını 2017 yılında yapmıştır. 2017 yılında 2 tane "sandbox" başvuru çağrısı yapılmış olup, toplamda 7 projeye deneme için onay verilmiştir. Deneme katılımcılarına deneme hakkındaki anlayışı, araştırmanın düzenleyici çerçeve içinde nasıl çalışmasını beklediklerini ve denemelere katılan tüketiciler için ihtiyaç duyulan tedbirlere ilişkin "sandbox" mektupları gönderilmiştir. Denemeler mektubun yayınlandığı tarihten itibaren iki yıl sürecektir.

Onay alan projeler arasından 4'ü eşler arası elektrik ticaret platformlarının (peer-to-peer electricity trading platforms) denemesini yapmaktadır. Örneğin: İngiltere'deki mevcut düzenlemelere göre, müşteriler diğer tüketicilerden enerji satın alamamakta veya diğer tüketicilere satış yapamamaktadır ancak EDF Energy R&D UK liderliğindeki bir konsorsiyuma, yerli tüketicilerin kendi aralarında enerji alıp satmalarını sağlayacak yenilikçi bir blokzinciri platformunu deneme yetkisi verilmiştir. Platform, kentsel alanlarda yaşayanların enerjilerini yerel yenilenebilir kaynaklardan elde etmelerine ve bu enerjiyi komşularıyla ticaret yapmalarına, düşük karbonlu enerji tüketimini artırmalarına ve genel enerji maliyetlerini düşürmelerine olanak sağlamayı amaçlamaktadır. Diğer 2 proje yerel fotovoltaik (PV) güneş enerjisi paneli üretimi, yeni pil depolama ve dijital kontrol teknolojilerinden maksimum fayda sağlamayı amaçlayan yeni bir düzeni test edecek olup 1 proje de akıllı ev teknolojisi ürünü ile desteklenen yenilikçi bir enerji tarifesi denemektedir.

Yukarıda yer verilen projelere ek olarak, 2021 Mayıs ayında OFGEM resmi internet sitesinde yayımlanan açıklamada ise 3 adet farklı projeye 1 ile 2 yıl arasında sandbox desteği verileceği açıklanmıştır.

Fransa

Fransa'da enerji düzenleyici sanal alan, 8 Kasım 2019 tarihli Enerji ve İklim Kanunu'nun 61. maddesi ile oluşturulmuştur. İlgili madde Fransız Enerji Düzenleme Komisyonu'na (French Energy Regulatory Commission (CRE)) enerji işlemlerinin iyileştirilmesi, yenilikçi teknoloji ve hizmetlerin uygulamaya geçirilebilmesi, akıllı şebekeler ve altyapıların geliştirilebilmesi adına bazı muafiyetleri tanımlama yetkisi vermektedir. İstisnalar, en fazla dört yıllık bir süre için verilmektedir. En fazla bir kez, başlangıçta verilen istisna ile aynı süre ve aynı koşullar altında yenilenebilmektedir. Fransız Enerji Düzenleme Komisyonu sandbox kapsamında ilk penceresini 2020 yılında açtı. Toplamda 41 başvuru alındı ve başvurular arasında 19 projenin kriterleri sağladığı açıklandı. Kriterleri sağlayan projeler arasında ise komisyonun görev alanına giren; kapalı bir dağıtım ağının oluşturulması, depolama tesislerinin sistem hizmetlerine katılımı ve yerel esnekliğin geliştirilmesi konulu 3 farklı projenin bulunduğu ve değerlendirileceği belirtildi.

Singapur

Enerji Piyasası Otoritesi (Energy Market Authority) Singapur'daki enerji alanındaki yenilikleri desteklemek için Sandbox uygulamasını devreye almıştır. Diğer ülkelerde olduğu üzere Singapur'da da temel amaç yenilikçi çözümlerin test edilebilmesi için geçici düzenleyici muafiyetler verilebileceği güvenli alanların yaratılmasıdır. Devam eden sandbox denemesi olarak 1 Kasım 2018 - 31 Ekim 2021 tarihleri olarak dönemi belirlenen konut zirve yük kaydırma için enerji depolama sistemlerinin kullanılması konusu yer almaktadır.

Elektrik Sektöründe Beklentiler ve Yakın Gelecekte Uygulanabilir Alanlar

Blokzinciri teknolojisi aslında raporun önceki bölümlerinde değinildiği üzere dünyada birçok ülkede enerji sektöründe hâlihazırda uygulanmakta ya da test edilmektedir. Türkiye'de de sektörel beklenti ve ihtiyaçlara binaen yakın gelecekte uygulanabilecek alanların dünyadaki örnekler ile paralellik göstereceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda, blokzinciri teknolojisinin çok daha geniş kullanım olanaklarına haiz olmasına rağmen ilk etapta sektörel beklentilere yönelik olarak yakın gelecekte uygulanabilecek alanlar aşağıda özetlenmektedir.

Sandbox Uygulamaları

Sandbox uygulamaları yurt dışı örneklerde de görüldüğü üzere hem sektör için yeni projelerin, denemelerin ve yatırımların önünü açmakta hem de düzenleyici kurumlar için elektrik kullanıcılarının korunarak mevzuata yönelik gereksinimlerin öğrenilmesine ve tecrübe kazanılmasına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, Türkiye'de elektrik sektöründe sandbox uygulamalarının hayata geçmesi durumunda sadece blokzinciri uygulamaları ile sınırlı kalmadan pek çok proje tipinde yeniliklerin önünün açılacağı ve tüketicilerin memnuniyeti ile sonuçlanacak uygulamaların hayata geçmesine zemin hazırlayacağı düşünülmektedir.

Finansman

Elektrik sektöründe yer alan paydaşların finansman ihtiyacını karşılamak için 3. taraf maliyetini de ortadan kaldıracak şekilde blokzinciri altyapısı ile çalışan sistem ve uygulamaların kullanılması sektöre katkı sağlayabilecektir. Özellikle görevli tedarik şirketleri nezdinde oluşmakta olan finansman maliyetlerinin merkezizsiz tahvil ihraçları sayesinde düşürülebileceği düşünülmektedir.

Elektrikli Araçlar

Özellikle elektrikli araçların şarj istasyonlarında kullanılabilecek olan blokzinciri tabanlı uygulamalar ile elektrikli araç ekosisteminde ödemeler, faturalandırma, enerji tedarik/satışı ve diğer operasyonel işlemlerin kolay yürütülebilmesi mümkün olabilecektir. Böylelikle, ülkemizde ilgi ile beklenen elektrikli araçların rahat kullanımı için daha iyi bir altyapı oluşturulabilecektir.

Eşler Arası İşlemler

Blokzinciri altyapısı ile çalışan sistemler ile müşterilerin kendi aralarında elektrik ticareti yapması denemeleri devam eden bazı projelerde görüldüğü üzere, mümkün olabilmektedir. Örneğin, merkezi bir otorite yerine çatı üstü sistem ile güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi doğrudan eşler arası ticarete konu olabilecektir.

Diğer İşlemler

Faturalandırma, online ödeme, anlık elektrik tüketimini takip etme, veri yönetimi ve kaydı gibi temel operasyonel işlemler ya da sektörün gereksinimlerine göre oluşacak pek çok diğer operasyonel işlem blokzinciri teknolojisi ile çalışacak uygulamalar ile yürütülebilecektir.

Doğal Gaz Sektöründe Beklentiler ve Yakın Gelecekte Uygulanabilir Alanlar

Gaz endüstrisi yavaş yavaş siber güvenlik ve dijitalleşmeye doğru yol alırken, bazı büyük gaz şirketleri de, doğal gaz ticaretinin yönetim seviyesini, verimliliğini ve veri güvenliğini önemli ölçüde artırabilmek için son zamanlarda blokzinciri teknolojisi üzerinde çalışmalar yürütmeye başlamıştır.

Blokzinciri teknolojisinin doğal gaz sektöründeki potansiyel gelişim alanları aşağıda paylaşılmaktadır.

Ticaret

Doğal gaz endüstrisinin arama, geliştirme, toptan satış, perakende, dağıtım vb. dâhil olmak üzere çok bağlantılı bir endüstri olduğu görülmektedir. Bu aşamalarda çok sayıda işlem ve sözleşmenin yer alması nedeniyle blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşme ve diğer özellikler sayesinde ilgili süreçleri kolaylaştırabileceği düşünülmektedir.

Tedarik Zinciri

Doğal gaz ekipmanları üreticiler, tedarikçiler, müteahhitler, taşeronlar ve perakendeciler gibi çeşitli sektör paydaşları aracılığıyla depolanmakta, sipariş edilmekte, nakledilmekte ve dağıtılmaktadır. Bu noktada kaymalar meydana geldiğinde verimlilik ve üretim seviyesi düşecek ve mal kaybı gibi ciddi sorunlar ortaya çıkabilecektir. Blokzinciri ile ekipmanların yaşam döngüsünün takibinin yapılması, lojistik maliyetlerinden tasarruf sağlanması ve operasyonel verimliliğin artırılması sağlanabilecektir.

Yönetim ve Denetim

Blokzincirinin yönetim ve denetim süreçlerini basitleştirerek doğal gaz sistemlerinin bütünlük ve güvenilirlik yönetimini daha başarılı hale getirebileceği düşünülmektedir.

Siber Güvenlik

Karmaşık işletim sistemine sahip olan doğal gaz şirketleri herhangi bir siber saldırıya karşı kritik öneme sahip verilerin güvende kalmasını sağlamak için blokzinciri teknolojisinden fayda sağlayabilecektir.

SONUÇ

Hızla gelişen ve farklı sektörlerdeki katılımcılar tarafından benimsenen blokzinciri teknolojisi, dünyada örnekleri görüldüğü şekilde, Türkiye’de de enerji sektörü için birçok yeniliği hayata geçirme potansiyeline sahiptir. Özellikle enerji ticareti, finansman, şebeke işlemleri, faturalandırma ve ödeme gibi pek çok operasyonel süreçte uygulanabilecek olan blokzinciri teknolojisi ile hem sektör paydaşlarına hem de tüketicilere yeni hizmetler sunularak kolaylık ve katma değer yaratılabilecektir. Tüm bu uygulamaların hayata geçirilmesinde hayati rol oynayan regülatörel gelişmelere bakıldığında ise dünya genelinde ekseriyetle benimsenen bekle ve gör yaklaşımı yerini yavaş yavaş düzenleyici kurumlar tarafından uygulanmaya başlanan sandbox ortamları ile dene ve tecrübe et yaklaşımına bırakılmaktadır. Böylelikle, blokzinciri teknolojisinin elektrik sektöründe uygulanabilmesi için düzenleyici kurumlar gerekli bilgi birikimi ve tecrübeyi edinebilmektedirler.

KATKI VERENLER

Alpay Mert Alpar

ENERJİSA ENERJİ

Regülasyon Uzmanı

Eylül Deniz Menteşe

ENERJİSA ENERJİ

Regülasyon Uzmanı

Gürçay Aksoy

ENERJİSA ENERJİ

Regülasyon Takım Yöneticisi

İstemi Mavi

ELDER

İş Geliştirme ve Ar-GE Koordinatörü

Mehmet Fırat

ENERJİSA ENERJİ

Bilgi Teknolojileri ve Dijital İş Yönetimi Bölüm Başkanı

Mehmet Şerif Sarıkaya

GAZBİR - GAZMER

Proje ve Uluslararası İlişkiler Müdürü

Dr. Oğuzcan Samsun

ENERJİSA ENERJİ

Dijital İş Yönetimi ve İş Zekâsı Grup Müdürü

Onur Uyanusta

EPDK

Enerji Uzmanı

Mustafa Özge Özden

ELDER

Genel Sekreteri

Şebnem Varlı Canan

ENERJİSA ENERJİ

Regülasyon, Dijital Kanallar ve Yönetim Destek Müdürü

Yakup Aydılek

ENERJİSA ENERJİ

İnsan ve Kültür Bölüm Başkanı

Kaynakça

- (1) Sarah, Cheah Lai Yin, Pattalachintı Saiteja, and Ho Yuen Ping. "Blockchain Industries, Regulations and Policies in Singapore." (2018).
- (2) Van der Waal, Esther C., Alexandra M. Das, and Tineke van der Schoor. "Participatory experimentation with energy law: Digging in a 'regulatory sandbox' for local energy initiatives in the Netherlands." *Energies* 13.2 (2020): 458.
- (3) Australian Energy Market Commission, Regulatory Sandbox Arrangements To Support Proof-Of-Concept Trials, Final Report, 26 September 2019. <https://www.aemc.gov.au/sites/default/files/2019-09/Regulatory%20sandbox%20toolkit%20-%20Final%20Report.pdf> (son erişim tarihi: 25.10.2021)
- (4) Livingston, David, et al. "Applying blockchain technology to electric power systems." (2018).
- (5) Mendi, Arif Furkan. "Blokzincir Uygulamaları ve Gelecek Öngörülleri." *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies* 4.1: 76-88.
- (6) Office of Gas and Electricity Markets. "Outcome of Sandbox Window 1." Eylül 2018. https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2018/09/outcome_of_sandbox_window_1.pdf (son erişim tarihi: 24 Eylül 2021)
- (7) Office of Gas and Electricity Markets. "Enabling trials through the regulatory sandbox." Ekim 2018. https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2019/02/enabling_trials_through_the_regulatory_sandbox.pdf (son erişim tarihi 24 Eylül 2021)
- (8) Office of Gas and Electricity Markets. "Regulatory Sandbox Repository" 26.05.2021. <https://www.ofgem.gov.uk/publications/regulatory-sandbox-repository> (son erişim tarihi 24.09.2021)
- (9) Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi. "YEK-G Nedir". <https://yekgnedir.com/> (son erişim tarihi 24.09.2021)
- (10) Enerchain. "Decentrally Traded Decentral Energy." <https://enerchain.ponton.de/> (son erişim tarihi 19.10.2021)
- (11) Fullı, Gianluca. "Electricity sector digitalisation and blockchains." European Commission. 19.06.2021. https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/documents/2021-05_fullı_jrc.pdf (son erişim tarihi: 19.10.2021)
- (12) Mengelkamp, Esther, et al. "Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid." *Applied Energy* 210 (2018): 870-880.
- (13) Burger, Christoph, ve diğ. "Blockchain in the energy transition. A survey among decision-makers in the German energy industry." *DENA German Energy Agency* 60 (2016).
- (14) Blockchain Use Cases. "Blockchain in Energy and Sustainability" Consensus <https://consensus.net/blockchain-use-cases/energy-and-sustainability/> (son erişim tarihi 22.10.2021)



- (15) Blockchain Oil and Gas. "Blockchain Becomes Savior for Oil and Gas" Pixelplex. 19 Ağustos 2021. <https://pixelplex.io/blog/blockchain-oil-gas/> (son erişim tarihi 22.10.2021)
- (16) "Blockchain" Shell. <https://www.shell.com/energy-and-innovation/digitalisation/digital-technologies/blockchain.html> (son erişim tarihi 22.10.2021)
- (17) "Blockchain Technology in the Oil and Gas Industry: A Review of Applications, Opportunities, Challenges and Risks" IEEE, 27 Mart 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8675726> (son erişim tarihi 22.10.2021)
- (18) BTL Powered by Blockchain. "Reinventing Information Management in the Energy Enterprise. BTL. http://btl.co/download/BTL_Powered_by_Blockchain.pdf (son erişim tarihi 22.10.2021)
- (19) Flexigrid. "Enabling Flexibility For Future Distribution Grid" European Commission, Cordis EU Research Results. 27.07.2021 <https://cordis.europa.eu/project/id/864048> (son erişim tarihi: 25.10.2021)
- (20) "Electric Vehicle Grid Integration" Business White Paper, Ocak, 2021. <https://dlt.mobi/wp-content/uploads/2021/02/MOBI-EVGI-0001-White-Paper-2021.pdf> (son erişim tarihi: 25.10.2021)
- (21) "World Bank Issues Second Tranche of Blockchain Bond Via Bond-i." The World Bank. 16.08.2019 <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/08/16/world-bank-issues-second-tranche-of-blockchain-bond-via-bond-i> (son erişim tarihi: 25.10.2021)
- (22) "World Bank Prices First Global Blockchain Bond, Raising A\$110 Million" The World Bank. 23.08.2018. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/08/23/world-bank-prices-first-global-blockchain-bond-raising-a110-million> (son erişim tarihi: 25.10.2021)
- (23) "Avrupa Yatırım Bankası Blokzincirinde Dijital Tahvil Çıkardı" BCTR Türkiye, 29.04.2021. <https://bctr.org/avrupa-yatirim-bankasi-blokzincirinde-dijital-tahvil-cikardi-21989/> (son erişim tarihi: 25.10.2021)
- (24) "The Regulation Sandbox" Toulouse School of Economics, 02.12.2020 <https://www.tse-fr.eu/regulation-sandbox> (son erişim tarihi: 25.10.2021)
- (25) "Regulatory Sandbox for Energy Sector Innovations" Energy Market Authority, 2017. <https://www.ema.gov.sg/Sandbox.aspx> (son erişim tarihi: 25.10.2021)
- (26) "Dispositif d'expérimentation réglementaire" Commission De Regulation De L'Energie, 29.07.2021. <https://www.cre.fr/Transition-energetique-et-innovation-technologique/dispositif-d-experimentation-reglementaire> (son erişim tarihi: 25.10.2021)



BLOCKCHAIN

T Ü R K İ Y E

ENERJİ SEKTÖRÜNDE BLOKZİNCİRİ GELİŞMELERİ

KASIM 2021



Enerji Çalışma Grubu



TÜRKİYE BİLİŞİM VAKFI