

Sürdürülebilir Akıllı Şehir Ekosistemi için Blockchain Tabanlı Yenilikçi Bir Kripto Para Modeli: TENGRİ Coin

Mert Ökten ^a  

ÖZET

Amaç – Bu çalışma, çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden bir blockchain tabanlı model olan TENGRİ Coin'i tanıtmaktadır. Proje, sürdürülebilir akıllı şehir ekosistemlerinde bireylerin çevresel katkılarını ödüllendirmek için yenilikçi bir yaklaşım sunmayı amaçlamaktadır. Geri dönüşüm, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi çevre dostu uygulamaları teşvik ederek, bireylerin karbon ayak izini azaltmalarına katkı sağlar. TENGRİ Coin, bireylerin günlük hayatta çevresel sorumluluklarını yerine getirirken kazanç elde etmelerini sağlayan bir mekanizma sunar.

Tasarım/veri/metodoloji – Çalışma, blockchain teknolojisini kullanarak bireylerin çevresel faaliyetlerini kayıt altına almayı ve bu faaliyetlerden elde edilen katkılarını ödüllendirmeyi hedefleyen bir model geliştirmiştir. Modelde, kullanıcıların geri dönüşüm miktarları, ürettikleri yenilenebilir enerji ve enerji tasarrufu gibi veriler, blockchain ağı üzerinden şeffaf bir şekilde izlenmektedir. Ödüllendirme sistemi, akıllı sözleşmeler aracılığıyla otomatik olarak çalışır ve bireylerin kazandıkları TENGRİ Coin'leri cüzdanlarına aktarır.

Bulgular – TENGRİ Coin modeli, kullanıcıların çevre dostu davranışlarını nicel olarak ölçülebilen bir teşvik mekanizmasıyla desteklemektedir. Blockchain tabanlı şeffaf altyapı hem bireylerin hem de yerel yönetimlerin çevresel katkılarını kolayca takip etmelerine olanak tanır. Bireyler kazandıkları coin'leri, fatura ödemeleri, toplu taşıma, sosyal projeler veya enerji paylaşımı gibi alanlarda kullanabilir.

Özgünlük/değer – Bu çalışma, literatürdeki temel eksiklik olan çevresel katkılarının gerçek zamanlı izlenebilirliği ve tokenize edilmiş ödül sistemleri arasındaki entegrasyonu sağlayan ilk blockchain tabanlı modeldir. Model, yerel yönetimlerle bireyler arasında veri paylaşımını şeffaf bir şekilde yöneterek iş birliği ekosistemini somutlaştırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şehirler, Blockchain, Sürdürülebilirlik, TENGRİ Coin, Yenilenebilir Enerji

An Innovative Blockchain-Based Cryptocurrency Model for Sustainable Smart City Ecosystems: TENGRİ Coin

ABSTRACT

Purpose –This study introduces TENGRİ Coin, a blockchain-based model designed to promote environmental sustainability. The project aims to offer an innovative approach to rewarding environmental contributions in sustainable smart city ecosystems. By encouraging eco-friendly practices such as recycling, energy conservation, and the use of renewable energy, it supports individuals in reducing their carbon footprint. TENGRİ Coin provides a mechanism for individuals to earn rewards while fulfilling their environmental responsibilities in daily life.

Design/data/methodology – The study developed a model that leverages blockchain technology to record and reward individuals' environmental activities. The model tracks metrics such as the amount of waste recycled, renewable energy produced, and energy savings achieved by users. These contributions are transparently recorded on a blockchain network. The reward system operates automatically through smart contracts, ensuring that earned TENGRİ Coins are securely transferred to users' wallets.

Findings – The TENGRİ Coin model has been developed to encourage environmentally friendly behaviour among users by way of an incentive mechanism that can be quantitatively measured. Its blockchain-based transparent infrastructure enables both individuals and local governments to track environmental contributions effectively. Users can utilize the coins they earn for various purposes, including bill payments, public transportation, social projects, and energy sharing.

Originality/value – This is the inaugural blockchain-based model that facilitates the integration of real-time traceability of environmental contributions and tokenised reward systems, thereby addressing a significant lacuna in the extant literature. The model constitutes a collaborative ecosystem by transparently managing data sharing between local governments and individuals.

Keywords: Smart Cities, Blockchain, Sustainability, TENGRİ Coin, Renewable Energy

Geliş Tarihi / Received: 15.01.2025

Kabul Tarihi / Accepted: 18.05.2025

^a Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, mert.okten@cbu.edu.tr, Manisa, Türkiye;

Sorumlu Yazar: mert.okten@cbu.edu.tr



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. Giriş

Sürdürülebilirlik, günümüzde çevresel, ekonomik ve sosyal sorunların çözümü için temel bir yaklaşımdır. Atık yönetimi ve geri dönüşüm, doğal kaynakların korunmasını sağlarken, enerji ve su yönetimi, hem bireysel hem de toplumsal yaşam kalitesini artırmayı hedefler. Akıllı şehirler, bu prensipleri yenilikçi teknolojilerle birleştirerek kent yaşamını daha verimli ve yaşanabilir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, blockchain teknolojisi, şeffaflık ve güvenlik sağlama potansiyeliyle sürdürülebilirlik uygulamalarında etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Sürdürülebilir akıllı şehirler, iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynamaktadır. Dünya Bankası verilerine göre, kentsel alanlar küresel karbon emisyonlarının %70'inden sorumludur (World Bank, 2024). Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKH'ler) (BM Türkiye, 2024) ve Paris Anlaşması'nın (ÇŞİDB, 2024a) 1.5°C hedefi, yerel ölçekte yenilikçi çözümlerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. TENGRİ Coin, bu hedeflere ulaşmak için tasarlanmış bir tokenizasyon modeli olarak, karbon azaltımını finansal teşviklerle birleştirmektedir.

Blockchain tabanlı token sistemleri, işlemleri merkezi olmayan bir defterde kaydederek şeffaflığı artırır ve manipülasyon ihtimalini azaltır (Nakamoto, 2008). Token tabanlı sistemler, akıllı sözleşmeler (smart contracts) aracılığıyla ödüllerin otomatik ve koşula bağlı olarak dağıtılmasını sağlar. Tokenler, geleneksel ödül sistemlerine kıyasla daha esnek ve dönüştürülebilirdir. Özellikle yeşil enerji ve geri dönüşüm projelerinde token bazlı ödüllerin, bireyleri ve işletmeleri daha sürdürülebilir davranışlara teşvik ettiği gözlemlenmiştir (Buterin, 2014). Token tabanlı ödül sistemleri, birçok ülkede net düzenlemelere sahip değildir. Hukuki belirsizlikler ve olası regülasyon değişiklikleri, sistemlerin sürdürülebilirliğini etkileyebilir. Geleneksel teşvik mekanizmaları, hâlihazırda yaygın olduğu için daha kolay kabul görmektedir. Özellikle ticareti yapılabilen kripto tokenler, piyasa dalgalanmalarına açıktır. Bir ödül tokeninin değeri ani değişimler gösterebilir ve bu durum teşviklerin istikrarını bozabilir. Blockchain tabanlı ödül sistemleri, kullanılan mekanizmaya bağlı olarak yüksek enerji tüketebilir. Örneğin, Bitcoin gibi iş kanıtı (Proof-of-Work) tabanlı sistemler büyük enerji gereksinimine sahiptir. Ancak yeni nesil düşük enerji tüketimli mekanizmalar (Proof-of-Stake vb.) bu sorunu büyük ölçüde azaltmaktadır (Sedlmeir vd., 2020). Proof-of-Work (PoW) ve Proof-of-Stake (PoS), blockchain ağlarının konsensüs (mutabakat) mekanizmalarını belirleyen iki temel algoritmadır. Her iki sistem de merkeziyetsiz ağlarda güvenliği sağlamak ve işlemleri doğrulamak için kullanılır. Ancak, bu iki yöntem performans, enerji tüketimi, güvenlik ve merkeziyetsizlik açısından önemli farklılıklar göstermektedir. PoW, işlem doğrulamak ve yeni bloklar eklemek için madencilik (mining) sürecini kullanır (Crypto, 2024). Uzun süredir kullanılması ve yüksek güvenlik mekanizması avantajları arasındayken, yüksek enerji tüketimi ve düşük ölçeklenebilirlik dezavantajlarındandır. PoS, işlemleri doğrulamak için madencilik yerine, ağ katılımcılarının (validator)

varlıklarını stake etmesine (kilitlemesine) dayanır (Crypto, 2024). Düşük enerji tüketimi, daha hızlı ve daha ölçeklenebilirlik sağlarken yeni bir sistem olması ile varlık yoğunlaşması riski taşımaktadır.

Blockchain teknolojisi, atık yönetiminde değişmez kayıtlar (immutable records) ve akıllı sözleşmeler aracılığıyla şeffaflığı ve hesap verebilirliği artırır (Jiang vd., 2023). Atık yönetiminde blockchain teknolojisinin kullanımı, atık takibi, geri dönüşüm teşvikleri ve tedarik zinciri yönetimi gibi süreçlerde şeffaflığı ve katılımı artırma potansiyeline sahiptir. Blockchain teknolojisi, atık yönetimi süreçlerinde sahtekarlık ve veri manipülasyonunu önler. Akıllı kontratlar kullanılarak, atıkların hangi aşamalardan geçtiği, hangi firmalar tarafından işlendiği ve geri dönüşüm sürecinin nasıl yönetildiği anlık olarak takip edilebilir. Blockchain tabanlı sistemlerde, geri dönüşüme katılan bireylere veya şirketlere token tabanlı ödüller verilebilir (Kouhizadeh vd., 2021). Plastik atıkların izlenebilirliği konusunda blockchain tabanlı girişimler yaygınlaşmaktadır. Örneğin, Plastic Bank (Plastik Bank, 2024) gibi projeler, blockchain destekli sistemlerle plastik atık toplayan bireylere token bazlı ödüller sunarak geri dönüşüm sürecini teşvik etmektedir.

Yenilenebilir enerji tokenları, merkeziyetsiz enerji piyasaları (decentralized energy markets) oluşturarak enerji üretim ve tüketim süreçlerini demokratikleştirebilir. Power Ledger (Power Ledger Coin, 2024) platformunda, güneş enerjisi üreticilerinin fazla enerjiyi tokenize ederek peer-to-peer (P2P) şebekelerde satması hem enerji maliyetlerini düşürmüş hem de yerel toplulukların enerji sistemlerine aktif katılımını sağlamıştır (Rahman vd., 2023). Tokenizasyon, küçük ölçekli üreticilerin enerji piyasalarına erişimini kolaylaştırarak enerji demokrasisini destekler. Enerji demokratikleşmesi, bireylerin ve yerel toplulukların enerji üretimi, depolama ve ticareti üzerinde daha fazla kontrole sahip olduğu bir sistem olarak tanımlanır (Andoni vd., 2018). Geleneksel enerji sistemleri genellikle merkezi otoriteler tarafından yönetilirken, yenilenebilir enerji tokenları gibi blockchain tabanlı çözümler enerji piyasalarına daha fazla katılımı teşvik etmektedir. Ancak blockchain tabanlı enerji tokenları, bireylerin doğrudan birbirleriyle enerji ticareti yapmasına olanak tanıyan P2P enerji ticareti sistemlerini mümkün kılar. Yenilenebilir enerji tokenları, küçük ölçekli enerji projelerine yatırım yapılmasını kolaylaştırabilir (Kırlı vd., 2022).

Bu çalışma, sürdürülebilirlik, atık yönetimi ve enerji paylaşımı gibi kavramları blockchain tabanlı bir ödül sistemi ile birleştiren yenilikçi bir model sunmayı amaçlamaktadır. TENGRİ Coin, hem bireyler hem de kurumlar için çevresel katkıyı ödüllendirerek literatüre özgün bir çözüm önerisi getirmektedir.

2. Kuramsal Çerçeve

Blockchain, bir veri kaydı sistemidir ve en basit haliyle “dağıtılmış bir dijital defter” olarak tanımlanabilir. Bu teknoloji, işlemleri güvenli, şeffaf ve değiştirilemez bir şekilde kaydetmek için kullanılır. Veriler, bloklar halinde saklanır ve bu bloklar birbirine

kronolojik olarak zincirlenir. Her bir blok, kendinden önceki bloğun bir özetini (hash) içerir, bu da blok zincirini manipülasyona karşı oldukça dayanıklı hale getirir. Blockchain, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan, dağıtık bir ağ üzerinde çalışan bir yapıdır. Bu sayede sistemin şeffaflığı ve güvenliği sağlanır (Horasan vd., 2021).

Mondal & Kulkarni (2022), kullanıcıları plastikleri geri dönüştürmeye büyük ölçüde teşvik edecek Blockchain tabanlı merkezi olmayan bir uygulama önermişlerdir. Gupta & Mukherjee (2022), akıllı sözleşmeler yoluyla piyasadaki geri dönüştürülebilir atıkların geri kazanımı, nakliyesi, geri dönüşümü ve dağıtımını süreçlerinin akışını otomatikleştirmek için blok zinciri tabanlı bir çerçeve önermişlerdir. Oyebodye vd. (2023), blok zinciri teknolojisi, zaman takibi işlemlerine, veri işlemlerini korumaya ve otomatik bir teşvik sistemine izin verdiği için katı atık yönetimi için uygun bir çözümdür. Yang (2023), Stackelberg oyun modelini kullanarak PV endüstrisinde blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri katılımcılarının fiyatlandırma seçimlerini nasıl etkilediğini araştırmıştır. Thalor vd. (2024), e-atık geri dönüşümünde devrim yaratmaya hazır, öncü ve merkezi olmayan bir platform ile cihazların yeniden kullanımını, yenilenmesini ve geri dönüşümünü teşvik ederek döngüsel elektronik ekonomisi kavramını savunmaktadır.

Ali vd. (2024), BRICS hisse senedi piyasası ile yenilenebilir enerji tokenleri arasındaki bağı araştırmışlar, yenilenebilir enerji tokenlerinin dahil edilmesinin BRICS bölgesindeki yatırımcılara portföy çeşitlendirme faydaları sunduğu sonucuna varmışlardır. Naifar (2025a, 2025b), yapmış olduğu çalışmalarında yenilenebilir enerji tokenlerinin geleneksel temiz enerji yatırımlarıyla artan entegrasyonunun, dijital varlıkların yenilenebilir enerji piyasasında ilgi gördüğünü göstermiştir. Yang vd. (2025), çalışmalarında yenilenebilir enerji tokenleri, fosil yakıtlar ve geleneksel yenilenebilir enerji piyasaları arasındaki yayılmaların zamanla değiştiğini ve çalkantılı dönemlerde yoğunlaştığını, geleneksel yenilenebilir enerji piyasalarının fosil yakıtlara ve yenilenebilir enerji token piyasalarına hakim olduğunu ortaya koymuştur.

Plastic Bank (Okta vd., 2023; Plastik Bank, 2024) kullanıcılar plastik atıkları geri dönüşüme vererek dijital token kazanmaktadır. Power Ledger (Power Ledger Coin, 2024) Avustralya merkezli bir platform, yenilenebilir enerji fazlasını tokenize ederek takas edebilmektedir. ClimateCoin (ClimateCoin, 2024) ise karbon kredisi satın alımını kolaylaştıran bir blockchain projesidir.

Blockchain'in temel özellikleri şu şekildedir (Paliwal vd., 2020);

- Dağıtık Yapı: Veriler merkezi bir sunucuda değil, birçok farklı cihazda (düğümlerde) saklanır.
- Şeffaflık: Ağa katılan herkes, işlemleri görebilir.
- Güvenlik: Kriptografi kullanılarak veriler korunur ve değiştirilemez.
- Değiştirilemezlik: Bir blok, ağa eklendikten sonra geri alınamaz veya değiştirilemez.
- Akıllı Sözleşmeler (Smart Contracts): Blockchain üzerinde belirli kurallara göre

çalışan otomatik sözleşmelerdir.

Blockchain'in kullanıldığı alanlar ise şu şekilde özetlenebilir (Tüfekçi vd., 2019);

- Kripto Paralar: Blockchain, ilk olarak Bitcoin gibi kripto para birimlerinin altyapısını oluşturmak için geliştirilmiştir. Kripto paralar, güvenli, hızlı ve merkeziyetsiz bir şekilde değer transferi sağlar.

- Finans ve Bankacılık: Uluslararası para transferleri (ör. Ripple), ödeme sistemleri ve mikro ödemeler, merkeziyetsiz finans (DeFi) uygulamaları.

- Tedarik Zinciri Yönetimi: Ürünlerin üretimden tüketiciye kadar tüm süreçlerini izlemek için kullanılır, sahte ürünlerin önlenmesi ve tedarik süreçlerinin şeffaf hale getirilmesi.

- Sağlık Sektörü: Hasta kayıtlarının güvenli ve şeffaf bir şekilde saklanması, ilaç tedarik zincirinin izlenmesi.

- Kamu ve Yönetim: Dijital kimlik yönetimi, oylama sistemlerinin güvenli hale getirilmesi, arazi kayıtlarının tutulması.

- Enerji Sektörü: Yenilenebilir enerji kaynaklarının blockchain üzerinden paylaşımı ve satışı, enerji üretimi ve tüketiminin akıllı sözleşmelerle düzenlenmesi.

- Eğitim ve Sertifikasyon: Üniversite diplomalarının ve sertifikaların sahteciliğe karşı blockchain üzerinde doğrulanması.

- Sanat ve Eğlence: NFT'ler (Non-Fungible Tokens) ile dijital sanat eserlerinin ve içeriklerin mülkiyetinin korunması.

- Çevre ve Sürdürülebilirlik: Karbon kredilerinin izlenmesi ve ticareti, atık yönetimi ve geri dönüşüm süreçlerinin kayıt altına alınması.

- Lojistik ve Ulaşım: Nakliye işlemlerinin takibi ve şeffaflık sağlanması, araç paylaşımı ve filo yönetimi.

Avrupa Komisyonu, 2013 yılından bu yana blockchain projelerine destek vermektedir (Avrupa Komisyonu, 2024). Avrupa'nın en büyük bankaları, Hyperledger Fabric tabanlı blockchain platformları kurarak ticaret finansmanı çözümleri geliştirmiştir (Groenfeldt, 2024). Enerji sektöründe, Enerchain projesi eşler arası enerji ticaretine olanak tanımış ve gerçek zamanlı enerji işlemleri sağlamıştır (Merz, 2024). İngiltere'de ise blockchain tabanlı dijital kimlikler, sosyal yardımları yolsuzluk ve hatalardan arındırarak daha etkili yönetmeyi hedeflemiştir (Walport, 2024).

Geleneksel yeşil finansman araçları genellikle kurumsal yatırımcılar için tasarlanmıştır ve bireysel katılımı sınırlandırır. TENGRİ Coin ise mikro ölçekteki çevresel katkıları tokenize ederek, bireyleri doğrudan sürece dahil eder. Bu yaklaşım, yeşil tahvillerin sabit getiri modelinin aksine, dinamik bir ödül sistemine dayanır ve katılımcıların anlık geri bildirim almasını sağlar.

Bireyler (•) ile belediye/devlet kurumlarının (°) ortak hareket ederek sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasını sağlayacak adımlar 6 başlık altında incelenebilir.

- Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm

- Evsel atıkları (organik, plastik, cam, metal) ayrıştırarak geri dönüşüm kutularına atmak.
- Kullanılmış yağları biriktirerek belediye toplama noktalarına teslim etmek.
- Elektronik atıkları belediyenin belirlediği toplama merkezlerine götürmek.
- Kompost üretimi için organik atıklarını belediyenin sağladığı sistemlere yönlendirmek.
- İlçe genelinde geri dönüşüm noktaları kurmak ve farkındalık kampanyaları düzenlemek.
- Atık yağ, elektronik atık ve organik atık toplama sistemlerini organize etmek.
- Organik atıklardan kompost üretimi ve bu kompostu tarım alanlarında kullanmak.
- Atık toplama karşılığında bireyleri teşvik edecek ödül sistemleri oluşturmak.
- Yenilenebilir Enerji Kullanımı
- Çatılarda güneş panelleri kurarak enerji üretmek ve fazla enerjiyi şebekeye satmak.
- Enerji tasarruflu cihazlar kullanarak enerji tüketimini azaltmak.
- Elektrikli araç kullanarak karbon ayak izini düşürmek.
- Bireylere güneş paneli kurulumu için teşvik edici destekler veya düşük faizli krediler sunmak.
- İlçede güneş enerjisi santralleri kurarak toplumsal enerji ihtiyacını karşılamak.
- Toplu taşıma araçlarını elektrikli veya biyodizel kullanacak şekilde dönüştürmek.
- Elektrikli araç şarj istasyonları kurarak kullanımı yaygınlaştırmak.
- Su Yönetimi ve Tasarrufu
- Evlerde su tasarrufu sağlayan musluk ve cihazlar kullanmak.
- Yağmur suyu toplama sistemleri kurarak bu suyu bahçe sulamasında kullanmak.
- Su israfını önlemek için bilinçli tüketim sağlamak.
- Yağmur suyu toplama alanları oluşturarak bu suyu park ve bahçe sulamalarında kullanmak.
- İlçedeki tarım alanlarında damla sulama sistemlerini yaygınlaştırmak.
- Su tasarrufu bilincini artıracak eğitimler ve kampanyalar düzenlemek.
- Toplu Taşıma ve Ulaşım
- Kısa mesafelerde araç yerine bisiklet veya yürüyüşü tercih etmek.
- Toplu taşıma araçlarını kullanarak bireysel araç kullanımını azaltmak.
- Paylaşım ekonomisine katılarak araç paylaşım uygulamalarını kullanmak.
- Elektrikli ve yenilenebilir enerjiyle çalışan toplu taşıma araçları kullanmak.
- Bisiklet yolları ve bisiklet park alanları oluşturarak çevre dostu ulaşımı desteklemek.
- Paylaşımlı elektrikli scooter veya bisiklet sistemleri kurmak.

- Toplu taşıma kullanan bireyler için ödül sistemleri geliştirmek.
- Eğitim ve Bilinçlendirme
- Belediye tarafından düzenlenen çevre ve sürdürülebilirlik eğitimlerine katılmak.
- Çocuklara ve gençlere enerji tasarrufu, geri dönüşüm ve çevre koruma bilinci kazandırmak.
- Sürdürülebilirlik, enerji ve su tasarrufu konularında eğitim programları düzenlemek.
- Halkı bilinçlendirmek için yerel radyo, TV ve sosyal medya kanallarını kullanmak.
- Çevre dostu bireyler ve işletmeler için teşvik edici ödüller veya sertifikalar sunmak.
- Ortaklaşa Blockchain Tabanlı Sistem Kullanımı
- Geri dönüşüme veya enerji tasarrufuna katkı sağladıkça blockchain tabanlı ödül sistemine katılmak.
- Enerji üretim fazlasını blockchain aracılığıyla diğer bireylerle paylaşmak/satmak.
- Geri dönüşüm, enerji paylaşımı ve toplu ulaşım sistemlerini blockchain ile entegre ederek şeffaf bir ödül ve takip sistemi oluşturmak.
- Enerji tüketimini ve tasarrufunu blockchain ile izleyerek verimliliği artıracak projeler geliştirmek.

3. Yöntem

Bu bölümde, TENGRİ Coin'in altyapısını, işleyişini ve ödül sistemlerini içeren blockchain tabanlı model açıklanmaktadır.

TENGRİ (TEN), sürdürülebilir akıllı şehir ekosistemlerini desteklemek amacıyla tasarlanmış yenilikçi bir kripto para modelidir. İsmi Türkiye mitolojisinde "gökyüzü" ve "ilahi düzen" anlamına gelen Tengri kavramından alır; bu hem çevresel dengeyi hem de teknolojik yenilikleri temsil eder. Kısaltması olan TEN, İngilizce'de "10" anlamına gelerek mükemmeliyeti ve yüksek standartları simgeler. Aynı zamanda Tech (teknoloji), Energy (enerji) ve Natural (doğa) kelimelerinin birleşimini ifade eder, böylece TENGRİ'nin teknolojiyi doğayla uyum içinde kullanma hedefini yansıtır. Bu coin, karbon ve su ayak izini azaltmayı teşvik ederken, atık yönetimi ve yenilenebilir enerji kullanımını ödüllendiren bir sistem sunar. Kullanıcılar, kazandıkları coinlerle fatura, toplu ulaşım ve kamu hizmetlerinde ödemeler yaparak sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilir (Erbek, 2002).

TENGRİ Coin'in tasarımı, yalnızca teknik bir araç olarak değil, aynı zamanda kültürel ve tarihî değerleri yansıtan bir sembol olarak da kurgulanmıştır. Bu bağlamda, Anadolu'nun binlerce yıllık mirasından ilham alan motifler, coinin görsel kimliğine entegre edilerek hem yerel aidiyeti güçlendirmekte hem de sürdürülebilirlik hedeflerini

evrensel bir dil ile birleştirmektedir.

Anadolu motifleri, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki zengin kültürel ve tarihî mirasın yansıması olarak birçok sembol ve deseni içerir (Erbek, 2002):

- Baklava deseni: Sürekliliği ve sonsuzluğu simgeler.
- Üçgenler ve kareler: Evrenin düzenini ve korunmayı temsil eder.
- Hayat ağacı: Ölümsüzlük ve yaşam döngüsünün simgesidir.
- Su dalgaları: Temizlik, hayat ve bereketi temsil eder.
- Nazar boncuğu (mavi göz): Kötü enerjilerden korunmayı simgeler.
- Eli belinde: Bereket, kadın gücü ve doğurganlığı temsil eder.
- Koç boynuzu: Erkek gücü, bereket ve kudreti ifade eder.

Şekil 1'de ilhamını Anadolu motiflerinden alan TENGRİ Coin tasarımı gösterilmiştir. Tasarımın ön yüzünde ortada Selçuklu yıldızı içerisinde Türk ay ve yıldızı, etrafında yenilenebilir enerjiyi simgeleyen güneş, rüzgar, biyokütle ve hidro enerji kaynakları ve en altta Göktürk alfabesi ile TENGRİ Coin'in kısaltması olan TEN yazısı bulunmaktadır. Tasarımın arka yüzünde ise Hayat Ağacı'nın etrafına yerleştirilmiş Anadolu motifleri bulunmaktadır. Ayrıca iki yüzde de enerji, sağlık, korunma, arınma gibi anlamlara göre evrensel spiritüel işaretler bulunmaktadır.

Şekil 1. TENGRİ Coin tasarımı

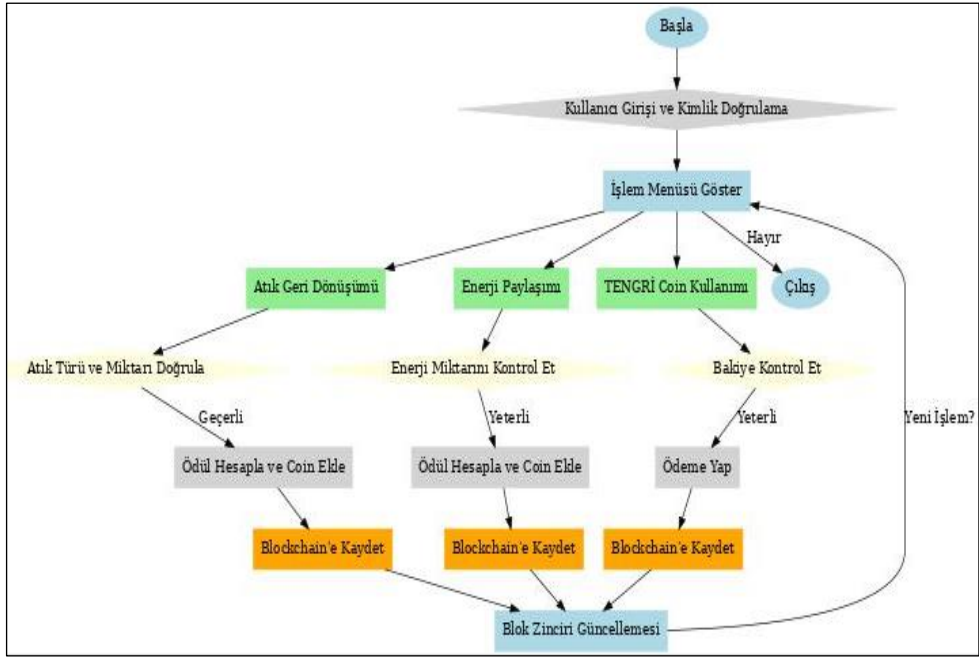


TENGRİ Coin ekosisteminde, kullanıcıların geri dönüşüm miktarları, yenilenebilir enerji üretimi ve enerji tasarrufu verileri şu adımlarla toplanır:

- Akıllı Sayaçlar ve IoT Cihazları: Her geri dönüşüm kutusuna ve enerji üretim noktasına yerleştirilen cihazlar veriyi 5 dakikada bir merkezi sunucuya iletir.
- Veri Doğrulama: Cihaz-düğüm, Hyperledger Fabric ağında girdi doğrulama protokolü ile imzalanır.
- Gizlilik: Kullanıcı kimlikleri, off-chain kimlik yönetim modülü üzerinden tokenize edilir; zincire yalnızca anonimleştirilmiş "katkı verisi" yazılır.
- Güvenlik: Tüm veri iletim katmanında, zincir üzerinde end-to-end şifreleme kullanılır.

Şekil 2’de TENGRİ Coin’in akış şeması gösterilmiştir.

Şekil 2. TENGRİ Coin Akış Şeması



Tablo 1’de sunulan sözde (pseudo) kod, TENGRİ Coin sisteminin işleyişine yönelik dil bağımsız algoritmik bir taslak sunmaktadır. Bu yapı, herhangi bir programlama diline kolayca adapte edilebilecek şekilde hazırlanmıştır. Kullanıcı doğrulama, işlem seçimi, ödüllendirme ve blockchain entegrasyonu gibi temel adımları içermektedir. Blockchain ağı, Proof-of-Stake (PoS) konsensüs mekanizmasıyla çalışır. Her bir işlem, Hyperledger Fabric tabanlı özel bir ağ üzerinde doğrulanır (Hyperledger Fabric, 2024). Enerji paylaşımı için kullanılan algoritma, IEEE 1547-2018 standartlarına uygun olarak tasarlanmıştır (IEEE SA, 2024). Dil bağımsız yapısı sayesinde, farklı dillerdeki uygulamalara uyarlanabilir bir şablon sunmaktadır (Derek, 2023):

Tablo 1. TENGRİ Coin’in Sözde Kodu

Adım	Açıklama	Kod
Blockchain Kurulumu	Blockchain ağı, Proof of Stake (PoS) konsensüs algoritmasıyla çalışır ve TENGRİ Coin işlemlerini işler.	<pre> START # Blockchain ağı kurulumu INITIALIZE Blockchain SET Block_Size = 1 MB SET Consensus_Algorithm = Proof_of_Stake (PoS) </pre>
Kullanıcı Tanımları	Kullanıcılar, enerji tüketimleri, geri dönüşüm miktarları ve ürettikleri enerjiye göre ödüller kazanır.	<pre> #Kullanıcı ve sistem tanımları DEFINE User AS { ID, Wallet_Address, Energy_Consumption, Recycled_Waste, Generated_Energy, TENGRİ_Balance } </pre>

Ödüllendirme Mekanizması	Kullanıcılar, geri dönüşüm ve enerji paylaşımı gibi sürdürülebilirlik teşvikleri karşılığında TENGİRİ Coin kazanır.	<pre> DEFINE Municipality AS { ID, Wallet_Address, Recycling_Facilities, Renewable_Energy_Projects, Public_Services } #TENGİRİ Coin dağıtım ve ödül sistemi FUNCTION Calculate_Reward(User): REWARD = 0 IF User.Recycled_Waste > Threshold THEN REWARD += User.Recycled_Waste * Recycling_Rate ENDIF If User.Generated_Energy > Consumption THEN REWARD += (User.Generated_Energy - Consumption) * Energy_Rate ENDIF RETURN REWARD </pre>
Atık Geri Dönüşümü	Plastik, cam, organik atıklar ve atık yağlar için geri dönüşüm süreçleri ödüllendirilir.	<pre> #Atık geri dönüşümü FUNCTION Process_Recycling(User,Waste_Type,Quantity): VERIFY Waste_Type IN ["Plastic","Glass","Organic","Oil"] IF VERIFIED THEN ADD Quantity TO User.Recycled_Waste REWARD = Calculate_Reward(User) ADD REWARD TO User.TENGİRİ_Balance LOG "Recycling Processed: User" + User.ID + "rewarded with" + REWARD + "TENGİRİ Coins." ELSE LOG "Invalid Waste Type" ENDIF </pre>
Enerji Paylaşımı	Kullanıcılar fazla enerjilerini paylaşarak veya satın ödüller kazanabilir.	<pre> #Yenilenebilir enerji paylaşımı FUNCTION Share_Energy(User,Energy_Amount): IF User.Generated_Energy >= Energy_Amount THEN SUBTRACT Energy_Amount FROM User.Generated_Energy ADD Energy_Amount TO Municipality.Renewable_Energy_Project REWARD = Energy_Amount * Energy_Rate ADD REWARD TO User.TENGİRİ_Balance LOG "Energy Shared: User" + User.ID + "rewarded with" + REWARD + "TENGİRİ Coins." ELSE LOG "Insufficient Energy to Share" ENDIF </pre>
Ödeme ve Kullanım	Kazanılan TENGİRİ Coin, toplu ulaşım, elektrik faturası veya belediye hizmetlerinde kullanılabilir.	<pre> #Ödeme ve harcama işlemleri FUNCTION Use_TENGİRİ_Coin(User,Payment_Amount,Service_Type): IF User.TENGİRİ_Balance >= Payment_Amount THEN SUBTRACT Payment_Amount FROM User.TENGİRİ_Balance LOG "Payment Processed: User" + User.ID + "used" + "Payment_Amount" + "TENGİRİ Coins for" + Service_Type ELSE LOG "Insufficient Balance" ENDIF </pre>
Blockchain İşlemleri	İşlemler doğrulandıktan sonra blok zincirine eklenir ve yeni blok oluşturulduğunda sistem kendini günceller.	<pre> #Blok zincirine işlem ekleme FUNCTION Add_Transaction_To_Blockchain(Transaction): VERIFY Transaction IF VERIFIED THEN ADD Transaction TO Current_Block LOG "Transaction Added" ELSE LOG "Invalid Transaction" ENDIF #Yeni blok oluşturma FUNCTION Create_New_Block(): </pre>

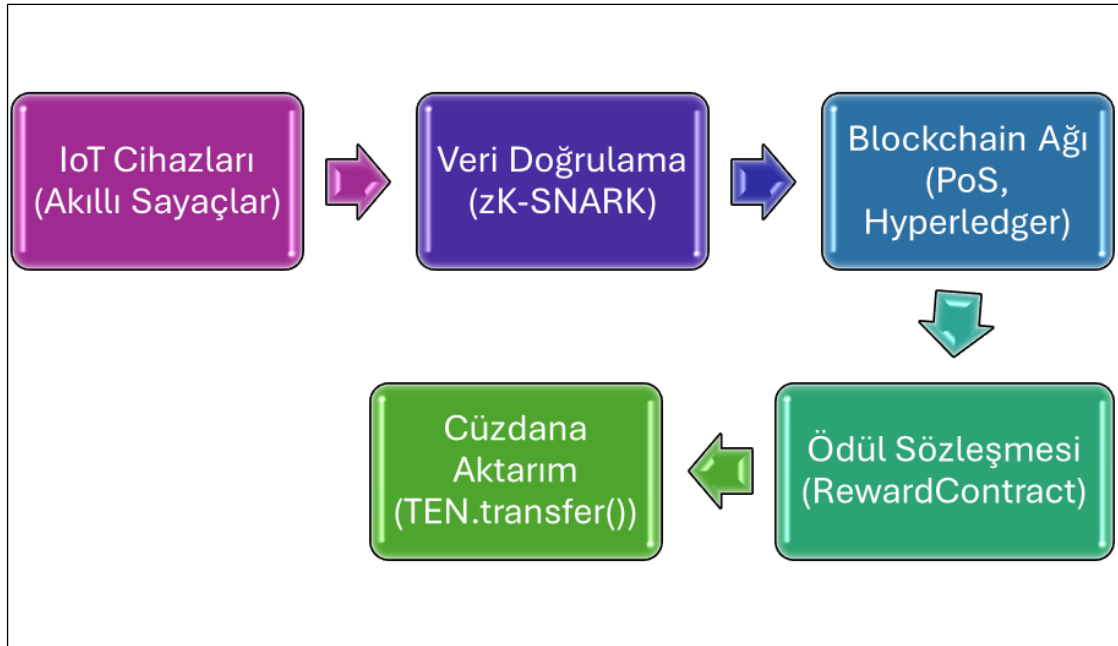
```

IF Current_Block.Size >=
Block_Size OR TIME_SINCE_LAST_BLOCK > Block_Time THEN
SEAL Current_Block
ADD Current_Block TO Blockchain
LOG "New Block Created and Added to Blockchain"
ENDIF
#Sistemin sürekli çalışması
WHILE TRUE:
PROCESS User Requests
PROCESS Municipality Requests
IF Blockchain Needs New Block THEN
CALL Create_New_Block()
ENDIF
END WHILE
END

```

TENGRİ Coin'in sözde (pseudo) kodu, kullanıcı ödüllendirme ve blockchain entegrasyonu süreçlerini özetlemektedir. Bu yapı, akıllı şehirlerde sürdürülebilirliği teşvik eden temel işlevleri detaylandırır.

Şekil 3. TENGRİ Coin ağ topolojisi ve işlem akışı



Şekil 3'te TENGRİ Coin ağ topolojisi ve işlem akışı gösterilmiştir. Buna göre;

- Kullanıcı mobil uygulamada "geri dönüşüm bildirimi" gönderir → JSON formatında üretilir.
- Ödül sözleşmesi RewardContract.registerContribution() fonksiyonu tetiklenir.
- Seçkin PoS validatörü, işlem blokta konsolide edilene kadar geçici doğrulama yapar.
- Onaylanan işlem, Hyperledger Fabric channel'ında yayınlanır, tüm düğümler güncellenir.
- TEN.transfer() fonksiyonu ile kullanıcı cüzdanına otomatik gönderim sağlanır.

Bu çalışmanın yazım sürecinde, literatür taraması ve veri organizasyonu aşamalarında yapay zeka destekli araçlar (ör. Grammarly, ChatGPT, DeepSeek) kullanılmıştır. Ancak, analizler, model tasarımı ve akademik yorumlamalar tamamen

yazarın entelektüel katkısıyla gerçekleştirilmiştir. AI, yalnızca dilsel iyileştirmeler ve kaynak yönetimi için destekleyici bir rol üstlenmiştir.

4. Bulgular

Bulgular, TENGRİ Coin'in kazanma yöntemleri, kullanım alanları ve sağladığı avantajları analiz etmektedir. Bu, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma potansiyelini ortaya koymaktadır.

TENGRİ Coin kazanma yöntemleri;

- Geri dönüşüm ve atık yönetimi; evsel atıkları (plastik, cam, metal, kağıt) ayrıştırıp belediye geri dönüşüm merkezlerine teslim etmek, kullanılmış yağları biriktirerek biyodizel üretim için teslim etmek, elektronik atıkları belediyenin toplama merkezlerine bırakmak, kompost üretim sistemi aracılığıyla organik atıkları dönüştürmek.

- Yenilenebilir enerji üretimi; çatısında güneş paneli kurarak enerji üretimi yapmak ve fazla enerjiyi şebekeye satmak, rüzgar türbini veya biyogaz sistemleri gibi bireysel yenilenebilir enerji üretim sistemleri kullanmak. Örneğin; Mehmet Bey, çatısındaki güneş enerjisi panelleri ile fazladan 5 kWh enerji üretti. Bu fazla enerji için blockchain üzerinden alıcı buldu, 5 TEN karşılığında satışı gerçekleştirdi.

- Su tasarrufu ve yönetimi; yağmur suyu toplama sistemlerini kullanarak su tasarrufu sağlamak, akıllı su ölçüm cihazları ile su tüketimini kontrol altında tutmak.

- Toplu taşıma ve çevreci ulaşım; toplu taşıma araçlarını kullanarak karbon ayak izini düşürmek, elektrikli araç paylaşım sistemlerini kullanmak, bisiklet veya yürüyüş gibi çevre dostu ulaşım yöntemlerini tercih etmek.

- Eğitim ve çevre bilinci katkıları; çevre ile ilgili belediye veya devlet kurumlarının düzenlediği eğitim ve seminerlere katılmak, çevre bilincini artıran bireysel veya toplumsal projelerde yer almak.

- TENGRİ Coin kullanım alanları;

- Fatura ve ödeme sistemleri; elektrik, su ve doğal gaz faturalarının ödenmesi, atık toplama ve geri dönüşüm hizmet ücretlerinin karşılanması.

- Toplu ulaşım; toplu taşıma araçlarında bilet veya abonman ödemelerinde kullanmak, elektrikli scooter, bisiklet veya araç paylaşım sistemlerinde ödeme yapmak. Örneğin; Ayşe Hanım, mutfak atıklarını ayırarak 10 kg plastik topladı, mobil uygulamada bildirimini yaptı ve 2 TEN cüzdanına aktarıldı. Aynı gün içerisinde de belediye otobüsüne binerken bu coin'leri kullanarak yolculuk ücretini ödedi.

- Yerel hizmetler; belediye otopark ücretlerinin ödenmesi, belediyenin düzenlediği etkinliklere katılım biletlerinin satın alınması, sosyal hizmet projeleri (örneğin, yardıma muhtaç bireyler için bağış yapma).

- Yerel market ve esnaf; yerel çiftçilerden veya üreticilerden sürdürülebilir ürünler satın almak, geri dönüşümden elde edilen ürünleri satın almak.

- Enerji paylaşımı; yenilenebilir enerji üreten bireylerin fazla enerjilerini blockchain tabanlı sistemle satışa sunarak coin kazanması, enerji ihtiyacı olan bireylerin bu enerjiye TENGRİ Coin ile ulaşması.

- Çevre dostu projelerin finansmanı; bireysel veya toplumsal çevre projelerine destek verilmesi ve bağış yapılması, akıllı şehirlerin altyapı geliştirme projelerinde kullanılabilir.

- Eğitim ve bilinçlendirme; çevre ve sürdürülebilirlik eğitimlerine katılım ücretlerinin ödenmesi, çocuklar için sürdürülebilirlik temalı etkinliklere giriş sağlanması.

- TENGRİ Coin ile sağlanacak avantajlar;
- Bireylerin çevreye olan katkılarını ödüllendiren ve teşvik eden bir sistem.
- Blockchain tabanlı olduğu için şeffaf, güvenilir ve izlenebilir bir yapı.
- Yerel ekonomiyi destekleyen ve sürdürülebilirlik temelli bir ekosistem oluşturulması.

- Akıllı şehirlerin daha yaşanabilir hale gelmesi için teknolojik entegrasyon.

Bu yapı, hem bireysel hem de toplumsal faydayı artırırken, çevre bilincini yaygınlaştırmayı ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik eder. Ayrıca, karbon kredisi ticareti yapan global platformlara dahil edilerek uluslararası ölçekte de kullanılabilir.

TENGRİ Coin'in güçlü ve zayıf yönlerini, fırsatlarını, tehditlerini ve çevresel faktörlerin etkilerini anlamak için SWOT ve PESTLE analizleri yapılmıştır. SWOT kriterleri, Amega et al. (2024) modelleri referans alınarak adapte edilmiştir. PESTLE boyutlarında ise Münter (2024) çerçevesi kullanılmıştır. Her faktör, literatürdeki benzer çalışmalarda performans göstergeleri ve yerel yönetim görüşleriyle (İçişleri Bakanlığı, 2024) parametrik olarak belirlenmiştir.

4.1. SWOT Analizi

Strengths (Güçlü Yönler);

- Çevre Dostu Amaçlar: Atık yönetimi, karbon ve su ayak izi azaltımı gibi sürdürülebilirlik odaklı hedeflerle çevreye katkı sağlar.

- Blockchain Teknolojisi: Şeffaf, güvenilir ve izlenebilir bir sistem sunarak güven oluşturur.

- Yerel Ekonomi Desteği: Yerel üreticileri ve küçük işletmeleri destekleyen bir ekonomik model oluşturur.

- Teşvik Sistemleri: Bireylerin sürdürülebilir davranışlarını ödüllendirerek katılımı artırır.

- Anadolu Kültürü ile Bağlantı: Anadolu motiflerini kullanarak güçlü bir kültürel bağ kurar ve toplumsal sahiplenme sağlar.

Weaknesses (Zayıf Yönler);

- Eğitim ve Farkındalık Eksikliği: Blockchain teknolojisinin karmaşıklığı ve halkın bu konuda yeterince bilinçli olmaması.

- Altyapı Gereksinimleri: Akıllı sayaçlar, geri dönüşüm merkezleri ve enerji şebekesi gibi altyapı yatırımlarının yüksek maliyeti.
 - Kapsama Alanı: İlk aşamada sadece belirli bir bölgede uygulanabilir, yaygınlaşması zaman alabilir.
 - Teknolojiye Bağımlılık: Blockchain altyapısındaki teknik hatalar veya güvenlik açıkları risk oluşturabilir.
- Opportunities (Fırsatlar);
- Devlet Desteği: Sürdürülebilirlik ve yenilenebilir enerji odaklı devlet teşviklerinden yararlanabilir.
 - Artan Çevre Bilinci: Giderek daha fazla insan çevre dostu projelere katılmak istiyor.
 - Global Karbon Kredisi Pazarları: Projenin uluslararası karbon ticareti ve sürdürülebilirlik projelerine entegre olma potansiyeli.
 - Dijitalleşme Trendleri: Akıllı şehir projeleri ve dijital ödeme sistemlerinin yaygınlaşması.
- Threats (Tehditler);
- Yasal Engeller: Blockchain teknolojisinin düzenlenmesine ilişkin belirsizlikler veya kısıtlayıcı yasalar.
 - Rekabet: Benzer amaçlarla geliştirilen diğer dijital para projeleri.
 - Ekonomik Dalgalanmalar: Kripto paraların değerinde ani değişimler yaşanabilir.
 - Kullanıcı İlgisizliği: Teknoloji ve geri dönüşüm süreçlerine katılım düşük kalabilir.

SWOT analizi, TENGRİ Coin projesinin hem içsel özelliklerini hem de dışsal çevresel faktörlerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Projenin teknolojik, çevresel ve sosyo-ekonomik boyutları, akademik çalışmalar (Sedlmeir vd., 2020; Kouhizadeh vd., 2021), sektör raporları (Chainalysis, 2024) ve benzer blockchain projelerinin (Plastic Bank, 2024; Power Ledger, 2024) deneyimleri incelenerek desteklenmiştir. Blockchain altyapısının teknik riskleri (örn. Solana ağındaki 18 saatlik kesinti örneği) ve yerel yönetimlerle yapılan ön görüşmelerden elde edilen bilgiler analize dahil edilmiştir. Faktörler, projenin sürdürülebilirlik hedefleri (örn. AB'nin "Fit for 55" hedefi) ve Türkiye'deki mevzuat (Resmi Gazete, 2024) göz önünde bulundurularak önceliklendirilmiştir. Bu analiz, literatür taraması ve benzer projelerde bildirilen performans göstergelerinden elde edilen verilerin sentezlenmesiyle oluşturulmuş, böylece projenin stratejik planlaması için temel bir değerlendirme aracı haline getirilmiştir.

4.2. PESTLE Analizi

Siyasi açıdan;

- Devlet Politikaları: Çevre ve sürdürülebilirlik politikaları, geri dönüşüm ve

yenilenebilir enerji konularında hükümet teşvikleri.

- Yasal Düzenlemeler: Blockchain ve kripto para düzenlemelerinin belirsizliği.
- Yerel Yönetim İşbirliği: Belediyelerle yapılacak işbirlikleri ve yerel düzenlemeler.

Ekonomik açıdan;

- Yatırım ve Maliyet: Projenin hayata geçirilmesi için başlangıç maliyetleri ve devam eden operasyonel maliyetler.
- Kripto Para Ekonomisi: Kripto paraların volatil doğası ve piyasa riskleri.
- Yerel Ekonomi Desteği: Projenin yerel üreticiler ve işletmelere sağlayacağı ekonomik katkılar.

Sosyal açıdan;

- Çevre Bilinci: Halkın geri dönüşüm, enerji tasarrufu ve çevre projelerine olan ilgisi.
- Eğitim ve Farkındalık: Teknolojinin ve çevre bilincinin benimsenmesi için eğitim programlarının gerekliliği.
- Kültürel Katkı: Anadolu motifleri ve isim seçimiyle toplumun projeye sahip çıkma olasılığı.

Teknolojik açıdan;

- Blockchain ve Kripto Teknolojisi: Şeffaflık ve güven sağlamak için güçlü bir blockchain altyapısı.
- Akıllı Şehir Teknolojileri: Akıllı sayaçlar, yenilenebilir enerji sistemleri ve diğer teknolojik altyapılar.
- Güvenlik ve Siber Riskler: Blockchain sistemlerinin güvenliğine yönelik tehditler.

Yasal açıdan;

- Kripto Para Regülasyonları: Türkiye’de ve uluslararası düzeyde kripto paraların kullanımıyla ilgili düzenlemeler.

- Çevre Yasaları: Atık yönetimi ve yenilenebilir enerji ile ilgili yasal gereklilikler.

Çevresel açıdan;

- Doğal Kaynakların Kullanımı: Yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı.
- Atık Yönetimi: Plastik, cam, yağ gibi atıkların geri dönüşümü ve çevreye katkısı.
- Karbon Azaltımı: Projenin karbon ayak izi azaltma hedefleri doğrultusunda çevreye katkısı.

SWOT ve PESTLE analizleri, TENGRİ Coin projesinin güçlü bir temele sahip olduğunu, ancak bazı zorluklarla karşılaşabileceğini göstermektedir. Özellikle eğitim, farkındalık ve altyapı gereksinimleri gibi konulara odaklanarak projenin başarı şansı artırılabilir gibi ayrıca, devlet politikaları ve yerel yönetimlerle işbirliği yaparak yasal

ve ekonomik fırsatlardan da yarar sağlanabileceği görülmektedir. SWOT analizindeki 'teknolojiye bağımlılık' riski, 2023'te Solana blockchain ağında yaşanan 18 saatlik kesinti örneğiyle desteklenmiştir (Cryptopotato, 2024). Benzer şekilde, PESTLE'in 'yasal' boyutunda, Türkiye'nin 2024 Kripto Varlık Kanunu'nun belediye tokenlerini düzenlememesi, modelin yasal belirsizliğini vurgulamaktadır (Resmi Gazete, 2024). Analizler, blockchain tabanlı projelerde altyapı maliyetlerinin ortalama %40'ının güvenlik harcamalarına ayrıldığını gösteren Chainalysis verileriyle desteklenmiştir (Chainalysis, 2024).

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, sürdürülebilirlik, atık yönetimi ve enerji paylaşımı alanlarında blockchain tabanlı bir çözüm olarak TENGRİ Coin modelini önermektedir. TENGRİ Coin, bireyleri ve kurumları çevre dostu davranışlara teşvik ederek hem yerel hem de küresel ölçekte çevresel katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu sistem, şeffaflık, güvenilirlik ve izlenebilirlik gibi blockchain teknolojisinin temel özelliklerinden faydalanarak, geri dönüşüm ve enerji tasarrufu gibi eylemleri ödüllendiren yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca, toplumsal farkındalık ve bireylerin aktif katılımı ile sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada etkili bir araç olarak kullanılabilir.

TENGRİ Coin, özellikle dezavantajlı grupları da sürece dahil etmeyi hedefler. Belediyelerle iş birliğiyle köy ve gecekondularda dijital okuryazarlık eğitimleri verilerek internete erişimi kısıtlı kullanıcılar için kiosklar ve SMS tabanlı bildirim kanalları ile kapsayıcılığı ve erişilebilirliği artacaktır.

Projenin beklenen çıktıları şu şekilde özetlenebilir:

- Mevcut karbon emisyon verileri (ÇŞİDB, 2024b) baz alınarak enerji tasarrufu ve geri dönüşüm artışı parametrelerinin kümülatif etkisi (%60 enerji tasarrufu-%40 geri dönüşüm artışı) hesaplanmış ve blockchain tabanlı sistemin uygulanmasıyla, bölgesel karbon emisyonlarının %10-20 arasında azalması beklenmektedir.
- Plastic Bank (2024) gibi benzer projelerde plastik geri dönüşüm oranlarının %40-60 arttığı gözlemlenmiştir. Türkiye'deki mevcut geri dönüşüm oranları (~%13), projenin teşvik mekanizmaları (token ödülleri) ve blockchain tabanlı ödül sistemlerinin katılım oranlarını %30-60 artırdığına dair literatür bulguları (Gupta & Mukherjee, 2022) dikkate alınarak katılım oranının %40-50 artması halinde, geri dönüşüm kapasitesinin doğrusal olarak yükseleceği %30-50 arasında bir artış sağlanabileceği öngörülmektedir.
- Power Ledger gibi P2P enerji paylaşım sistemlerinde enerji verimliliğinin %10-30 arttığı rapor edilmiştir (Rahman vd., 2023). TENGRİ Coin'in yerel enerji paylaşımı ve akıllı şebeke entegrasyonu bu oranın ortalama %20 civarında olacağı öngörülmektedir.
- Literatürde blockchain tabanlı ödüllerin katılımı %30-60 artırdığı gözlemlenmiştir (Gupta & Mukherjee, 2022). TENGRİ Coin'in fatura ödemeleri gibi pratik

kullanım alanlarıyla katılımın %50'ye çıkacağı tahmin edilmektedir.

Energy Web Token (EWT) (Energy Web Token, 2024) ve Power Ledger (Power Ledger Coin, 2024) gibi projeler, enerji paylaşımını merkezsizleştirmeyi hedeflerken, TENGRİ Coin kapsamı daha geniş bir sürdürülebilirlik ekosistemini kapsar. Örneğin, Power Ledger yalnızca enerji ticareti odaklıyken, TENGRİ Coin geri dönüşüm, su tasarrufu ve toplu taşıma gibi çoklu davranışsal parametreleri ödüllendirir. Ayrıca, EWT'nin aksine, TENGRİ Coin yerel yönetimlerle doğrudan entegre bir ödeme altyapısı sunar.

Türkiye'nin Kripto Varlık Kanunu (2024) hâlen belediye tokenlerini kapsamamaktadır. Proje, regülasyon değişikliklerine adaptasyon için modüler smart contract yapısı öngörmektedir. TENGRİ Coin'in başarılı bir şekilde hayata geçirilebilmesi için, öncelikle belirli pilot bölgelerde test edilmesi önerilmektedir. Bu bölgeler, geri dönüşüm ve enerji paylaşımının teşvik edilebileceği altyapıya sahip yerler olarak seçilebilir. Pilot uygulamalardan elde edilecek sonuçlar, sistemin etkinliğini değerlendirmek ve genişletme planlarını optimize etmek için kullanılabilir. Türkiye'nin 922 ilçesi ve 1402 belediyesinde (İçişleri Bakanlığı, 2024) pilot uygulamalarla başlayarak, yerel yönetimlerin sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlayabilir.

TENGRİ Coin'in karbon azaltım hedefleri, Paris Anlaşması'nın Ulusal Katkı Beyanları (NDC'ler) ile uyumludur (ÇŞİDB, 2024b). Örneğin, Avrupa Birliği'nin 'Fit for 55' paketi, 2030'a kadar karbon emisyonlarını %55 azaltmayı hedeflemektedir (Avrupa Birliği, 2024). Modelimiz, bu tür küresel taahhütleri yerel ölçekte uygulanabilir kılarak, Türkiye'nin 2053 net-sıfır hedefine katkı sağlayacak bir araç olarak konumlandırılmaktadır.

Blockchain tabanlı sistemler, hem bireylerin hem de kurumların katkılarını şeffaf bir şekilde ölçerek bu sürecin yönetimini kolaylaştıracaktır. Ulusal düzeyde ise, TENGRİ Coin, karbon kredisi ticareti ve enerji paylaşımı gibi uluslararası sürdürülebilirlik projelerine entegre edilerek Türkiye'nin çevresel hedeflerini destekleyecek bir model sunabilir.

Bu sistem, sadece çevresel sürdürülebilirlik için değil, aynı zamanda yerel ekonomiyi canlandırmak ve bireyleri toplumsal fayda sağlayan projelere katılmaya teşvik etmek için bir araç olarak değerlendirilebilir. Ancak, TENGRİ Coin henüz yeni bir model olduğundan, geliştirilebilirlik en kritik hususlardan biridir. Örneğin, kullanıcı dostu bir mobil uygulama entegrasyonu ile katılım oranları artırılabilir veya yapay zeka tabanlı bir öneri sistemiyle kullanıcıların çevresel katkıları kişiselleştirilebilir. Ayrıca, pilot bölgelerdeki verimlilik analizlerinin sonuçlarına göre ödül mekanizmaları optimize edilebilir (örneğin, enerji tasarrufu yüksek olan bölgelerde token değerinin artırılması). Diğer yandan, küresel karbon kredisi pazarlarına entegrasyon için akıllı sözleşmelerin uluslararası standartlara uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Bu süreçte, kullanıcı eğitim programları ve yerel yönetimlerle iş birlikleri, modelin benimsenmesini

kolaylaştıracaktır. Sonuç olarak, TENGRİ Coin'in dinamik bir geliştirme çerçevesiyle desteklenmesi, hem teknik hem de sosyal açıdan sürdürülebilir bir ekosistemin inşasına katkı sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması

Yazar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanması ile ilgili olarak herhangi bir potansiyel çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik Onay

Bu çalışma için herhangi bir etik onay gerekmemektedir.

Finansman

Bu çalışma için herhangi bir dış fon alınmamıştır.

ORCID

^a Mert Ökten, <http://orcid.org/0000-0003-0077-4471>

KAYNAKÇA

- Abadi, J., & Brunnermeier, M. K. (2021). *Blockchain Economics*. https://markus.scholar.princeton.edu/sites/g/files/toruqf2651/files/blockchain_paper_v11f.pdf (12.11.2024)
- Ali, S., Umar, M., Naveed, M., & Shan, S. (2024). Assessing the impact of renewable energy tokens on BRICS stock markets: A new diversification approach. *Energy Economics*, 134, 107523. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107523>
- Amega, K., Moumouni, Y., Lare, Y., Bhandari, R., Takaudo, P., & Madougou, S. (2024). Power system transformation in emerging countries: A SWOT/ PESTLE analysis approach towards resiliency and reliability. *Heliyon*, 10, e33018. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33018>
- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2018). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 143-174. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>
- Avrupa Birliği. (2024). 'Fit for 55': Council adopts key pieces of legislation delivering on 2030 climate targets. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/04/25/fit-for-55-council-adopts-key-pieces-of-legislation-delivering-on-2030-climate-targets/> (15.11.2024)
- Avrupa Komisyonu. (2024). European Commission launches the EU Blockchain observatory and forum, 2018. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_18_521 (18.11.2024)
- Birleşmiş Milletler Türkiye. (2024). Birleşmiş milletler sürdürülebilir kalkınma amaçları. <https://turkiye.un.org/tr/sdgs>. (12.11.2024)
- Buterin, V. (2014). A next-generation smart contract and decentralized application platform, *Ethereum whitepaper*. https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum_white_paper-a_next_generation_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-

[buterin.pdf](#) (05.01.2025)

Chainalysis: The Blockchain Data Platform. (2024). <https://www.chainalysis.com> (18.11.2024)

Climate Coin. (2024). <https://www.climateaction.org/images/uploads/documents/CLIMATECOIN-WHITEPAPER-1.pdf>. (19.11.2024)

Crypto. (2024). *Proof of Work vs Proof of Stake*. <https://crypto.com/tr/university/proof-of-stake-vs-proof-of-work> (19.11.2024)

Cryptopotato. (2024). *Solana ağındaki 18 saatlik kesintinin nedeni neydi? solana ekibi açıkladı*. <https://cryptopotato.com/language/tr/solana-agindaki-18-saatlik-kesintinin-nedeni-neydi-solana-ekibi-acikladi/#:~:text=Solana%20ekibinin%20birkaç%20dakika%20içinde,da%20ağın%20kesintiy e%20uğramasıyla%20sonuçlandı> (21.11.2024)

Derek, S. (2023). Tokenized carbon credits. *Ledger*. 8. <https://doi.org/10.5195/ledger.2023.294>.

Erbek, M. (2002). *Anadolu motifleri: Çatalhöyük'ten günümüze*. Kültür Bakanlığı Yayınları, ISBN: 9751727901, s. 217, Ankara.

Energy Web Token. (2024). Enerji Web Tokeni. <https://www.energyweb.org>. (26.11.2024)

Groenfeldt, T. (2024). *7 European banks form blockchain consortium for SMEs*, 2017. <https://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2017/06/28/7-europeanbanks-form-blockchain-consortium-for-smes/#4301004f3818> (26.12.2024)

Gupta, Y. S., & Mukherjee, S. (2022). *A reward-based framework for recovery and utilization of recyclable wastes using blockchain*. OITS International Conference on Information Technology (OCIT), 609-613, Bhubaneswar, India. <https://doi.org/10.1109/OCIT56763.2022.00118>

Horasan, A., Pura, T., & Sönmez, F. (2021). Yeni nesil veri güvenliği bağlamında dağıtık sistemler üzerinde blockchain kullanımı ve Bitcoin uygulaması. *Fenerbahçe Üniversitesi Tasarım, Mimarlık ve Mühendislik Dergisi*, 1(2), 110-118.

Hyperledger Fabric. (2024). *A blockchain platform for the enterprise, hyperledger fabric*. <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-2.5/> (21.11.2024)

IEEE Standards Association (IEEE SA). (2024). *IEEE 1547-2018, IEEE standard for interconnection and interoperability of distributed energy resources with associated electric power systems interfaces*. <https://standards.ieee.org/ieee/1547/5915/>

Jiang, P., Zhang, L., You, S., Van Fan, Y., Tan, R. R., Klemes, J. J., & You, F. (2023). Blockchain technology applications in waste management: Overview, challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 421, 138466. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138466>

Kirli, D., Couraud, B., Robu, V., Salgado Bravo, M., Norbu, S., Andoni, M., Antonopoulos, I., Negrete Pincetic, M., Flynn, D., & Kiprakis, A. (2022). Smart contracts in energy systems: A systematic review of fundamental approaches and implementations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112013. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112013>

Kouhizadeh, M., Saberi, S., & Sarkis, J. (2021). Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. *International Journal of Production Economics*, 231, 107831. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107831>

Miśkiewicz, R., Matan, K., & Karnowski, J. (2022). The role of crypto trading in the economy, renewable energy consumption and ecological degradation. *Energies*, 15, 10, 3805.

<https://doi.org/10.3390/en15103805>

- Merz, M. (2024). *Enerchain project overview and key insights*, 2018. <https://hamburg-business.com/en/news/blockchain-energy-based-projects-across-hamburg> (24.01.2025)
- Mondal, S., & Kulkarni, S. G. (2022). *A blockchain based transparent framework for plastic waste management*. 14th International Conference on COMMunication Systems & NETworkS (COMSNETS), 332-334, Bangalore, India. <https://doi.org/10.1109/COMSNETS53615.2022.9668574>
- Münter, M. T. (2024). PESTLE-Analysis. Reference Module in Social Sciences. Naifar, N. (2025a). Interactions between renewable energy tokens, oil shocks, and clean energy investments: Do COP26 policies matter? *Energy Policy*, 198, 114497. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114497>
- Naifar, N. (2025b). Redefining market interdependencies: The ethereum merge's effect on 4IR assets, renewable energy, and tokens. *Finance Research Letters*, 73, 106680. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.106680>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. https://www.ussc.gov/sites/default/files/pdf/training/annual-national-training-seminar/2018/Emerging_Tech_Bitcoin_Crypto.pdf (14.11.2024)
- Okta, P., Made, U., & Upayana, S. (2023). Blockchain technology for circular economy in Plastic Bank. *Sinkron*. 8. 637-646. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i2.12210>.
- Oyebode, O. J., Chhabra, S., Thakur, G. D, N., Ibrahim, W. K., & Alazzam, M. B. (2023). *Improvement of solid waste management by using blockchain technology*. 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE), 621-625, Greater Noida, India. <https://doi.org/10.1109/ICACITE57410.2023.10182424>
- Paliwal, V., Chandra, S., & Sharma, S. (2020). Blockchain technology for sustainable supply chain management: A systematic literature review and a classification framework. *Sustainability*, 12, 18, 7638. <https://doi.org/10.3390/su12187638>
- Peng, P., Liang, F., Fu, Y., Chen, Y., Qui, L. S., & Qi, H. (2024). Unraveling the dynamic nexus: Green cryptocurrencies and their role in sustainable market evolution. *Energy*, 313, 133660. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133660>
- Plastic Bank. (2024). Plastik Bank. <https://plasticbank.com> (15.11.2024)
- Power Ledger Coin. (2024). <https://powerledger.io>. (28.12.2024)
- Rahman, M., Chowdhury, S., Shorfuzzaman, M., Hossain, M. K., & Hammoudeh, M. (2023). Peer-to-Peer power energy trading in blockchain using efficient machine learning model. *Sustainability*, 15, 18, 13640. <https://doi.org/10.3390/su151813640>.
- Resmi Gazete. (2024). *Sermaye piyasası kanununda değişiklik yapılmasına dair kanun*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2024/07/20240702-1.htm>.
- Sedlmeir, J., Buhl, H. U., Fridgen, G., & Keller, R. (2020). The energy consumption of blockchain technology: Beyond myth. *Business Information Systems Engineering*, 62, 599–608. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00656-x>.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB). (2024a). *Paris anlaşması*. <https://iklim.gov.tr/paris-anlasmasi-i-34>.

- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB). (2024b). *Birinci ulusal katkı beyanı*. [https://www.iklim.gov.tr/db/turkce/haberler/files/T%C3%BCrkiye%20Cumhuriyeti%20G%C3%BCncellenmi%C5%9F%20Birinci%20Ulusal%20Katk%C4%B1%20Beyan%C4%B1\(1\).pdf](https://www.iklim.gov.tr/db/turkce/haberler/files/T%C3%BCrkiye%20Cumhuriyeti%20G%C3%BCncellenmi%C5%9F%20Birinci%20Ulusal%20Katk%C4%B1%20Beyan%C4%B1(1).pdf).
- İçişleri Bakanlığı. (2024). *Mülki idari bölümleri*. <https://www.e-icisleri.gov.tr/Anasayfa/MulkiIdariBolumleri.aspx> (02.12.2024)
- Thalor, M., Gargote, A., Sonigara, A., Lohar, R., & Bhangale, T. (2024). *Incentivized blockchain-based decentralized e-waste management: A sustainable model for green computing and circular economy*. IEEE International Conference on Blockchain and Distributed Systems Security (ICBDS), 1-5, Pune, India. <https://doi.org/10.1109/ICBDS61829.2024.10837178>
- Tüfekçi, A., & Karahan, Ç. (2019). Blokzincir teknolojisi ve kamu kurumlarınca verilen hizmetlerde blokzincirin kullanım durumu. *Verimlilik Dergisi*, 4, 157-193.
- Walport, M. (2024). *Distributed ledger technology: Beyond blockchain*, 2016. Londra: UK Government Office for Science. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a818d6fe5274a2e87dbe3dd/gs-16-1-distributed-ledger-technology.pdf> (14.11.2024)
- Wang, X., Liu, J., & Xie, Q. (2024). Quantile frequency connectedness between energy tokens, crypto market, and renewable energy stock markets. *Heliyon*, 10, 3, e25068. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25068>
- World Bank. (2024). *Carbon pricing*. <https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon>. (28.11.2024)
- Yang, N. (2023). *Research on the recycling pricing game of PV modules from the perspective of blockchain*. 3rd International Conference on Computer Science and Blockchain (CCSB), 116-120, Shenzhen, China. <https://doi.org/10.1109/CCSB60789.2023.10398792>
- Yang, Y., Zhao, L., Chen, L., Wang, C., & Wang, G. J. (2025). The spillover effects between renewable energy tokens and energy assets. *Research in International Business and Finance*, 74, 102672. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102672>