

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Využití blockchainu při sledování aktiv
Diplomová práce

2023

Bc. Evžen Pour

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Evžen Pour**
Osobní číslo: **E22839**
Studijní program: **N0413A050009 Ekonomika a management**
Specializace: **Ekonomika a management podniku**
Téma práce: **Využití blockchainu při sledování aktiv**
Zadávající katedra: **Ústav podnikové ekonomiky a managementu**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je zmapovat možnosti, které nabízí platforma VeChainThor. V práci bude vysvětlen princip fungování této platformy a ukázány příklady využití při sledování aktiv v dodavatelském řetězci, a také při evidenci ojetých automobilů. Práce s anglickou literaturou je podmínkou.

Osnova:

- Popis blockchain technologie.
- Hlavní přínosy blockchain technologie.
- Představení platformy VeChainThor.
- Rozbor praktického využití platformy VeChainThor.
- Zhodnocení praktického využití platformy VeChainThor.

Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

AGASHE, A., DETROJA P., MEHTA N. Blockchain Bubble or Revolution: The Future of Bitcoin, Blockchains, and Cryptocurrencies. Seattle: Paravane Ventures, 2019, 331 s. ISBN 978-0578528151
DRESCHER, D. Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps. New York City: Apress, 2017, 276 s. ISBN 978-1484226032
LEWIS, A. The basics of bitcoins and blockchains: an introduction to cryptocurrencies and the technology that powers them. Coral Gables: Mango Publishing, 2018, 408 s. ISBN 978-1633538009
WILLIAMS, S. Blockchain: The Next Everything. New York City: Scribner, 2019, 208 s. ISBN 978-1982116828

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Hana Kopáčková, Ph.D.**
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání diplomové práce: **1. září 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2023**

prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Michaela Kotková Stříteská, Ph.D. v.r.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Využití blockchainu při sledování aktiv jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30.4.2023

Bc. Evžen Pour

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucí práce doc. Ing. Haně Kopáčkové, Ph.D. za odborné konzultace, cenné rady a také vstřícnost a trpělivost v průběhu zpracování této diplomové práce.

ANOTACE

Cílem této diplomové práce je zpracování literární rešerše popisující praktické možnosti využití blockchain technologie při sledování aktiv na platformě VeChainThor. Práce je rozdělena na dvě části. První část obsahuje obecný popis blockchain technologie, hlavní přínosy této technologie a popis platformy VeChainThor. Druhá část práce je věnována využití této platformy v praxi. Jejím obsahem je rozbor využití v potravinářském, zdravotnickém a automobilovém průmyslu.

KLÍČOVÁ SLOVA

blockchain, kryptoměny, sledování aktiv, VeChainThor, decentralizované aplikace

TITLE

Use of blockchain in asset tracking

ANNOTATION

The aim of this Master Thesis is to conduct a literature search describing the practical possibilities of using blockchain technology in asset tracking on the VeChainThor platform. The thesis is divided into two parts. The first part contains a general description of blockchain technology, the main benefits of blockchain technology and a description of the VeChainThor platform. The second part of the thesis is devoted to the use of this platform in practice. Its content is an analysis of its use in the food, healthcare and automotive industries.

KEYWORDS

blockchain, cryptocurrencies, asset tracking, VeChainThor, decentralized applications

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 POPIS BLOCKCHAIN TECHNOLOGIE	11
1.1 KRYPTOMĚNY	15
1.2 BITCOIN.....	16
1.2.1 Proof-of-Work.....	17
1.2.2 Obtížnost těžby a výkon sítě	20
1.2.3 Pseudoanonymita	21
1.2.4 Ekonomický model	21
1.3 ETHEREUM.....	22
1.3.1 EVM.....	24
1.3.2 Proof-of-Stake	26
1.3.3 Smart kontrakty	27
1.3.4 Decentralizované aplikace.....	28
1.4 HLAVNÍ PŘÍNOSY BLOCKCHAIN TECHNOLOGIE.....	30
2 PŘEDSTAVENÍ PLATFORMY VECHAINTHOR.....	33
2.1 POPIS PROJEKTU	33
2.2 EKONOMICKÝ MODEL.....	34
2.3 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA A SYSTÉM ŘÍZENÍ PLATFORMY	36
2.4 PROOF-OF-AUTHORITY	38
2.5 SLEDOVÁNÍ AKTIV NA PLATFORMĚ VECHAINTHOR	43
3 ROZBOR PRAKTICKÉHO VYUŽITÍ PLATFORMY VECHAINTHOR.....	50
3.1 POTRAVINY	50
3.2 ZDRAVOTNICTVÍ.....	53
3.2.1 Digitální certifikáty	53
3.2.2 Zdravotní záznamy	54
3.3 OJETÉ AUTOMOBILY	57
3.3.1 Trh s ojetými automobily	58
3.3.2 Nástroje VeChainThor platformy pro evidenci ojetých automobilů	58
3.4 BATERIE ELEKTROMOBILŮ.....	62
3.4.1 Legislativa	62
3.4.2 Koncept VeChainThor platformy.....	64
4 ZHODNOCENÍ PRAKTICKÉHO VYUŽITÍ PLATFORMY VECHAINTHOR.....	67
ZÁVĚR.....	74
POUŽITÁ LITERATURA.....	76

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1: Vizualizace centralizované, decentralizované a distribuované databáze	12
Obrázek 2: Diagram tvorby nového bloku Bitcoinové sítě	19
Obrázek 3: Řetězec bloků Bitcoinové sítě	20
Obrázek 4: Graf cirkulujícího množství BTC a výše emisí	22
Obrázek 5: Diagram změny stavu EVM	25
Obrázek 6: Grafické znázornění zajištění stability transakčních nákladů	35
Obrázek 7: Organizační struktura VeChain nadace	36
Obrázek 8: Proces vytvoření nového bloku v Proof-of-Authority systému	40
Obrázek 9: Proces schválení nového Authority Masternode uzlu	41
Obrázek 10: Vizualizace využití VID	45
Obrázek 11: Diagram tvorby a uložení VID do blockchainu	46
Obrázek 12: Vizualizace účastníků a funkcí platformy pro sledovatelnost potravin	52
Obrázek 13: Výsledek laboratorního testu z nemocnice Mediterranean v aplikaci E-HCert ...	55
Obrázek 14: Průběh sdílení výsledků laboratorních testů v aplikaci E-HCert	56
Obrázek 15: Porovnání současného a cílového modelu evidence automobilů	59
Obrázek 16: Vizualizace ukládaných informací k evidenci automobilů	60
Obrázek 17: Varianta digitálního pasu baterie elektromobilu	63
Obrázek 18: Současný model životního cyklu baterie elektromobilu	65
Obrázek 19: Cílový model sledování dat během životního cyklu baterie	66
Obrázek 20: Vývoj celkového počtu účtů	67
Obrázek 21: Vývoj denního průměrného počtu aktivních účtů	68
Obrázek 22: Vývoj celkového počtu vytvořených smart kontraktů	69
Obrázek 23: Vývoj celkového počtu sledovaných NFT	70
Obrázek 24: Vývoj počtu provedených transakcí za měsíc	71
Obrázek 25: Vývoj poměru měsíčního generovaného množství VTHO vůči VTHO vynaloženého na transakční poplatky	72
Obrázek 26: Vývoj měsíčních odměn pro Authority Masternodes	73

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přehled rozložení vah hlasů podle typu uzlu	38
--	----

ÚVOD

Blockchain technologie je novou technologií, která je ale bohužel častěji zmiňována pouze ve spojení se spekulací o cenách kryptoměn nežli s jejími silnými stránkami, kterými může obohatit každodenní životy lidí. Často ji má veřejnost spojenou pouze s využitím pro nelegální transakce na černém trhu. Každá nová technologie se však zpočátku setkává s nepochopením a předsudky. Cílem této práce je poodstoupit od těchto témat a zaměřit se na technologii, která se ukrývá pod každou kryptoměnou – blockchain. Tato technologie disponuje několika nespornými výhodami, které ji předurčují pro využití v mnoha oblastech v reálném světě, kam může vnést více transparentnosti. Jednou z blockchainových sítí, které se zaměřují na pokrokové využití této technologie je i platforma VeChainThor, která bude hlavním tématem této práce.

Pro nového čtenáře ve světě blockchainu a kryptoměn budou nejprve vysvětleny základní principy fungování této technologie. Autor dále popisuje několik významných evolučních kroků blockchain technologie. Prvním z nich je vývoj globálně úspěšné blockchainové sítě sloužící jako alternativní forma peněz – Bitcoinu, který se stal následně inspirací pro vývoj blockchainových sítí poskytujících univerzální, veřejně dostupný a decentralizovaný výpočetní výkon. Ve spojení s tímto evolučním krokem je popsána blockchainová síť Ethereum. Posledním popsáním krokem je vývoj blockchainových sítí specializovaných na konkrétní problematiku a jmenovitě platforma VeChainThor, která se zabývá problematikou dodavatelských řetězců a logistiky.

Druhá část práce je věnována konkrétním využitím této platformy v praxi. Blíže popsány jsou využití v potravinářském, zdravotnickém a automobilovém průmyslu. Tyto příklady mají čtenáři přiblížit, jak konkrétně pomáhá blockchain technologie zvyšovat důvěru mezi spolupracujícími společnostmi a také důvěru zákazníků v produkty, které společnosti nabízí. Jelikož vývoj této platformy dosáhl nejvyššího tempa v posledních třech letech, jsou použity v převážné většině internetové zdroje od zahraničních autorů. Zhodnocení je, z důvodu nedostatku informací o průběhu a výsledcích projektů, provedeno zhodnocením aktivity na blockchainové síti VeChainThor.

1 POPIS BLOCKCHAIN TECHNOLOGIE

Jedním z nejjednodušších vysvětlení, které lze pro popis blockchain technologie použít je, že se jedná o software. Blockchain technologie je nehmotnou technologií. Je tvořena počítačovým kódem, který může existovat na počítači, mobilním telefonu nebo jiném zařízení, které je schopné se připojit k internetu. Připojením k blockchainu se uživatel stává jedním z mnoha uživatelů, přičemž všichni jsou si dle původních principů rovni a neexistuje mezi nimi hierarchická struktura.¹

Williams dále přichází s myšlenkou, že blockchain lze popsat jako účetní knihu. Ve své podstatě podle něj připomíná jednoduché účetní knihy, ve kterých byly zaznamenávány například prodeje majetku nebo přehled výdajů a zůstatků domácnosti. Přitom takto v základu nudná účetní kniha napomohla v rozvoji dnes již moderních trhů a států tím, že umožnila zaznamenat data o ekonomice, potvrdit nebo vyvrátit základní informace o obyvatelích jako například státní příslušnost, zaměstnání nebo prokázat vlastnictví určitého hmotného či intelektuálního majetku.² Blockchain tedy umožňuje sledovat jakýkoliv druh dat. Může se jednat o tok peněz, výrobků, uchování zdravotních záznamů nebo sledování stavu ojetých automobilů.

Technický popis blockchain technologie by dle Vondráka mohl vypadat následovně. Blockchain je databáze, která je konstantně aktualizována a doplňována. Rozdílem oproti obecně známým databázím, které uchovávají například informace o produktech v internetovém obchodě, je to, že blockchain je databází distribuovanou a decentralizovanou, což běžně používané databáze nesplňují.³ Databáze, se kterými se setkáváme dnes, jsou totiž spravovány pouze jednou autoritou. Příkladem může být Facebook, internetové obchody, email poskytovatelé nebo YouTube. To vše jsou typy databází, byť jsou v nich uložena velmi rozdílná data. Data v těchto databázích jsou uložena na serverech a úložištích příslušné organizace. Slabá stránka tohoto modelu tkví v jeho centralizovanosti. Pokud dojde v případě takovéto centralizované databáze například k úspěšnému útoku hackerů nebo živelní pohromě, může dojít k nenávratné ztrátě.⁴

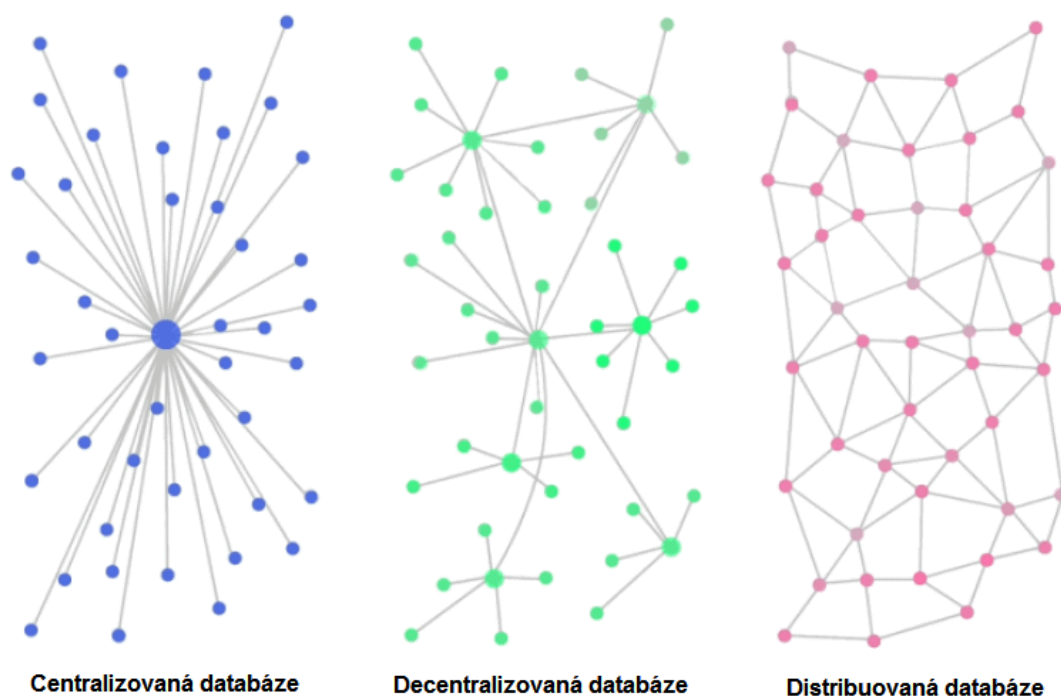
¹ WILLIAMS, Stephen. *Blockchain: The Next Everything*. New York City: Scribner, 2019, 208 s. ISBN 978-1982116828, s. 8.

² tamtéž, s. 2.

³ VONDRÁK, Matouš. *Blockchain: Co je blockchain a jak blockchain u kryptoměn funguje?*. *Finex.cz* [online]. 27. 11. 2018 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://finex.cz/blockchain/>

⁴ KALOUSEK, Zbyněk. *Blockchain – o co se jedná a jak funguje (1. díl)*. *Kurzy.cz* [online]. 15.09.2021 [cit. 2022-11-01]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/609930-blockchain--o-co-se-jedna-a-jak-funguje-1-dil/>

Blockchain technologie pomáhá tuto slabou stránku databází řešit tím, že neexistuje pouze jediná hlavní kopie blockchainu, ale existuje mnoho kopií na mnoha místech zároveň. Porucha jednoho ze zařízení, respektive uzlu sítě, tedy neznamená ztrátu dat.⁵ Decentralizace a distribuovanosti blockchainové sítě je dosaženo tím, že blockchain může provozovat na svém počítači více osob zároveň. Každý jednotlivý počítač nebo zařízení, na kterém je blockchain spuštěn, se nazývá uzel a udržuje na svém úložišti svou vlastní kopii blockchainu. Například v případě Bitcoinu se jedná o desítky tisíc uzlů, respektive kopií.⁶ Uzel také kontinuálně komunikuje s ostatními uzly v síti, aby se ujistil, že všichni mají stejný záznam dat. Výsledkem je, že neexistuje jediný bod selhání. Dochází ke zvýšení zabezpečení, jelikož pokud by měl někdo zájem o manipulaci s daty uloženými v blockchainu, musel by se nabourat do ostatních uzlů a změnit i záznamy v jejich kopiích blockchainu.⁷ Například v případě Bitcoinové sítě by musel získat moc nad alespoň nadpoloviční většinou výpočetního výkonu sítě, což dělá útok až neúměrně nákladný.⁸



Obrázek 1: Vizualizace centralizované, decentralizované a distribuované databáze (Vondrák, 2018)

⁵ VONDRÁK, Matouš. Blockchain: Co je blockchain a jak blockchain u kryptoměn funguje?. *Finex.cz* [online]. 27. 11. 2018 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://finex.cz/blockchain/>

⁶ BITSTAMP. What are Bitcoin blockchain nodes?. *Bitstamp* [online]. August 17th, 2022 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.bitstamp.net/learn/crypto-101/what-are-bitcoin-blockchain-nodes/>

⁷ FEIGN, Annika. What Is Blockchain Technology?. *CoinDesk* [online]. Sep 19, 2022 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: https://www.coindesk.com/learn/what-is-blockchain-technology/?fbclid=IwAR0Tdn3RCfAiUukUFqNQIs6LLRwsiSjG4-5V_5cJ0suZgB-6c4WTC3b-Auc

⁸ SERGEENKOV, Andrey. What Is Cryptocurrency?. *CoinDesk* [online]. Nov 29, 2021 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-cryptocurrency/>

Dalším významným rozdílem oproti typické databázi je způsob, jakým jsou data v blockchainu strukturována. Typické databáze obvykle strukturují data do tabulek. Blockchain oproti tomu sdružuje informace do skupin, kterým se říká bloky. Podle typu blockchainu mají tyto bloky různou úložní kapacitu. Když je daný blok plně naplněn informacemi – transakcemi, je uzavřen a propojen s předchozím uzavřeným blokem. Následující transakce jsou zařazeny do nového bloku až do doby, než je také naplněn a opět propojen s předchozím blokem. Tímto mechanismem je vytvořen chronologický řetězec dat známý jako blockchain. Výhodou tohoto typu struktury dat je, že dochází k vytvoření nevratné časové osy.⁹

Síť blockchainu dosahuje většinového souhlasu o správnosti provedených transakcí, takzvaného konsenzu, prostřednictvím procesu validace. Bloky, v nichž jsou informace uloženy, jsou následně zapečetěny. Tyto bloky jsou poté vzájemně propojeny pomocí kryptografických technik, kdy jsou v každém bloku zaznamenány informace o předchozím bloku. Díky tomu je téměř nemožné bloky změnit, jakmile se nachází hluboko uvnitř řetězce.¹⁰ Zmíněná kryptografie také umožňuje uživatelům provádět transakce mezi sebou, aniž by byl vyžadován zprostředkovatel, jako je například banka, ke sledování zůstatků jednotlivých uživatelů sítě a jejímu zabezpečení.¹¹

Celý proces fungování blockchainu lze tedy zjednodušeně popsat takto:¹²

- 1) Zadání transakce uživatelem blockchainu, která je uzly sítě zpracována a ověřena;
- 2) vytvoření bloku, jenž obsahuje zadanou transakci;
- 3) ověření bloku ostatními uzly sítě a přidání bloku do stávajícího řetězce;
- 4) distribuce aktualizované verze blockchainu mezi všechny uzly v síti.

Výše zmíněný konsenzus je dosahován za pomoci komplexního konsenzuálního mechanismu, který je tvořen souborem myšlenek, protokolů a pobídek, které ve výsledku umožňují decentralizované a distribuované skupině uzlů se shodnout na stavu blockchainu. Je tedy dosaženo obecné shody. Kropec vysvětluje princip konsenzu na skupině osob, která jde

⁹ ADAM, Hayes. Blockchain Facts: What Is It, How It Works, and How It Can Be Used: Learn how these digital public ledgers enable crypto and NFTs. *Investopedia* [online]. September 27, 2022 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>

¹⁰ FRANKENFIELD, Jake. 51% Attack: Definition, Who Is At Risk, Example, and Cost. *Investopedia* [online]. [cit. 2022-11-01]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/1/51-attack.asp>

¹¹ SERGEENKOV, Andrey. What Is Cryptocurrency?. *CoinDesk* [online]. Nov 29, 2021 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-cryptocurrency/>

¹² PRATT, Mary K. a Alexander S. GILLIS. What is blockchain?. *TechTarget* [online]. 03 Jun 2021 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: https://www.techtarget.com/searchcio/definition/blockchain?amp=1&fbclid=IwAR2XIEXz7gd8HrGMDsdXUEGtK0J0BbvsY9PWfP3UktgkOz2HoHn__7rY-jl

společně navštívit kino. Pokud dojde ke shodě na tom, jaký film skupina navštíví, je dosaženo konsenzu. Ve chvíli, kdy by ale došlo k neshodě, musí mít skupina prostředky, které jí umožní se rozhodnout, na jaký film se půjde podívat. Může se také stát, že se skupina rozdělí.¹³ Znamená to, že každý počítač, respektive uzel sítě se musí shodnout na nějakém počátečním stavu, poté se dohodnout na záznamu deterministických operací k počátečnímu stavu tak, aby každý z uzlů došel do stejného konečného stavu. V případě blockchainu jde o shodu na určité hodnotě, kterou může být například zůstatek na účtu, výsledek hlasování nebo výsledek provedení chytrého kontraktu.¹⁴

Kropec ve svém textu také upřesňuje, že termín konsenzuální mechanismus se často používá nepřesně pro protokoly Proof-of-Stake, Proof-of-Work nebo Proof-of-Authority. Ty jsou však pouze částí mechanismů konsenzu. Konsenzuální mechanismy jsou ve skutečnosti kompletní soubory myšlenek, protokolů a pobídek, které umožňují distribuované skupině uzlů se dohodnout na stavu blockchainu. Jedním z konkrétních příkladů pobídek, které autor uvádí, je systém odměn a sankcí aplikovaný na kapitál uzamčený validátory sítě Ethereum. Ten motivuje k poctivému chování validátorů a trestá ty, kteří by se pokusili o schválení podvodných transakcí.¹⁵

Jak shrnuje Richards, blockchain je veřejná databáze, která je aktualizována a sdílána mezi mnoha počítači v síti. Blok označuje data a stavy sítě uložené v po sobě jdoucích skupinách. Pokud je provedena transakce, musí být přidána do bloku, aby byla úspěšná. Řetězec odkazuje na skutečnost, že každý blok kryptograficky odkazuje na předcházející blok. Jinými slovy, bloky se řetězí dohromady. Data v bloku se nemohou změnit, aniž by se změnily všechny následující bloky, což by vyžadovalo konsenzus celé sítě. Většina počítačů v síti musí odsouhlasit každý nový blok a řetězec jako celek. Tyto počítače se nazývají uzly. Uzly zajišťují, že každý, kdo s blockchainem komunikuje, má k dispozici stejná data. K dosažení této distribuované dohody potřebují blockchainy konsenzuální mechanismy.¹⁶

¹³ KROPEC, Luka. Consensus mechanisms. *Ethereum* [online]. September 29, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/>

¹⁴ PETROWSKI, Joe. Polkadot Consensus Part 1: Introduction. *Medium* [online]. Dec 18, 2019 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://medium.com/polkadot-network/polkadot-consensus-part-1-introduction-3e3cd6237243>

¹⁵ KROPEC, Luka. Consensus mechanisms. *Ethereum* [online]. September 29, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/>

¹⁶ RICHARDS, Sam. Intro to Ethereum. *Ethereum.org* [online]. April 12, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/intro-to-ethereum/>

1.1 Kryptoměny

Tato podkapitola bude věnována kryptoměnám. Ty lze popsat jako digitální měny využívající blockchain technologii a kryptografii k zabezpečení transakcí. Přesněji řečeno jde o digitální, šifrovaný a decentralizovaný prostředek směny.¹⁷ Na rozdíl od běžně používaných měn, jako je třeba americký dolar nebo euro, neexistují v případě kryptoměn žádné fyzické kryptoměnové mince nebo bankovky, jedná se výhradně o digitální měnu.¹⁸ V případě decentralizovaných kryptoměn neexistuje ani žádný centrální orgán, který by se staral o jejich správu a udržování jejich hodnoty, jako tomu je u fiat měn.¹⁹ Kryptoměny jsou totiž vydávány, respektive vytvářeny unikátním způsobem. Místo toho, aby je vytvářela a distribuovala centrální banka nebo vláda, jsou kryptoměny generovány skrze softwarový proces. Jelikož jsou kryptoměny softwarem, všechny jejich vlastnosti i proces vzniku jsou určeny počítačovým kódem. Tento kód určuje všechny funkce a vlastnosti kryptoměny, zahrnuje způsob ukládání dat a zaznamenávání transakcí, rozdělování odměn za validaci transakcí nebo například maximální počet jednotek kryptoměny, které mohou vzniknout.²⁰

Například v případě největší a nejznámější kryptoměny Bitcoin dochází k jejímu vzniku v důsledku takzvané těžby. Odměňovány jsou počítače, které přidávají transakce do blockchainu. Tito aktéři sítě, takzvaní těžaři, používají speciální hardware a veřejný, decentralizovaný software kryptoměny k přidávání transakcí do blockchainu. Kdykoli dojde k zadání transakce uživateli sítě, těžaři se snaží uzavřít blok obsahující informace o transakcích. Jakmile je blok uzavřen, je přidán do blockchainu. Proces uzavírání bloků je, alespoň v případě Bitcoinu, velice náročný na výpočetní výkon.²¹ Za vykonávání této kritické funkce jsou těžaři odměňováni v kryptoměně jejíž blockchain obstarávají, v tomto případě tedy Bitcoinem.²²

Důležitým prvkem kryptoměn, jak již název napovídá, je využití kryptografie. Jedná se o matematickou disciplínu, kterou lze dle Sergeenkova popsat jako speciální systém šifrování

¹⁷ ASHFORD, Kate. What Is Cryptocurrency?. *Forbes ADVISOR* [online]. Jun 6, 2022 [cit. 2022-11-02].

Dostupné z: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-cryptocurrency/>

¹⁸ SERGEENKOV, Andrey. What Is Cryptocurrency?. *CoinDesk* [online]. Nov 29, 2021 [cit. 2022-11-02].

Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-cryptocurrency/>

¹⁹ ASHFORD, Kate. What Is Cryptocurrency?. *Forbes ADVISOR* [online]. Jun 6, 2022 [cit. 2022-11-02].

Dostupné z: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-cryptocurrency/>

²⁰ LISA, Andrew. Where Does Cryptocurrency Come From?. *GOBankingRates* [online]. June 8, 2022 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.gobankingrates.com/investing/crypto/economy-explained-where-does-cryptocurrency-come-from/>

²¹ JAIN, Sandeep. How are Cryptocurrencies Created?. *GeeksforGeeks* [online]. 05 May, 2022 [cit. 2022-11-02].

Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/how-are-cryptocurrencies-created/>

²² LISA, Andrew. Where Does Cryptocurrency Come From?. *GOBankingRates* [online]. June 8, 2022 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.gobankingrates.com/investing/crypto/economy-explained-where-does-cryptocurrency-come-from/>

a dešifrování informací, který je používán k zabezpečení všech transakcí odesílaných mezi uživateli. Své uplatnění nachází například při šifrování citlivých informací jako jsou soukromé klíče. Ty si lze dle stejného autora představit jako hesla, která jsou reprezentována řetězcem alfanumerických znaků. Privátní klíč potvrzuje vlastnictví kryptoměn a umožňuje jeho držiteli s nimi nakládat. Kryptoměny jsou uloženy na adrese, která je odvozená od privátního klíče. K vygenerování veřejné kryptoměnové adresy dochází za využití asymetrické kryptografie. Za využití jednosměrné funkce, konkrétně za využití skalární multiplikace na eliptické křivce, dojde nejprve k vygenerování veřejného klíče ze soukromého klíče. Veřejný klíč se následně stane základem pro vygenerování veřejné adresy další jednosměrnou funkcí. Tu lze připodobnit k číslu bankovního účtu. Díky využití asymetrické kryptografie není možné odvodit z veřejné adresy veřejný klíč a následně ani privátní klíč.²³

Nejznámějšími kryptoměnami jsou například Bitcoin nebo Ethereum, celkově ale existuje více než 19 tisíc kryptoměn.²⁴ Jmenované kryptoměny budou detailněji popsány v následujících kapitolách.

1.2 Bitcoin

První globálně úspěšnou a adoptovanou blockchainovou sítí se stal Bitcoin. Proto je dle autora práce důležité si tuto síť alespoň představit, neboť se stala inspirací pro vývoj blockchainové sítě Ethereum. Ta následně umožnila vývoj prvních decentralizovaných aplikací, které neslouží pouze jako platební systém, a byla zprvu využívána i rozebíranou platformou VeChainThor.

Tvůrcem Bitcoin protokolu je osoba nebo skupina osob, která se označila pseudonymem Satoshi Nakamoto. K jeho představení došlo v říjnu 2008, kdy byl publikován devíti stránkový zakládající dokument (tzv. whitepaper) s názvem Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Tento dokument obsahoval návrh systému digitální měny, která není pod kontrolou žádné organizace nebo vlády. V roce 2009 byl software popsán v zakládajícím dokumentu dokončen a zveřejněn. Ke spuštění Bitcoinové sítě došlo 3. ledna 2009, kdy byl vytěžen první blok. Tento blok v sobě obsahuje text *“The Times 03/Jan/2009 Chancellor on brink of second bailout for banks”*²⁵, v překladu *„The Times 3. ledna 2009 Kancléřka na pokraji druhé finanční*

²³ SERGEENKOV, Andrey. What Is Cryptocurrency?. *CoinDesk* [online]. Nov 29, 2021 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-cryptocurrency/>

²⁴ ASHFORD, Kate. What Is Cryptocurrency?. *Forbes ADVISOR* [online]. Jun 6, 2022 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-cryptocurrency/>

²⁵ FRANKENFIELD, Jake. What is Bitcoin? How to Mine, Buy, and Use It. *Investopedia* [online]. October 14, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/bitcoin.asp>

pomoci bankám“. I přesto, že tento komentář může působit dojmem, že Bitcoin vznikl jako reakce na finanční krizi v roce 2008, podle Acheson tomu tak není. Jak vysvětluje, Satoshi Nakamoto začal pracovat na zakládajícím dokumentu na začátku roku 2007, tedy více než rok předtím, než finanční krize plně udeřila. Bitcoin je navíc založený na technologiích jejichž vývoj začal před desítkami let. Bitcoin tedy podle ní nevznikl proto, aby řešil ekonomickou krizi ale proto, aby dal veřejnosti možnost volby jiného peněžního systému.²⁶

Ve své nejjednodušší podobě můžeme Bitcoin popsat jako digitální měnu, která může být směněna za produkty nebo služby stejně jako jakákoliv jiná fiat měna.²⁷ Je první veřejnou digitální platební sítí peer-to-peer (P2P) na světě, která produkuje omezenou zásobu kryptoměny BTC. Největší inovace, kterou tato blockchainová síť přinesla je možnost převádět aktiva – digitální mince – mezi jednotlivými uživateli sítě bez potřeby zprostředkovatele.²⁸

Bitcoinovou sítí lze dle Sergeenkova popsat také jako internet pro peníze. Stejně jako internet je čistě digitální, nemá žádné hranice, nevlastní ji žádná jedna osoba nebo instituce, funguje 24 hodin denně, 7 dní v týdnu a její uživatelé si mezi sebou můžou sdílet informace a data, respektive digitální formu peněz.²⁹ Využívat může tuto síť kdokoli, kdo má připojení k internetu a zařízení, které se k internetu může připojit. Software Bitcoinu je open source, což znamená že jeho zdrojový kód je veřejně přístupný, kdokoli tedy může kód zdarma prohlížet, používat a přispívat do něj.³⁰

1.2.1 Proof-of-Work

Bitcoin využívá ke svému fungování konsenzuální mechanismus, jehož součástí je protokol Proof-of-Work. Panachida popisuje mechanismus zjednodušeně jako systém, v němž existují tři entity: uživatelé, těžaři a uzly.³¹

²⁶ ACHESON, Noelle. Crypto Long & Short: No, Bitcoin Was Not a Response to the Financial Crisis: In spite of the timing, bitcoin wasn't created as a result of the 2008 crisis – and this misunderstanding matters. *CoinDesk* [online]. Jan 24, 2021 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/markets/2021/01/24/crypto-long-short-no-bitcoin-was-not-a-response-to-the-financial-crisis/>

²⁷ FRANKENFIELD, Jake. What is Bitcoin? How to Mine, Buy, and Use It. *Investopedia* [online]. October 14, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/bitcoin.asp>

²⁸ NAMBIAMPURATH, Rahul. What Is Bitcoin?: A Step-by-Step Guide to the No. 1 Cryptocurrency. *The Defiant* [online]. October 20, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://thedefiant.io/what-is-bitcoin>

²⁹ SERGEENKOV, Andrey. Bitcoin: What Is Bitcoin?. *CoinDesk* [online]. Aug 5, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-bitcoin/>

³⁰ SPARKES, Matthew. What is bitcoin and how does it work?. *New Scientist* [online]. [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.newscientist.com/definition/bitcoin/>

³¹ KROPEC, Luka. Consensus mechanisms. *Ethereum* [online]. September 29, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/>

Uživatelé, kteří mají zájem využít blockchain k provedení transakce musí k používání blockchainu a provádění transakcí využít software označovaný jako kryptoměnová peněženka.³² Pokud chce uživatel odeslat Bitcoin jinému uživateli, vyšle do sítě zprávu, která obsahuje informace o adrese příjemce a množství Bitcoinu (BTC), které chce odeslat.³³ Adresou je míněna unikátní série znaků, která slouží k identifikaci virtuální lokality, kam je možné Bitcoin poslat.³⁴ Jakmile je požadavek na provedení určité transakce vyslán do sítě, uzly sítě zkontrolují zda má transakce všechny náležitosti, jako například uhrazený transakční poplatek, a vloží transakci do takzvaného mem-poolu, kde transakce čeká na zpracování a zařazení do bloku.³⁵

Jelikož ale v systému chybí centrální entita, která by provedení zajistila, využívají služeb těžařů. Ti soutěží o vytvoření nových bloků obsahujících zpracované transakce. Nový blok je vytvořen každých deset minut. Vítěz se o nový blok následně podělí se zbytkem sítě a získá jako odměnu kryptoměnu BTC. Aktuální odměna za vytvoření bloku je 6,25 BTC a transakční poplatky spojené s transakcemi v bloku. To je pobídka, která udržuje systém funkční a motivuje těžaře k čestnému chování. Závod vyhrává počítač, který dokáže nejrychleji vyřešit matematickou hádanku, respektive se snaží uhádnout správný hash skrze aplikování hashovací funkce SHA-256. Tu vytvořila v roce 2001 Národní bezpečnostní agentura Spojených států a dodnes nebyla nikým prolomena.

Hashovací funkce je jednosměrnou funkcí, která při zadání stejné sady dat poskytne vždy stejný výstup ale jejíž výstup nelze použít pro zobrazení původních dat. Tuto funkci těžaři aplikují na soupis transakcí v nově tvořeném bloku a nonce, což je náhodně zvolený číselný kód, který se do bloku přidává.³⁶ Výsledkem je hash, což je alfanumerický kód, který je možné připodobnit k podpisu bloku. Každý hash je unikátní, neboť i údaje, které vstupují do hashovací funkce jsou unikátní – transakce jsou vždy jinak velké, probíhají v jiný čas a mezi jinými adresami. Hash pak tvoří kryptografické spojení mezi aktuálním blokem a blokem, který mu

³² LEWIS, Antony. The basics of bitcoins and blockchains: an introduction to cryptocurrencies and the technology that powers them. Coral Gables: Mango Publishing, 2018, 408 s. ISBN 978-1633538009, s. 230.

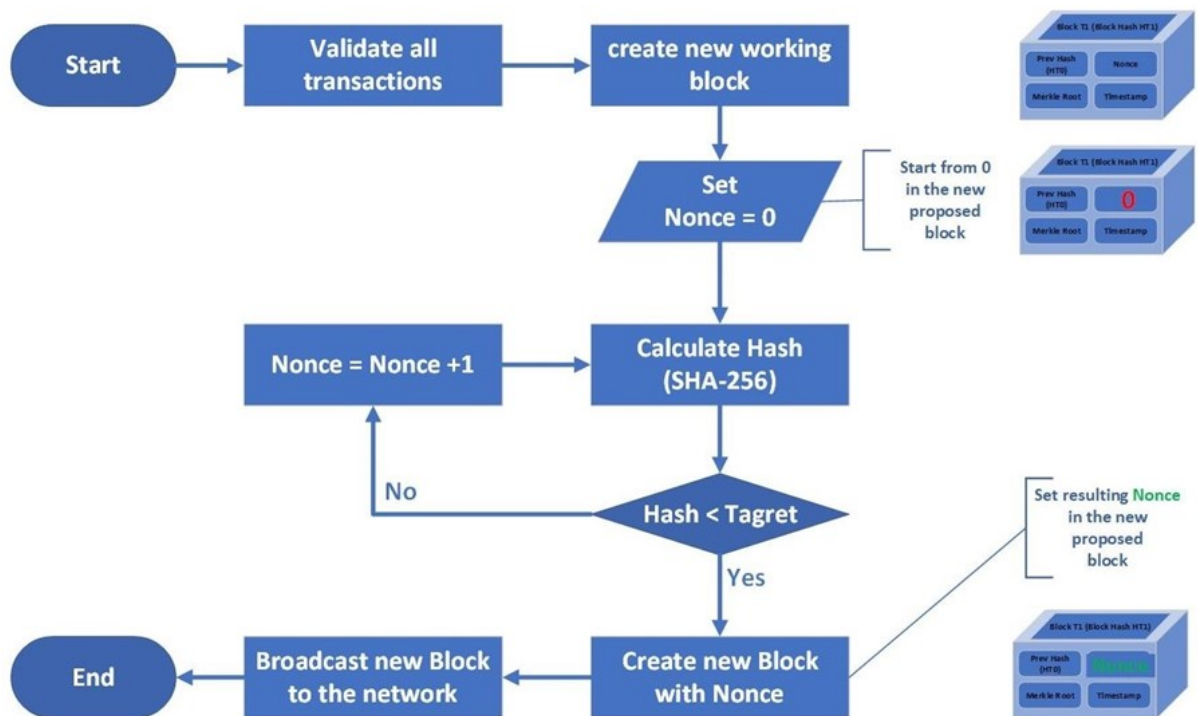
³³ FEIGN, Annika. What Is Blockchain Technology?. *CoinDesk* [online]. Sep 19, 2022 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: https://www.coindesk.com/learn/what-is-blockchain-technology/?fbclid=IwAR0Tdn3RCfAiUukUFqNQIs6LLRwsiSjG4-5V_5cJ0suZgB-6c4WTC3b-Auc

³⁴ WIGMORE, Ivy. Bitcoin address. *TechTarget* [online]. [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/Bitcoin-address>

³⁵ ORENES-LERMA, Linda. How Does a Blockchain Transaction Work?. Ledger Academy [online]. Jan 13, 2022 [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://www.ledger.com/academy/how-does-a-blockchain-transaction-work>

³⁶ FRANKENFIELD, Jake. What Is Cryptocurrency Difficulty? Definition and Bitcoin Example. Investopedia [online]. July 26, 2021 [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/d/difficulty-cryptocurrencies.asp>

předcházel. Před přidáním nových dat do blockchainu musí těžaři soutěžit o vytvoření hashe, který je nižší nebo roven číselné hodnotě nazývané cílový hash. Těžaři provádějí proces hashování změnou hodnoty nonce. Vyřešení této hádanky je prací v Proof-of-Work systému, neboť vyžaduje použití velkého množství výpočetního výkonu. Všichni ostatní těžaři a uzly verzi blockchainu prodlouženou o nově vytěžený blok převzou a pracují na dalším prodloužení řetězce.³⁷ Těžaři používají ke své činnosti speciální těžební zařízení nazývané ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) miner. Jedná se o počítačové zařízení obsahující čip sloužící ke konkrétnímu účelu – těžbě, respektive řešení algoritmu konkrétní jedné kryptoměny.³⁸

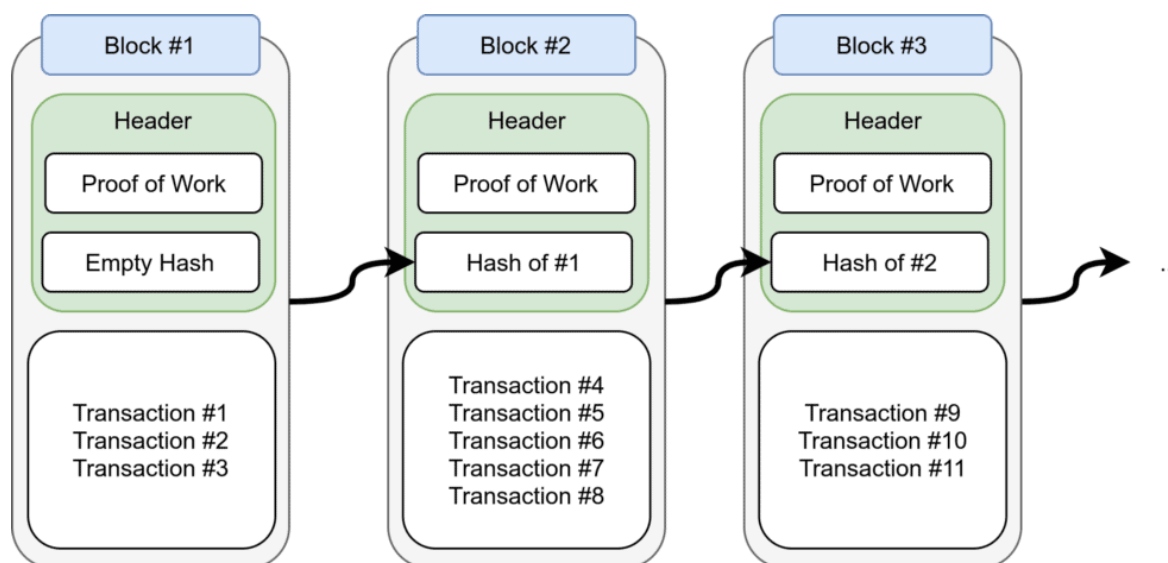


Obrázek 2: Diagram tvorby nového bloku Bitcoinové sítě (Zand, 2020)

³⁷ VONDRÁK, Matouš. Těžba kryptoměn. Jak těžit kryptoměny? Vyplatí se dnes ještě Bitcoin těžba?. FINEX [online]. [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://finex.cz/rubrika/kryptomeny/tezba/>

³⁸ TARDI, Carla. Application-Specific Integrated Circuit (ASIC) Miner. Investopedia [online]. September 27, 2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/a/asic.asp>

Uzly provozují zařízení, které ukládá celou historii blockchainu a jsou tak základním kamenem blockchainu, neboť bez jejich přispění by blockchain neexistoval – neměl by být kde uložen.³⁹ Na obrázku níže je uveden příklad jednotlivých po sobě jdoucích bloků v blockchainu.



Obrázek 3: Řetězec bloků Bitcoinové sítě (Thoma, 2018)

1.2.2 Obtížnost těžby a výkon sítě

Protokol Bitcoinové sítě obsahuje také systém pro úpravu obtížnosti těžby nazývaný difficulty adjustment. Ten slouží k zajištění deseti minutové časové náročnosti pro vytěžení bloku. Pokud se totiž do sítě připojí více těžařů, začnou odhadovat správný hash pro uzavření bloku rychleji, což by způsobilo zkrácení této doby a následně ovlivnilo například tempo, s jakým se dostávají nové BTC do oběhu nebo také snížilo bezpečnost sítě. Obtížnost těžby se tak přizpůsobuje výkonu sítě, aby byl výsledný čas tvorby bloku vždy kolem 10 minut. Obtížnost je upravována automaticky každých 2016 bloků pomocí upravování hodnoty cílového hashe. Čím nižší je cílová hodnota, tím obtížnější je vygenerovat blok.⁴⁰

Výkon Bitcoinové sítě se udává v takzvaném hash rate, který vyjadřuje, kolik všechny těžební stroje v síti vygenerují hashů za jednu sekundu. Jako jednotka se nejčastěji používá exahash (EH). Jeden EH se rovná jednomu trilionu hashů za sekundu.⁴¹ Čím vyšší je hash rate

³⁹ VONDRÁK, Matouš. Těžba kryptoměn. Jak těžít kryptoměny? Vyplatí se dnes ještě Bitcoin těžba?. FINEX [online]. [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://finex.cz/rubrika/kryptomeny/tezba/>

⁴⁰ SERGEENKOV, Andrey. Bitcoin Mining Difficulty: Everything You Need to Know. CoinDesk [online]. Aug 5, 2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/bitcoin-mining-difficulty-everything-you-need-to-know/>

⁴¹ WADE, Jacob. Hash Rate. Investopedia [online]. February 28, 2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/hash-rate-6746261>

sítě, tím je odolnější proti napadení, neboť je pro útočníka finančně nákladnější obstarat si výpočetní výkon, který by mu zajistil nadpoloviční podíl na výkonu sítě a umožnil pokusit se o ovládnutí sítě. Jedním z nejvyspělejších ASIC minerů současnosti je model S19 XP Hydro od společnosti Bitmain, který má výkon 255 TH/s, což je 0,000255 EH/s. Jeho cena se pohybuje okolo 7 500 dolarů.⁴² Jelikož byl v březnu 2023 hash rate Bitcoinové sítě kolem 320 EH/s, útočník by potřeboval k pokusu o ovládnutí sítě více než 640 tisíc těchto minerů, které by představovaly náklady 4,8 miliardy dolarů nepočítaje budovy, údržbu, personál a elektřinu.⁴³

1.2.3 Pseudoanonymita

Jelikož je tato síť spravována skupinou propojených počítačů, znamená to, že na rozdíl od běžně používaných bankovních systémů, ve kterých mohou uživatelé vidět pouze své vlastní transakce, v případě blockchainu vidí všichni uživatelé všechny transakce, tedy i ty které se netýkají přímo jejich vlastního účtu.⁴⁴ Uživatelé a jejich aktivita v Bitcoinové síti jsou z tohoto důvodu takzvaně pseudo-anonymní. Na rozdíl od vytvoření účtu v bance, kdy je vyžadována po novém klientovi osobní identifikace, která spojí transakce s jeho identitou, v případě většiny blockchainových sítí, včetně Bitcoinu, identifikace vyžadována není. Dojde pouze k vytvoření osobní adresy uživatele, která nemá žádné spojení s osobními informacemi o uživateli. Je ovšem veřejně viditelná a skrze analýzu aktivity uživatele může být vysledována a propojena s jeho reálnou identitou, například pokud uživatel využije adresu k interakci s centralizovanou kryptoměnovou burzou, které osobní identitu poskytl. Tyto údaje mohou uniknout nebo být poskytnuty burzou na vyžádání státních orgánů.⁴⁵

1.2.4 Ekonomický model

Celkový počet dosud vytěžených Bitcoinů byl 19 276 325 BTC ke konci ledna 2023. Zásoba Bitcoinu je determinována algoritmicky. Podle geometricky klesající funkce nabídky každých 210 000 bloků klesne odměna pro těžaře v síti o 50 %. Tomuto snížení odměn se říká Bitcoin halving a nastává, vzhledem k času na vytěžení jednoho bloku, zhruba jednou za čtyři roky. Výsledkem je, že celkové množství BTC v oběhu nepřesáhne 21 milionů. Od spuštění sítě do

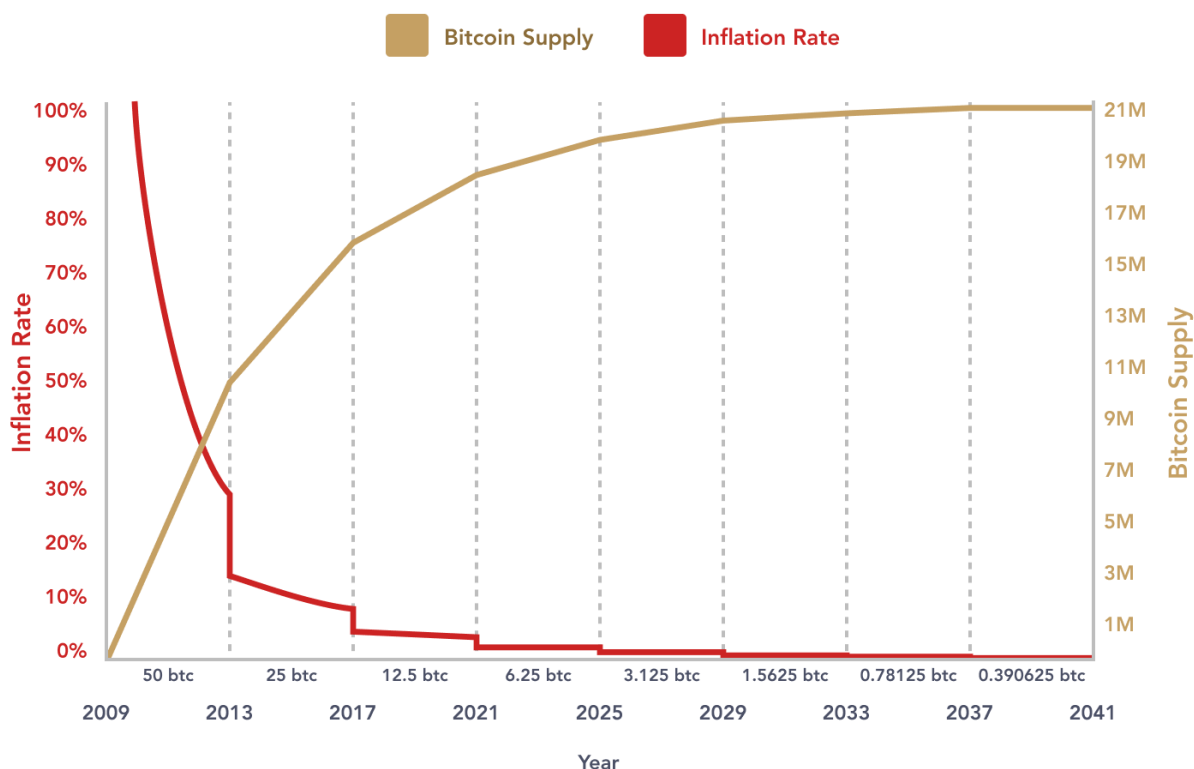
⁴² Bitmain Antminer S19 XP Hydro 255TH/s 5304W. Vipera [online]. [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://www.viperatech.com/product/bitcoin-miner-s19-xp-hyd/>

⁴³ WADE, Jacob. Hash Rate. Investopedia [online]. February 28, 2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/hash-rate-6746261>

⁴⁴ D'ALIESSI, Michele. How Does the Blockchain Work?. *Medium* [online]. Jun 1, 2016 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: <https://onezero.medium.com/how-does-the-blockchain-work-98c8cd01d2ae>

⁴⁵ DOSSETT, Julian. Are Cryptocurrency Transactions Actually Anonymous?: Spoiler alert: Bitcoin transactions can still be traced. [online]. June 7, 2022 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/personal-finance/crypto/are-cryptocurrency-transactions-actually-anonymous/>

doby prvního půlení získávaly těžaři odměnu 50 BTC za vytěžený blok. Aktuálně je odměna zmiňovaných 6,25 BTC za vytěžený blok v důsledku posledního půlení, ke kterému došlo 11. května 2020, kdy byly odměny sníženy z 12,5 BTC. Aktuálně je tak do oběhu přidáno kolem 900 BTC denně. K následujícímu půlení by mělo dojít v dubnu nebo květnu 2024, kdy budou odměny sníženy na 3,125 BTC. V důsledku pokračujících půlení odměn se budou odměny pro těžaře v budoucnosti blížit nule a hlavní odměnou se stanou transakční poplatky hrazené uživateli sítě. K poslednímu půlení by mělo dojít v roce 2140.⁴⁶



Obrázek 4: Graf cirkulujícího množství BTC a výše emisí (River Financial, 2021)

1.3 Ethereum

Druhým významným vývojovým krokem v oblasti blockchainů bylo umožnění tvorby aplikací a programů, které jsou uloženy v decentralizované podobě přímo na blockchainu. První blockchainovou sítí, která se touto problematikou začala zabývat, a zároveň se stala úspěšnou z pohledu adopce, je Ethereum.

Hlavním zakladatelem blockchainové sítě Ethereum je Vitalik Buterin, který zveřejnil zakládající listinu Etherea v listopadu 2013. V té popsal alternativní platformu inspirovanou

⁴⁶ CONWAY, Luke. What Is Bitcoin Halving? Definition, How It Works, Why It Matters. Investopedia [online]. [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/bitcoin-halving-4843769>

Bitcoinovou sítí, která umožní vývojářům vytvářet jejich vlastní decentralizované aplikace pomocí integrovaného programovacího jazyka. Jedná se tedy o globální, decentralizovaný a důvěryhodný výpočetní výkon, ne o formu peněz, byť v sobě systém peněz také obsahuje a nazývá se Ether (ETH).

Poté co Vitalik Buterin zveřejnil whitepaper, připojilo se k němu několik dalších vývojářů, kteří mu pomohli zrealizovat jeho vizi. Jádro vývojářského týmu tvořili Vitalik Buterin, Mihai Alise, Anthony Di Iorio, Charles Hoskinson, Joe Lubin a Gavin Wood. Poslední z jmenovaných byl jedním z nejdůležitějších členů, který vytvořil technickou specifikaci sítě (tzv. Yellow Paper), spolu navrhnul EVM (Ethereum Virtual Machine) a vytvořil programovací jazyk Solidity používaný pro implementaci smart kontraktů.⁴⁷ Vysvětlení EVM a smart kontraktů bude obsaženo v následujících podkapitolách.

Prvotní kapitál pro vývoj sítě získali její tvůrci pomocí ICO (Initial Coin Offering), což je první veřejný prodej digitální měny nebo tokenu. Dochází k němu ještě předtím, než se tato měna začne veřejně obchodovat na burzách. Tento způsob získávání kapitálu je inspirovaný známým IPO (Initial Public Offering), při kterém získávají společnosti dodatečný kapitál tím, že veřejně nabídnou část svých akcií k prodeji. ICO se od IPO odlišuje tím, že investoři platí za nabídnuté kryptoměny také kryptoměnami, nejčastěji Bitcoinem nebo Ethereumem.⁴⁸

V červenci 2014 vybrali tvůrci od podporovatelů sítě 31 529 BTC během 42 dní, které představovali v té době 18,4 milionů dolarů. Podporovatelé obdrželi výměnou téměř 60 milionů jednotek kryptoměny ETH. Cena jednoho ETH se tak pohybovala, vzhledem k tehdejšímu tržním cenám, kolem 0,3 dolaru.⁴⁹ Ke spuštění sítě došlo 30. července 2015. Nejednalo se v té době o atraktivní platformu, neboť obsahovala pouze rozhraní příkazového řádku pro vývojáře, kteří už ale mohli začít pracovat na vlastních decentralizovaných aplikacích.⁵⁰

Nativní kryptoměnou blockchainové sítě Ethereum je Ether (ETH), jehož hlavním účelem je umožnit vznik trhu s výpočetním výkonem. Podobně jako v případě BTC v Bitcoinové síti, plní funkci ekonomické motivace pro validátory k ověřování a provádění transakcí

⁴⁷ PALMER, Daniel a Alyssa HERTIG. Who Created Ethereum?. CoinDesk [online]. Mar 9, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/who-created-ethereum/>

⁴⁸ DALY, Lyle. What Is an Initial Coin Offering (ICO)?. *The Motley Fool* [online]. Jun 28, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/initial-coin-offering/>

⁴⁹ CAMILA RUSSO, Camila. Sale of the Century: The Inside Story of Ethereum's 2014 Premine. CoinDesk [online]. Jul 11, 2020 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/markets/2020/07/11/sale-of-the-century-the-inside-story-of-ethereums-2014-premine/>

⁵⁰ PALMER, Daniel a Alyssa HERTIG. Who Created Ethereum?. CoinDesk [online]. Mar 9, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/who-created-ethereum/>

a k poskytování výpočetního výkonu. Uživatelé s vysláním požadavku na provedení transakce hradí transakční poplatek v této kryptoměně, který je následně rozdělen mezi uzly, které zpracovali danou transakci. Zároveň plní bezpečnostní funkci, neboť útočníci, kteří by chtěli síť zahltit, například nekonečným výpočtem, by museli za výpočetní výkon zaplatit. ETH je používán také jako základ sítě využívaného konsenzuálního mechanismu Proof-of-Stake, ve kterém slouží jako zástava proti nečestnému chování validátorů. Pokud by se validátor pokusil o nečestné chování, jím zastavený ETH, nebo jeho část by mu byla odebrána.⁵¹

1.3.1 EVM

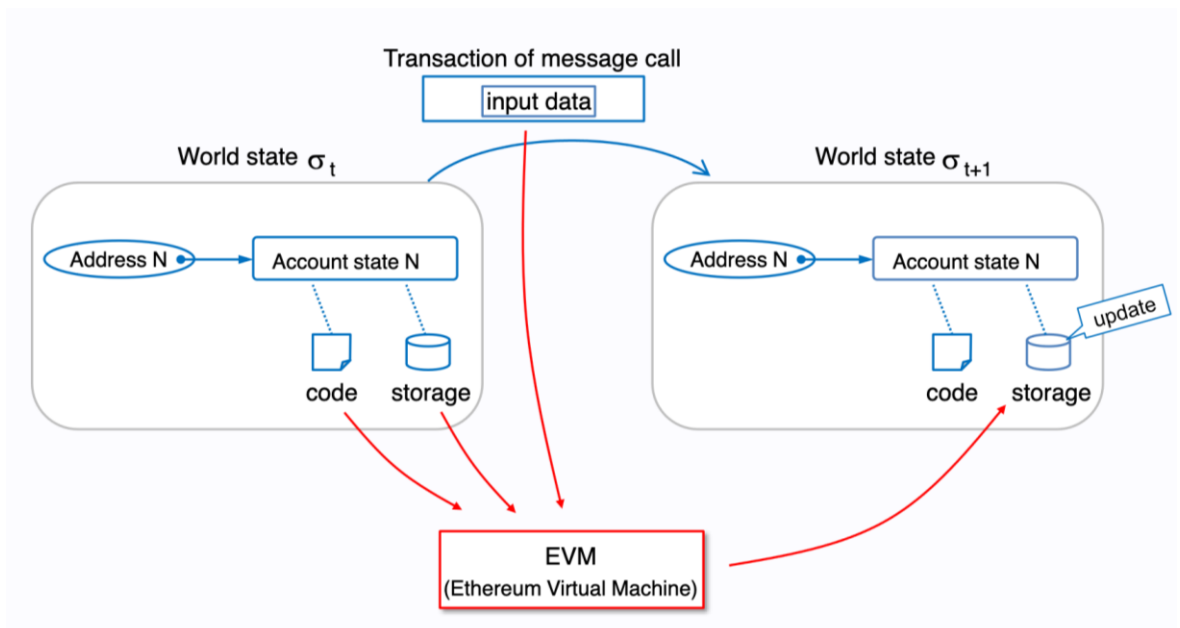
Jednoduše lze Ethereum popsat jako blockchain, který má v sobě zakomponovaný jeden virtuální počítač. Ten se nazývá EVM (Ethereum Virtual Machine) a jedná se o software, který je základem pro tvorbu aplikací, které jsou decentralizované, nevyžadují povolení k jejich používání a zároveň jsou odolné vůči cenzuře. Blockchainová síť Ethereum má výhradní účel, a to udržení jeho nepřetržitého a nepřerušovaného provozu. Každý z uzlů sítě uchovává kopii stavu tohoto softwaru, který obsahuje mimo jiné všechny účty s jejich zůstatky, systém transakčních poplatků a chytré kontrakty, které i vykonává.⁵²

Ethereum Virtual Machine je takzvaně stavový počítač, který je neustále v provozu, a jehož operace určují stav každého bloku v blockchainové síti Ethereum. Howell připodobňuje EVM k matematické funkci, neboť dokáže generovat deterministický výstup pro jakýkoliv zadaný vstup. Lze ho tedy popsat funkcí přechodu mezi dvěma stavy, kdy starý platný stav a nová množina platných transakcí podléhají funkci přechodu, jejíž výsledkem je nový výstupní stav. Stavem je míněna datová struktura známá jako modifikovaný Merkle Patricia tree (strom), která udržuje záznam všech účtů a všech transakcí.⁵³

⁵¹ RICHARDS, Sam. Intro to Ethereum. Ethereum.org [online]. April 12, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/intro-to-ethereum/>

⁵² WACKEROW, Paul. Ethereum Virtual Machine (EVM). Ethereum [online]. January 19, 2022 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/evm/>

⁵³ HOWELL, James. What Is the Ethereum Virtual Machine (EVM)?. 101 Blockchains [online]. November 18, 2022 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://101blockchains.com/ethereum-virtual-machine/>



Obrázek 5: Diagram změny stavu EVM (Takenobu, 2018)

Transakcemi jsou v případě blockchainové sítě Ethereum požadavky na exekuci kódu uvnitř EVM. S provedenou transakcí následuje změna stavu EVM, která je následně odvyšlána zpět do sítě a sdílána mezi všemi uzly v síti. Příkladem transakce může být odeslání určitého množství kryptoměny ETH z jedné adresy na druhou, publikování smart kontraktu do nového stavu EVM nebo interakce se smart kontraktem podle zadaných parametrů.⁵⁴

EVM je také turingovsky kompletní stroj, což znamená, že chytré kontrakty mohou provádět jakoukoli kombinaci kódu a složitých výpočtů. To vývojářům umožňuje vytvářet programy k vyřešení jakéhokoli výpočetního problému. Díky vysoké flexibilitě v programovatelnosti a možnosti využití chytrých kontraktů pohání EVM mnoho typů decentralizovaných aplikací. Jedná se například o hry typu play-to-earn, finanční aplikace pro kryptoměnové půjčky nebo aplikace pro obchodování s uměním ve formě NFT (nezaměnitelných tokenů).⁵⁵

⁵⁴ RICHARDS, Sam. Intro to Ethereum. Ethereum.org [online]. April 12, 2022 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/intro-to-ethereum/>

⁵⁵ DAS, Lipsa. Understanding Ethereum Virtual Machine (EVM). Ledger Academy [online]. Apr 1, 2023 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.ledger.com/academy/topics/crypto/understanding-ethereum-virtual-machine-vm>

1.3.2 Proof-of-Stake

Ethereum využívalo až do září 2022 konsenzuální mechanismus Proof-of-Work fungující na stejném principu jako blockchainová síť Bitcoin. 15. září 2022 proběhl tzv. The Merge a došlo k přechodu sítě na konsenzuální mechanismus Proof-of-Stake.⁵⁶

Na rozdíl od Proof-of-Work, kde těžaři prokazují, že jsou do sítě zainvestováni tím, že spotřebovávají velké množství elektrické energie, v případě Proof-of-Stake validátoři vkládají kapitál ve formě kryptoměny ETH do smart kontraktu na Ethereum. Poté získá validátor pravomoc ověřovat správnost nově vytvořených bloků, a když je právě zvolen, tak bloky i sám navrhopvat a distribuovat do sítě. Uživatel, který má zájem stát se validátorem, musí vložit alespoň 32 ETH do depozitního kontraktu a provozovat dvě samostatné části softwaru: exekučního klienta a konsenzuálního klienta. Exekuční klient přijímá požadavky na nové transakce vyslané do sítě, provádí je v EVM a také uchovává nejnovější stav EVM. Konsenzuální klient známý také jako Beacon Chain implementuje konsenzuální algoritmus Proof-of-Stake, který umožňuje síti dosáhnout dohody na základě ověřených dat z exekučního klienta.⁵⁷

Zatímco u Proof-of-Work je tempo vytváření nových bloků určováno obtížností těžby, u Proof-of-Stake je tempo pevně dané. Čas v síti Ethereum je vyjádřen pomocí slotu, který trvá 12 sekund a epochy, která trvá 32 slotů. V každém slotu je náhodně vybrán jeden validátor, který je navrhovatelem bloku. Tento validátor je zodpovědný za vytvoření nového bloku a jeho rozeslání ostatním uzlům v síti. V každém slotu je také náhodně vybrán výbor validátorů, jejichž hlasy se používají k určení platnosti navrhovaného bloku.

Průběh zpracování transakce je následující:⁵⁸

- 1) Uživatel vytvoří a podepíše transakci svým privátním klíčem za využití kryptoměnové peněženky. Zároveň zvolí výši ETH, kterou je ochoten uhradit navíc k transakčnímu poplatku. Jedná se o formu spropitného, které je vyplaceno validátorovi při zahrnutí dané transakce do bloku a zvyšuje tak motivaci validátora transakci do bloku zařadit.

⁵⁶ WADE, Jacob. Ethereum Merge. Investopedia [online]. September 20, 2022 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/the-ethereum-merge-6504132>

⁵⁷ COOK, Joseph. Nodes and clients. Ethereum [online]. February 1, 2023 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/nodes-and-clients/>

⁵⁸ PENNELLA, Luca. Proof-of-stake (PoS). Ethereum [online]. March 1, 2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/>

- 2) Transakci přijme exekuční klient sítě a ověří její platnost, respektive se ujistí, že odesílatel disponuje dostatečným zůstatkem ETH k uhrazení transakčního poplatku a také, že transakci podepsal správným klíčem.
- 3) Pokud transakce splňuje všechny požadavky, přidá ji exekuční klient do svého lokálního seznamu nevyřízených transakcí (mempool) a také ji rozešle ostatním uzlům v síti. Ty ji následně také přidají do svých lokálních mempoolů.
- 4) Jeden z uzlů sítě je zvolen pseudonáhodně pomocí RANDAO algoritmu jako navrhovatel nového bloku pro aktuální slot. Zodpovídá pak za sestavení nového bloku, jeho odvysílání do sítě a aktualizaci stavu EVM. Dojde k tomu, že exekuční klient spojí transakce z lokálního mempoolu do tzv. exekučního nákladu (execution payload) a aplikuje je na současný stav EVM, čímž vygeneruje jeho nový stav. Tyto informace jsou pak předány konsenzuálnímu klientovi.
- 5) Ostatní uzly obdrží informace o provedeném exekučním nákladu a předají jej svému exekučnímu klientovi, který je znovu lokálně provede, aby ověřil platnost navrhované změny stavu EVM. Poté co je blok a stav potvrzen jako platný, je blok přidán do lokální databáze každého uzlu, který test provedl.
- 6) Proces je dokončený a konsenzus se považuje za dosažený, pokud se na novém stavu shodne alespoň 66 % uzlů v síti.

1.3.3 Smart kontrakty

Jednou z nejdůležitější inovací, kterou Ethereum přineslo a zpopularizovalo, je využití již zmiňovaných smart kontraktů. Tuto digitální a programovatelnou formu smluv poprvé představil americký počítačový vědec a kryptograf Nick Szabo v roce 1994.⁵⁹ Jedná se o smluvní dohody různého typu, které, tak jako běžně známé smlouvy, umožňují nastavit, respektive v tomto případě naprogramovat, vztahy a povinnosti jednotlivých stran dohody. Pokud dojde k naplnění definovaných podmínek, dojde automaticky k exekuci dohody bez potřeby jakéhokoliv prostředníka.⁶⁰ Oproti konvenčním kontraktům, které jsou v případě

⁵⁹ PETERSSON, David. How Smart Contracts Started And Where They Are Heading. Forbes [online]. Oct 24, 2018 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/davidpetersson/2018/10/24/how-smart-contracts-started-and-where-they-are-heading/?sh=428aca637b63>

⁶⁰ HERTIG, Alyssa. How Do Ethereum Smart Contracts Work?. CoinDesk [online]. Mar 9, 2022 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/how-do-ethereum-smart-contracts-work/>

nedodržení dohodnutých podmínek vynutitelné zákonem a soudy, smart kontrakt podmínky sám automaticky vymůže, aniž by bylo vyžadováno zapojení třetí strany.⁶¹

Z technického pohledu jsou smart kontrakty typem účtu blockchainové sítě Ethereum. Mají tak svůj vlastní zůstatek a mohou se stát cílem transakcí. Nejsou však ovládány žádným z uživatelů, místo toho jsou nasazeny do sítě a fungují podle toho, jak byly naprogramovány. Uživatelé mohou se smart kontrakty komunikovat a interagovat pomocí transakcí, které provedou funkci obsaženou ve smart kontraktu. Kdokoliv může smart kontrakty vytvářet, musí pouze uhradit transakční poplatek za jejich publikaci. Interakce s nimi jsou nezvratné, znamená to tedy, že vyžadují pečlivý návrh, důkladné testování a opatrnost uživatele.⁶²

Pokud chce vývojář využít jako součást chytrého kontraktu informace z reálného světa, využívají se k tomu tzv. orákula – aplikace, které získávají a ověřují informace nalézající se mimo blockchain. Tyto informace předávají chytrým kontraktům běžícím na blockchainu. Fungují tak jako most mezi smart kontrakty na blockchainu a poskytovateli dat mimo blockchain. Bez těchto aplikací by nebylo možné přistupovat k datům uloženým mimo blockchainovou síť. Orákula mohou také přenášet informace z blockchainu do externích systémů. Příkladem posledně jmenované funkce může být odemknutí chytrého fyzického zámku, jakmile uživatel zaplatí poplatek prostřednictvím transakce na blockchainové síti.⁶³

1.3.4 Decentralizované aplikace

Wackerow popisuje decentralizované aplikace (dapps) jako aplikace vytvořené na decentralizované blockchainové síti, které v sobě kombinují smart kontrakty a přívětivé uživatelské rozhraní pro jejich používání. Protože jsou v případě Etherea vytvořené smart kontrakty veřejně viditelné a všem přístupné, dapps mohou zahrnovat smart kontrakty vytvořené všemi uživateli sítě.⁶⁴

Decentralizované aplikace přináší alternativu k centralizovaným aplikacím. Ty jsou sice velice rozšířené a využívány veřejností na denní bázi, mají však svá negativa. Moreland vyjmenovává tři typy nejčastějších problémů, se kterými se uživatelé centralizovaných aplikací

⁶¹ HERTIG, Alyssa. How Do Ethereum Smart Contracts Work?. CoinDesk [online]. Mar 9, 2022 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/how-do-ethereum-smart-contracts-work/>

⁶² WACKEROW, Paul. Introduction to smart contracts. Ethereum [online]. <https://ethereum.org/en/>, September 2, 2022 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/>

⁶³ NAITO, Hiroyuki. Oracles. Ethereum [online]. February 9, 2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/oracles/>

⁶⁴ WACKEROW, Paul. Introduction to dapps. Ethereum [online]. September 26, 2022 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/dapps/>

mohou setkat. Prvním je zneužití osobních dat, kdy může docházet ke shromažďování citlivých osobních informací, ke kterému nedal uživatel souhlas a nemůže si transparentně ověřit, jaké jeho osobní informace aplikace ukládá. Tyto informace mohou být bez jeho svolení prodány třetím stranám, aniž by o tom existoval veřejný záznam. Druhým příkladem je lokální cenzura, která může obyvatelům určitého státu zabraňovat v používání některých aplikací. Posledním zmíněným problémem je tzv. proprietární uzamčení, které činí uživatele závislým na službách konkrétní aplikace tím, že vytváří značné náklady nebo způsobuje vysokou nepraktičnost, pokud by chtěl uživatel přestat aplikaci používat. Uživatel je tak například nucený používat aplikaci se kterou je nespokojený jen proto, že je extrémně náročné nebo nemožné přenést svá data do jiné aplikace.⁶⁵

Výhodami decentralizovaných aplikací je, že poskytují svým uživatelům soukromí, neboť nevyžadují poskytnutí identity k jejich používání, byť i takové dapps je možné navrhnout. Odolnost vůči cenzuře je jednou z dalších výhod. Za předpokladu, že je blockchainová síť dostatečně decentralizovaná, nemůže samostatná entita zamezit uživatelům v odesílání transakcí nebo vytváření decentralizovaných aplikací. Data jsou díky vlastnostem blockchain technologie uložena v nezaměnitelné a nezpochybnitelné podobě, což zvyšuje jejich důvěryhodnost. Zdrojový kód skutečně decentralizovaných aplikací je open source. Kdokoliv, kdo má náležité znalosti tak může do vnitřního fungování aplikace nahlédnout a zjistit, co přesně aplikace dělá, jaká data používá nebo jaká potřebuje oprávnění, což u běžných aplikací ve většině případů není možné. Pokud aplikace není zcela v pořádku, vývojáři ji mohou snadno duplikovat, opravit a spustit její alternativní verzi (tzv. fork), což je motivací pro vývojáře vytvářet kvalitní, čestné aplikace.⁶⁶

Naopak mezi hlavní nevýhody vývoje decentralizovaných aplikací často patří nedostatečný výkon blockchainové sítě. Kvůli zajištění bezpečnosti každý uzel v síti Ethereum uchovává každou transakci, což omezuje objem práce, který je síť schopná zpracovat. Může také docházet k přetížení sítě v případě, že aplikace vyžaduje odesílání více transakcí za sekundu, než je síť schopná zpracovat. Výsledkem je nahromadění transakcí v mem-poolu a ochromení výkonu celé sítě. Ethereum je schopné zpracovat 10-15 transakcí za sekundu, což omezuje jeho využitelnost pro širokou populaci. Také příjemné uživatelské zkušenosti s používáním aplikace je oproti centralizovaným aplikacím těžší dosáhnout. Koncového uživatele může odradit

⁶⁵ MORELAND, Kirsty. What is a dApp?. Ledger Academy [online]. Apr 29, 2021 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.ledger.com/academy/what-is-a-dapp>

⁶⁶ tamtéž

nutnost založení kryptoměnové peněženky k interakci s blockchainem, nutnost hrazení transakčních poplatků za každou transakci nebo již samotný nákup kryptoměny na kryptoměnové burze.⁶⁷

1.4 Hlavní přínosy blockchain technologie

Cílem této kapitoly je více přiblížit hlavní přínosy blockchain technologie a způsoby jejího využití zejména při sledování aktiv. Blockchain technologie je díky svým vlastnostem ideální pro použití v oblasti dodavatelských řetězců a logistiky. Tyto oblasti jsou z důvodu spolupráce velkého počtu interních a externích partnerů velmi zranitelné k manipulaci s daty, nedostatku důvěry a nedostatečnému přehledu o procesech. Blockchain technologie může všechny tyto problémy pomoci řešit.

Transparentnost

Velkým tématem v průmyslu a podnikání je transparentnost, přesněji řečeno etika podnikání a nastavené postupy v jednotlivých odvětvích. Transparentnost je zásadní pro posílení důvěry klientů i zaměstnanců a dobrou pověst společností. Některé podniky se tedy uchylují k taktice zavedení pravidel a předpisů s cílem zvýšit transparentnost. Protože jsou však tyto systémy centralizované, ne vždy vedou ke stoprocentní transparentnosti. Právě zde může blockchain technologie pomoci situaci změnit zavedením decentralizovaného systému, kde není potřeba centrální autorita.⁶⁸ Zaznamenaná data by si pak mohl kdokoliv ověřit, což je zásadní rozdíl oproti centralizovaným databázím a systémům, u kterých zveřejňuje informace její správce, který si může zvolit, která data zveřejní a která ne. Současné systémy jsou sice schopny všechny potřebné údaje sledovat, často ale vyžadují značné manuální zásahy a data nejsou viditelná pro všechny účastníky.⁶⁹

Nezaměnitelnost

Každá transakce, která je přidána do blockchainové sítě je neměnná. Znamená to tedy, že s ní nelze manipulovat nebo ji odstranit. Díky tomu dochází například k eliminaci podvodů při vedení digitálních záznamů, jako je manipulace s daty, jejich mazání nebo pozměňování bez vědomí zainteresovaných osob. Pokud je přidána transakce obsahující chyby, nelze ji smazat

⁶⁷ MORELAND, Kirsty. What is a dApp?. Ledger Academy [online]. Apr 29, 2021 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.ledger.com/academy/what-is-a-dapp>

⁶⁸ LAUTERBACH, Chad. Benefits of Blockchain Technology. *Be Structured* [online]. March 9, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://beststructured.com/benefits-of-blockchain-technology-2/>

⁶⁹ BUDHI, Veera. Advantages And Disadvantages Of Blockchain Technology. *Forbes* [online]. Oct 20, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/10/20/advantages-and-disadvantages-of-blockchain-technology/?sh=6de182be3453>

nebo změnit, ale je nutné vytvořit novou transakci se správnými údaji v novém bloku. Obě transakce zůstanou pro uživatele viditelné v chronologickém pořadí uvnitř blockchainu.⁷⁰

Decentralizace

Výrobci v dnešní době diverzifikují svou dodavatelskou síť do všech částí světa, aby mohli využít výhod, které jim to přináší. Díky dostupnosti kvalitnějších surovin, levnější pracovní síle nebo příznivější legislativě pak mohou nabídnout svým zákazníkům ty nejlepší a nejvýhodnější produkty. Vystavuje je to však riziku potencionálního selhání systému některého z dodavatelů, které může vyústit ve zpoždění nebo úplnou neschopnost dodat produkt na trh. Decentralizovaná povaha blockchain technologie pomáhá toto riziko eliminovat, jelikož neexistuje jediný centrální bod selhání.⁷¹

Bezpečnost

Blockchain technologie je dle Makadia také nejlepším způsobem, jak uchovávat záznamy z pohledu bezpečnosti. Distribuovanost blockchainové sítě a fakt, že transakce mohou být do blockchainu přidány pouze v případě, že síť dosáhne společného konsenzu je dle něj tím hlavním argumentem. Pokud je transakce přijata, je navíc zašifrována a blok, ve kterém je obsažena, propojen s bloky předchozími. Žádná osoba ani strana tedy nemá možnost tyto záznamy změnit. Makadia dále vyjmenovává odvětví, pro která je velmi důležitá oblast bezpečnosti – vládní, zdravotnické a finanční organizace. Ty všechny by mohly z blockchain technologie profitovat.⁷²

Důvěra

Moderní korporace často obchodují s mnoha menšími dodavateli, nad nimiž mají jen omezenou nebo žádnou kontrolu. Mezi obchodními partnery může vznikat nedůvěra vůči používaným procesům, jejich dodržování nebo výrobním podmínkám. Tato nedůvěra může vyústit až v to, že se obchodní partneři začnou vnímat jako konkurenti. Budování důvěry je proto jedním ze základů úspěšné spolupráce. Všechny dosud zmíněné vlastnosti blockchain technologie ji pomáhají budovat. Další způsob jejího budování může být pomocí digitalizace všech fyzických aktiv používaných v dodavatelském řetězci za pomoci IoT zařízení a následného propojení dat s decentralizovanou blockchainovou sítí. Nemožnost manipulace

⁷⁰ SANTI, Abirami Raja a Padmakumar MUTHUSWAMY. Influence of Blockchain Technology in Manufacturing Supply Chain and Logistics. MDPI [online]. 8 February 2022 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2305-6290/6/1/15#B30-logistics-06-00015>

⁷¹ tamtéž

⁷² MAKADIA, Harsh. Blockchain - Benefits, Drawbacks and Everything You Need to Know. *Maruti Techlabs* [online]. Oct 03 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://marutitech.com/benefits-of-blockchain/>

s daty uloženými v blockchainu zvyšuje jejich důvěryhodnost. Transakce jsou také opatřeny časovým razítkem. Výsledkem je vysoká úroveň bezpečnosti, transparentnosti a trasovatelnosti, což pomáhá budovat důvěru mezi zúčastněnými stranami. Dalším faktorem, napomáhajícím ke zvýšení důvěry, je možnost využití smart kontraktů. Zúčastněné strany si mohou být totiž jisté, že dojde automaticky k naplnění stanovených pravidel při splnění definovaných podmínek. V dodavatelském řetězci lze smart kontrakty použít k automatickému ověřování a plnění smluv, managementu zásob, zpracování plateb zprostředkovatelům nebo zaslání notifikací.⁷³

⁷³ SANTI, Abirami Raja a Padmakumar MUTHUSWAMY. Influence of Blockchain Technology in Manufacturing Supply Chain and Logistics. MDPI [online]. 8 February 2022 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2305-6290/6/1/15#B30-logistics-06-00015>

2 PŘEDSTAVENÍ PLATFORMY VECHAINTHOR

Třetím vývojovým krokem v evoluci blockchain technologie bylo, po tvorbě digitální decentralizované měny Bitcoin a decentralizovaného výpočetního výkonu – Ethera, vytvoření blockchainových sítí, které jsou optimalizovány pro specifický účel. Jednou z takových sítí je i platforma VeChainThor, která je hlavním tématem této práce.

2.1 Popis projektu

Platforma VeChainThor je tvořena stejnojmenným blockchainem a softwarovými nástroji, které jsou zacílené na problematiku dodavatelských řetězců. Zaměřuje se na tvorbu nástrojů napomáhajících dosažení transparentního toku a uchování informací v přepravních, výrobních, skladových, potravinářských ale i jiných odvětvích. Softwarové nástroje VeChainThor platformy jsou zejména podnikově zaměřené a soustředí se na zjednodušení sledování, automatizaci a záznam velkého množství dat v důvěryhodné podobě.⁷⁴ Výsledkem, kterého se platforma snaží dosáhnout je, aby pro výrobce, prodejce a koncové spotřebitele existoval spolehlivý a decentralizovaný zdroj informací. Inovací, kterou VeChainThor platforma přináší je spojení již používaných IoT zařízení s blockchain technologií.⁷⁵

Vývoj VeChainThor blockchainu započala v roce 2015 soukromá společnost VeChain Technology sídlící v Šanghaji, která se zabývá vývojem softwaru. Projekt vznikl zpočátku pouze jako aplikace běžící na Etheru. Jeho hlavním a jediným tokenem byl token označený zkratkou VEN.⁷⁶ V roce 2017 se společnost začala snažit o vytvoření své vlastní blockchainové sítě. Jedním z hlavních důvodů byl ekonomický design blockchainové sítě Ethereum, který způsobuje, že cena prováděných transakcí roste s cenou ETH, protože jsou jím hrazeny transakční poplatky. Vyšší adopce způsobuje vyšší poptávku po ETH, což vede k růstu jeho ceny, a to následně zvyšuje transakční náklady. Takovýto model způsobuje nestabilitu v nákladech na používání sítě a odráží podniky od využívání této technologie. Tvůrci

⁷⁴ FRANKENFIELD, Jake. VeChain. *Investopedia* [online]. October 18, 2021 [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/v/vechain.asp>

⁷⁵ PERKMANN, Maximilian. VeChain: Blockchain Supply Chain Tracking. *Medium* [online]. Mar 8, 2022 [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://medium.datadriveninvestor.com/vechain-blockchain-supply-chain-tracking-54e71c12474f>

⁷⁶ ROSENBERG, Eric. VeChain (VET) Explained. *The Balance* [online]. November 13, 2021 [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.thebalancemoney.com/vechain-explained-5197295>

VeChainThor platformy se proto rozhodli pro vytvoření ekonomického modelu obsahujícího dva tokeny, které plní odlišné funkce.⁷⁷

Finanční prostředky na vývoj platformy získala společnost pomocí ICO, které bylo spuštěno 18. srpna 2017 a skončilo 31. srpna téhož roku. Společnosti se podařilo získat kapitál ve výši 60,29 milionů dolarů.⁷⁸ V únoru 2018 VeChain změnil svou značku na VeChainThor a uvedl nový token VET, který nahradil dosavadní token VEN. Spolu s ním uvedl i token VTHO. Tokeny VEN byly po spuštění samostatného VeChainThor blockchainu směněny v poměru 1:100 za nový VET token.⁷⁹ Ke spuštění samostatného VeChainThor blockchainu došlo v červnu 2018. Vývoj je v současné době koordinován neziskovou nadací VeChain Foundation se sídlem v San Marinu.

Platforma získala od doby svého vzniku mnoho významných partnerů a spolupracuje na projektech s významnými světovými společnostmi jako je například BMW, Renault, DHL nebo Walmart.⁸⁰

2.2 Ekonomický model

Jak již bylo zmíněno, platforma VeChainThor je postavena na ekonomickém modelu, který využívá dva tokeny, čímž se odlišuje od jiných blockchainových sítí. Zakladatelé projektu se k tomuto kroku rozhodli, aby bylo možné zajistit větší předvídatelnost nákladů na používání sítě. S tím, jak roste adopce blockchainové sítě, se zvyšuje tržní cena tokenu, který síť využívá, což vede ke zvýšení ceny za provedení transakce. Volatilitu pak dále zvyšuje tržní spekulace obchodníků na kryptoměnových burzách.⁸¹

Kromě tokenu VET tak ekonomický model VeChainThor platformy obsahuje ještě token VTHO. Hlavním účelem druhého jmenovaného tokenu je sloužit pro hrazení transakčních poplatků v síti. Jsou v něm tedy vyjádřeny základní náklady na používání VeChainThor platformy. VET tokeny automaticky generují jejich držitelé VTHO tokeny, což za určitých

⁷⁷ GILLETT, Henry. Why VeChain divorced Ethereum to become a strong, independent blockchain. Medium [online]. Sep 4, 2018 [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://blog.goodaudience.com/why-vechain-divorced-ethereum-to-become-a-strong-independent-blockchain-19b530de2207>

⁷⁸ *CoinFi* [online]. [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.coinfi.com/coins/vechain>

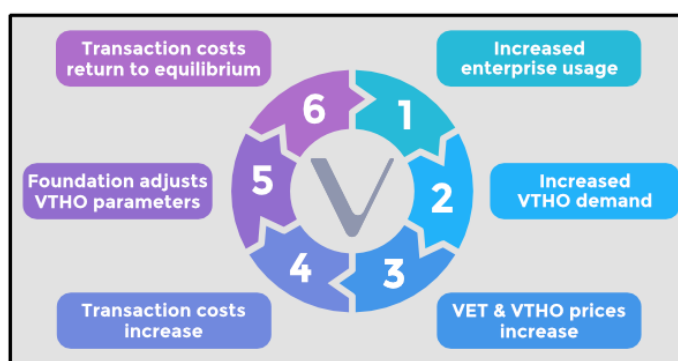
⁷⁹ DALY, Lyle. What is VeChain (VET)?. *The Motley Fool* [online]. Jun 10, 2022 [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/vechain/>

⁸⁰ WALTERS, Steve. VeChain Review 2023: A Revolution in Supply Chain Management!. Coin Bureau [online]. March 30th, 2023 [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.coinbureau.com/review/vechain-review/>

⁸¹ VECHAIN FOUNDATION. VeChain Whitepaper 2.0. In: VeChain [online]. Dec 2019 [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf>, s. 30.

předpokladů znamená, že uživatel může provádět transakce zdarma.⁸² Jeden VET token generuje s každým vytvořeným blokem, k čemuž dochází každých deset sekund, 0,00000005 VTHO tokenu. Za jeden den tak uživatel držící jeden VET token získá 0,000432 VTHO tokenu. Uhrazení transakčního poplatku ve VTHO tokenu je vyžadováno pro každou transakci. Cena za transakci se může pohybovat od 0,4 VTHO až po 20 VTHO podle typu provedeného úkonu – míněno, zda se jedná o transfer VET tokenu, transferu NFT nebo exekuci chytrého kontraktu.⁸³ 70 % z transakčního poplatku je vyřazeno z oběhu a zbylých 30 % slouží jako odměna pro Authority Masternode, který vytvořil blok s danou transakcí. VET token je naopak používán jako udržitel hodnoty a prostředek směny.⁸⁴

Samotná stabilita transakčních nákladů je zajištěna díky možnosti upravovat rychlost v s jakou VET token generuje VTHO token. Tento mechanismus umožňuje reagovat na výkyvy ceny VTHO tokenu a udržovat ceny transakcí na nízké úrovni. Cílem nadace je také umožnit, aby držitelé VET tokenu mohli provádět transakce bez jakýchkoliv nákladů vyjma prvotního nákupu VET tokenů. Jelikož má VET token jasně stanovenou celkovou nabídku, která činí 86 712 634 466 tokenů, nadace přesně ví, jaké množství VTHO tokenu je generováno. Nadace kontinuálně monitoruje trh a odhaduje poptávku po VTHO tokenu na základě aktivity, která na síti probíhá. V případě potřeby by nadace rozhodla o úpravě proměnné v za využití implementovaného governance systému. Při současné rychlosti v generování tokenu VTHO dochází k tvorbě 37 459 858 VTHO tokenů za den.⁸⁵ Uživatelé sítě tak mohou zdarma provést teoreticky mezi 2 až 93 miliony transakcí denně.



Obrázek 6: Grafické znázornění zajištění stability transakčních nákladů (Yorke, 2019)

⁸² GILLET, Henry. Why VeChain divorced Ethereum to become a strong, independent blockchain. Medium [online]. Sep 4, 2018 [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://blog.goodaudience.com/why-vechain-divorced-ethereum-to-become-a-strong-independent-blockchain-19b530de2207>

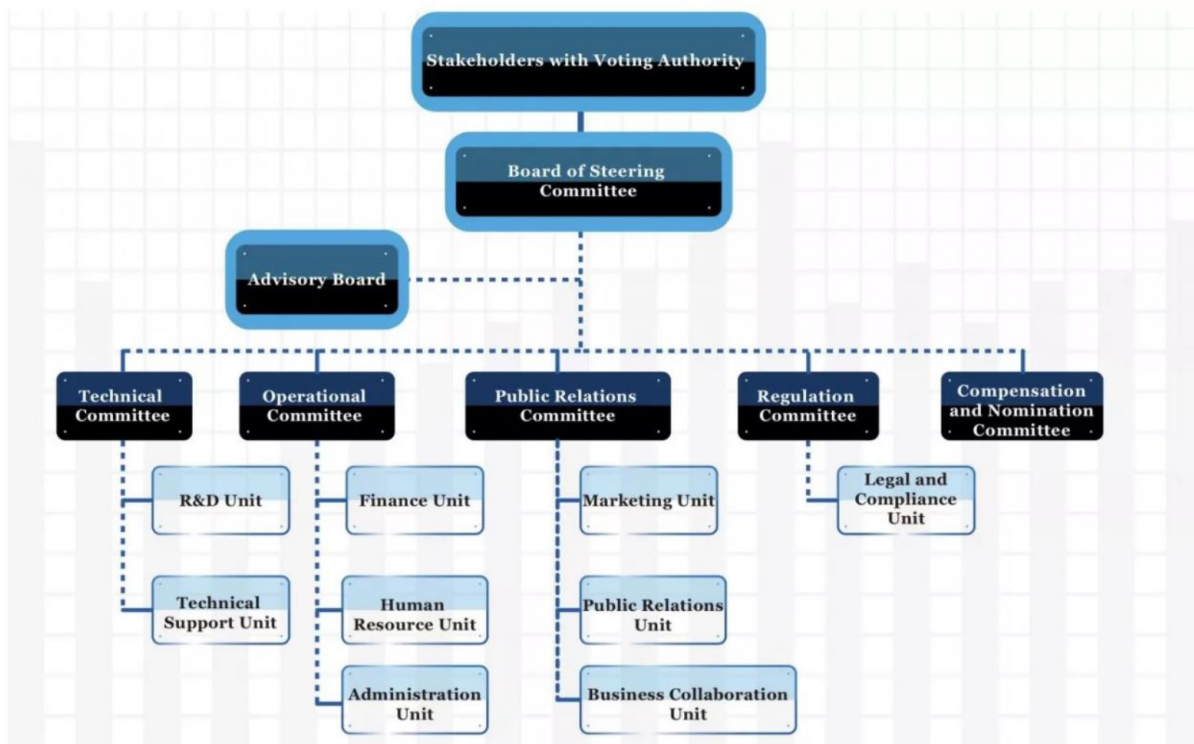
⁸³ *VeChain Stats* [online]. 2017 [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/>

⁸⁴ WALTERS, Steve. VeChain Review 2023: A Revolution in Supply Chain Management!. Coin Bureau [online]. March 30th, 2023 [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.coinbureau.com/review/vechain-review/>

⁸⁵ VECHAIN FOUNDATION. VeChain Whitepaper 2.0. In: VeChain [online]. Dec 2019 [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf>, s. 30.

2.3 Organizační struktura a systém řízení platformy

Organizační struktura VeChain nadace se skládá z následujících součástí: stakeholderů s volebním právem (uzly sítě), rady řídicího výboru VeChain nadace, poradního výboru, technického výboru, provozního výboru, regulačního výboru, výboru pro odměňování a nominování a výboru pro vztahy s veřejností.⁸⁶



Obrázek 7: Organizační struktura VeChain nadace (VeChain Foundation, 2019)

Nejdůležitějším řídicím orgánem je rada řídicího výboru (The Board of Steering Committee), jejíž členové jsou voleni pomocí hlasování. Rada určuje celkovou strategii projektu a vybírá předsedy funkčních výborů, kteří dohlížejí na pět hlavních výborů nadace VeChain.⁸⁷ Členové rady jsou voleni každé dva roky. Poslední volby členů proběhly v únoru 2023 za využití VeVote aplikace.⁸⁸ Jednotlivé uzly nejprve vybrali až deset kandidátů v prvním kole a následně maximálně pět ve druhém kole. Aktuálně jsou členy Luca Crisciotti, Qi Ge,

⁸⁶ CRYPTOPEDIA STAFF. VeChain (VET): Understanding VeChain's Governance Structure. Cryptopedia [online]. October 21, 2021 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.gemini.com/cryptopedia/vechain-vet-coin-vechainthor-governance>

⁸⁷ tamtéž

⁸⁸ VECHAIN. Announcing The Imminent Launch Of Voting For The 2023 VeChain Foundation Steering Committee Elections. Medium [online]. Feb 13, 2023 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/announcing-the-imminent-launch-of-voting-for-the-2023-vechain-foundation-steering-committee-5f2060690849>

Renato Grottole, Sunny Lu a Antonio Senatore. Každému z členů jsou přiřazeny role na základě jeho odborných znalostí a zkušeností. Správní rada se schází nejméně čtyřikrát ročně, aby projednala aktuální směřování a strategii VeChainThor platformy. Mezi hlavní funkce řídicího výboru patří:⁸⁹

- navrhnout a organizovat všechna hlasování zúčastněných stran o zásadních otázkách projektu;
- přezkoumávat, schvalovat a monitorovat hlavní strategické, technické a finanční aktivity nadace;
- přezkoumávat, upravovat a schvalovat zásady řízení nadace;
- přezkoumávat, schvalovat a monitorovat roční rozpočet VeChain nadace a využití výnosů;
- kontrolovat a schvalovat postup voleb, jmenovat předsedy funkčních výborů;
- monitorovat využití sítě a schvalovat případné změny v generování VTHO tokenu k zajištění stability transakčních nákladů.

Existuje několik témat, které vyžadují hlasování stakeholderů. Jsou jimi volba nové rady řídicího výboru, zásadní změna konsenzuálního mechanismu sítě, úprava rychlosti generování VTHO, případně další témata, která by rada řídicího výboru posoudila jako vhodná pro hlasování. Taková hlasování pak probíhají na transparentní a decentralizované hlasovací platformě VeVote, která byla integrována v listopadu 2019.⁹⁰ Návrhy jsou formulovány do tzv. *VeChain Improvement Proposals* (VIP). Průběh a výsledky všech hlasování jsou zaznamenány na VeChainThor blockchainu. Entitami s volebním právem jsou v tomto systému uzly sítě, které disponují rozdílnou vahou hlasu podle typu uzlu. Největší možnost ovlivnit výsledek hlasování mají Authority Masternodes, které mají 40 % rozhodovacích práv. Vyšší úroveň decentralizace je zajištěna díky Economic X Nodes a Economic Nodes, které drží většinu rozhodovací síly, ale neprodukují bloky. Konkrétní rozhodovací váha jednotlivých typů uzlů je znázorněna v následující tabulce.

⁸⁹ VECHAIN FOUNDATION. VeChain Whitepaper 2.0. In: VeChain [online]. Dec 2019 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf>, s. 23.

⁹⁰ WALTERS, Steve. VeChain Review 2023: A Revolution in Supply Chain Management!. Coin Bureau [online]. March 30th, 2023 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.coinbureau.com/review/vechain-review/>

Tabulka 1: Přehled rozložení vah hlasů podle typu uzlu

Category	Node Tier	Minimum VET Holding	Votes per Node (in-category)	Voting Authority
Authority Masternodes (AM) <i>*KYC required</i>	N/A	25,000,000	1 AM vote	40%
Economic X Nodes (XN)	MX	15,600,000	26 XN votes	40%
	TX	5,600,000	10 XN votes	
	SX	1,600,000	3 XN votes	
	VX	600,000	1 XN vote	
Economic Nodes (EN)	M	15,000,000	15 EN votes	20%
	T	5,000,000	5 EN votes	
	S	1,000,000	1 EN vote	

Zdroj: (VeChain Foundation, 2019)

2.4 Proof-of-Authority

VeChain blockchain využívá jako mechanismus nalezení konsenzu tzv. Proof-of-Authority. Tento mechanismus vznikl jako energeticky méně náročná alternativa k Proof-of-Work a Proof-of-Stake. Nižší energetická náročnost je dosažena menšími nároky na výpočetní výkon. Termín Proof-of-Authority vznikl v roce 2017 a jeho autorem je Gavin Wood, spoluzakladatel blockchainu Ethereum. Proof-of-Authority se liší zejména tím, že producenti bloků získají právo na jejich vytváření tím, že absolvují určitý proces prověření. Tento proces může mít různé podoby, jelikož si ho definuje každý blockchain sám. Jakmile se uzel stane autorizovaným, připojí se k fondu ostatních autorizovaných uzlů, kdy každý z nich má stejnou šanci být zvolen k produkci nových bloků a získat tak odměnu za validování transakcí. V tomto systému nemají uzly vlastní větší množství tokenů nebo větší výpočetní výkon, než je síť vyžadováno, žádné výhody. Není tak nutné, aby mezi sebou uzly soupeřily a plýtvaly zdroji. Blockchain využívající Proof-of-Authority tedy ve výsledku ochraňuje a spravuje předem schválený soubor uzlů. Jelikož je tento mechanismus založen na malém počtu validátorů, umožňuje dosahovat blockchainu, který ho používá, ověření většího množství transakcí za sekundu a nižší latence.

Méně času je totiž zabráno synchronizací uzlů, což znamená více času pro přenos dat transakcí.⁹¹

Za hlavní nevýhody tohoto modelu je považována nižší úroveň decentralizace, jelikož validátorů je menší množství, může tedy dojít ke snazší dohodě na zavedení cenzury transakcí nebo zablokování konkrétních uživatelů v provádění transakcí. Existují však způsoby, jak může blockchain vystopovat nesprávné chování uzlu a důkaz využít pro potrestání uzlu například povinností uzlu odevzdat část zastavených tokenů jakožto formu pokuty. Tato povinnost může být vynucena pomocí chytrého kontraktu. Prokázání identity validátorů může být vnímáno jako výhoda i nevýhoda. Známost jejich identity může vyústit ve snahu o kontaktování a ovlivnění, zároveň je však v sázce jejich reputace, takže je možné tuto vlastnost vnímat jako výhodu, neboť nutí uzly chovat se čestně.⁹²

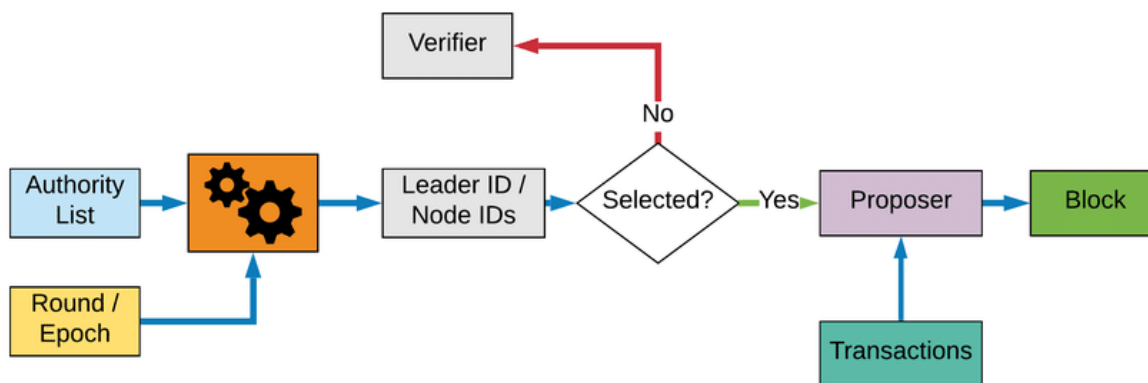
Kromě výše zmíněných nevýhod ještě Proof-of-Authority systémy poskytují pouze pravděpodobnostní finalitu transakcí. Zjednodušeně se jedná o ujištění, že transakce jsou bezpečné a důvěryhodné.⁹³ Obecně lze finalitu transakcí popsat jako jejich nezvratitelnost nebo kompletnost. To je ceněná vlastnost například i u finančních institucí, neboť čím déle trvá vypořádání transakce, tím vyšší je riziko, že se v mezičase stane neočekávaná událost, která by mohla způsobit platební neschopnost jedné ze stran. Finalita se také liší podle doby, za jakou k ní dojde. Příkladem z reálného světa může být koupě zboží debetní kartou, kdy nejprve dojde k zablokování částky na kartě kupujícího a prodávající obdrží částku od společnosti zprostředkující platbu kartou například až v řádu několika dní. Naopak při platbě v hotovosti je finalita dosažena okamžitě, neboť i nákup je vypořádán okamžitě. Konkrétně pravděpodobnostní finalita je pravděpodobnost, s jakou nelze transakci odvolat. Je navyšována s tím, čím více bloků je do řetězce přidáno. Čím hlouběji uvnitř řetězce se blok nachází, tím vyšší je pravděpodobnost, že se blok nachází v nejdelším řetězci, a to je řetězec, který budou uzly následovat.⁹⁴

⁹¹ ANTOLIN, Mike. What Is Proof-of-Authority?. *CoinDesk* [online]. Jun 2, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-proof-of-authority/>

⁹² tamtéž

⁹³ WALTERS, Steve. VeChain Review 2023: A Revolution in Supply Chain Management!. *Coin Bureau* [online]. March 30th, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.coinbureau.com/review/vechain-review/>

⁹⁴ OBA, Naomi. Finality in Blockchain: What the concept means, and how it impacts blockchain. *Medium* [online]. Mar 25, 2022 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://medium.com/minima-global/finality-in-blockchain-e5a62ca0f9f4>



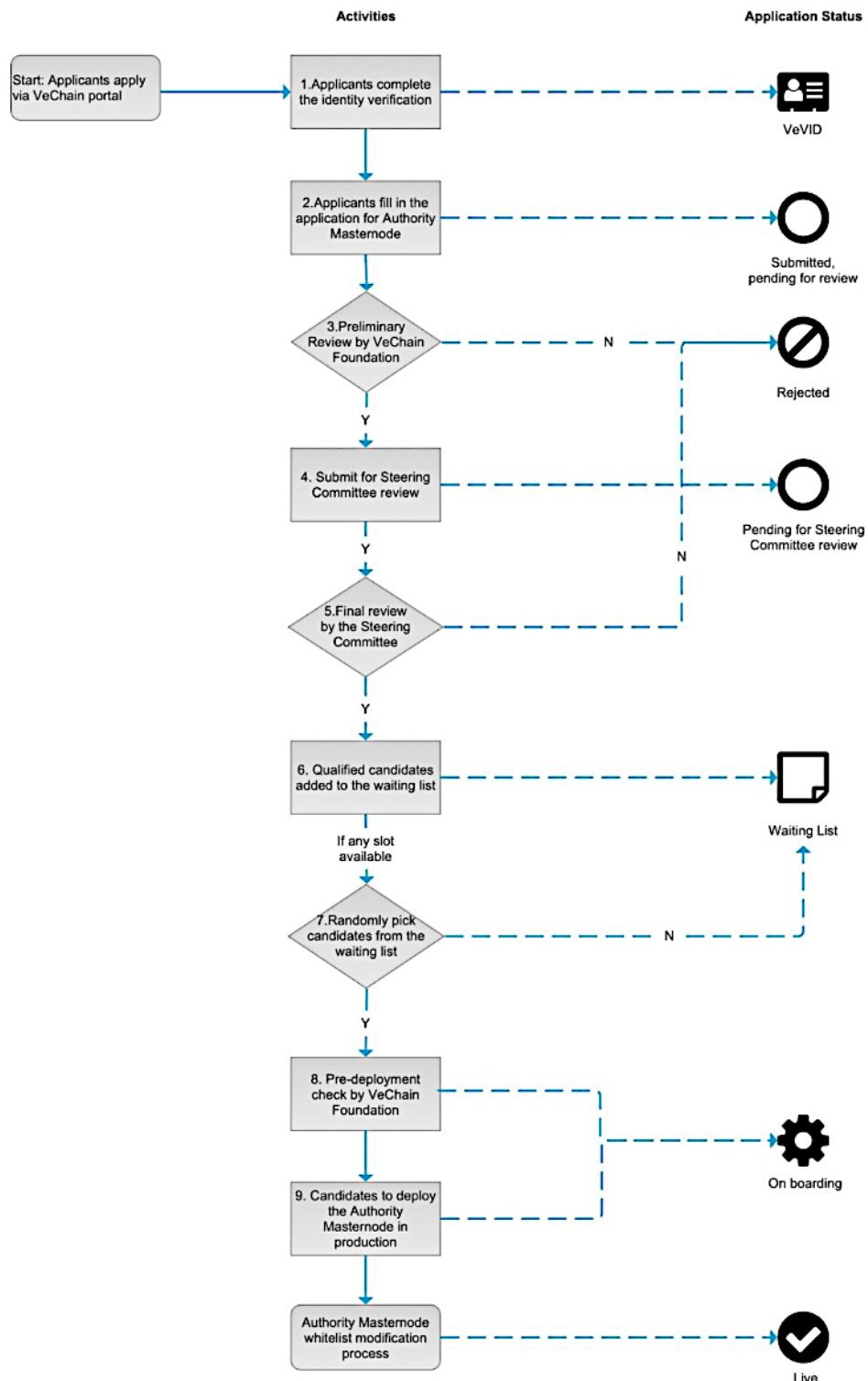
Obrázek 8: Proces vytvoření nového bloku v Proof-of-Authority systému (Gramoli, 2019)

V Proof-of-Authority systému využívaném VeChainThor platformou se vyskytují tři typy uzlů: Authority Masternodes, Economic X Nodes a Economic Nodes. Na každý typ uzlu se vztahují jiné požadavky, funkce a odměny.⁹⁵

Prvně jmenovaný typ uzlu spravuje blockchainovou síť a je jediným typem uzlu, který je oprávněn k validaci transakcí a vytvoření nového bloku. Tyto uzly mohou být provozovány jedním z pěti typů organizací nebo samostatných osob: podniky, blockchainovými vývojářskými týmy, ambasadory pro rozvoj podnikání, přispěvateli z VeChain komunity nebo akademickými partnery. Dalším z požadavků je, aby provozovatel uzlu po celou dobu vlastnil alespoň 25 milionů VET, čímž je zajištěna jeho ekonomická zainteresovanost. Tyto uzly musí také disponovat výpočetním výkonem odpovídajícím minimálním požadavkům nadace a projít identifikačním procesem po jehož dokončení získají tzv. VeVID, které představuje status ověřeného uživatele. Následně může uživatel podat žádost o to stát se Authority Masternode. Rozhodujícím orgánem je výkonný výbor VeChain nadace. Tyto uzly musí také splňovat různá kritéria z pohledu přínosu pro VeChain platformu. Jsou například zavázáni k vývoji nových aplikací odpovídajících směřování organizace nebo dodržování zákonů a regulací odpovídajícím jejich lokalitě. Technický výbor nadace kontinuálně monitoruje výkonnost AM, a pokud by došlo k nedodržení podmínek ze strany uzlu, technický výbor zahájí komunikaci s vlastníkem AM o příčinách porušení. Na základě analýzy poté vyhodnotí, zda bude AM oprávněn v pokračování činnosti nebo bude nahrazen jiným kandidátem. Celkový počet těchto uzlů je 101. Za svou činnost jsou odměňováni 30 %

⁹⁵ VECHAIN FOUNDATION. VeChain Whitepaper 2.0. In: VeChain [online]. Dec 2019 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf>, s. 18.

z celkového objemu transakčních poplatků vztahujících se k transakcím ve vytvořeném bloku a automaticky generovaným VTHO za držení VET.⁹⁶



Obrázek 9: Proces schválení nového Authority Masternode uzlu (VeChain Foundation, 2019)

⁹⁶ VECHAIN. The 101 VeChain Thudheim (Authority) Masternodes Selection Process Begins. Medium [online]. Apr 11, 2018 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/https-medium-com-vechainofficial-authority-masternodes-4c1233c6f18e>

Economic X Nodes a Economic Nodes se nepodílí na tvorbě bloků. Jejich účelem je zajišťovat stabilitu platformy dlouhodobým držením VET, podílením se na vývoji aplikací a vzděláváním veřejnosti. Byly vytvořeny VeChain nadace jako iniciativa v rané fázi platformy. VeChain nadace v roce 2017 a 2018 vyčlenila pro zájemce o tuto roli jako odměnu 20 milionů VET. Každý ze zájemců byl povinen vložit minimální množství VET a vyčkat do doby splatnosti, po jejíž uplynutí získal příslušný status a podíl z odměn. Nové Economic X Nodes už nemohou vzniknout, mohou pouze postoupit na vyšší úroveň. Celkové množství těchto uzlů tedy pouze klesá. O status Economic Node může kdykoliv požádat jakýkoliv držitel VET. Přesněji řečeno jakákoliv adresa, jejíž zůstatek přesahuje minimální výšku vkladu, může interakcí se smart kontraktem požádat o tento status nebo jeho zvýšení. K 13.4.2023 se v síti nacházelo celkem 2348 Economic X Nodes a 1649 Economic Nodes.⁹⁷

Jelikož transakce v případě VeChainThor platformy schvaluje pouze zmíněných 110 hlavních uzlů, obsahuje protokol sítě mechanismy, které napomáhají dosáhnout vyšší úrovně bezpečnosti sítě. Například k určení, kdo ze souboru Authority Nodes bude zvolen jako producent nového bloku je využíván koncept aktivních a neaktivních AM, který pomáhá určit, zda je AM vhodnou volbou k produkci bloku. Spolu s ním je využíván proces DPRP (deterministic pseudo random process).⁹⁸ Jedná se o deterministický pseudonáhodný proces, který umožňuje zajistit pořadí validátorů ve schvalování transakcí, které není deterministické, a přitom mají všichni validátoři stejnou procentuální šanci na zvolení k validaci transakcí.⁹⁹

Dalším vývojovým krokem VeChainThor platformy bylo navržení vylepšeného konsenzuálního algoritmu s názvem *PoA 2.0-SURFACE*, který byl poprvé představen v únoru 2020.¹⁰⁰ Tento upgrade sítě byl plně implementován 17. listopadu 2022 a přinesl mnoho vylepšení a nových funkcí, které snižují bariéry vstupu pro nezkušené uživatele. Jedním z vylepšení zvyšujících bezpečnost sítě je zavedení tzv. výboru pro kontrolu bloku. V každém kole konsenzu jsou náhodně vybrány uzly jako členové schvalovacího výboru, který ověřuje

⁹⁷ VeChain Node Insights. VeChain Stats [online]. [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/vechain-nodes/>

⁹⁸ GILLET, Henry. Why VeChain divorced Ethereum to become a strong, independent blockchain. Medium [online]. Sep 4, 2018 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://blog.goodaudience.com/why-vechain-divorced-ethereum-to-become-a-strong-independent-blockchain-19b530de2207>

⁹⁹ VECHAIN. Defining the VeChainThor Blockchain Consensus — Proof of Authority. Medium [online]. May 8, 2018 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/defining-the-vechainthor-blockchain-consensus-proof-of-authority-8cf3f51a5fa0>

¹⁰⁰ VECHAIN. A Revolutionary Protocol: PoA 2.0 — World's Greenest Consensus To Drive Sustainable Mass Adoption. Medium [online]. Nov 16, 2021 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/a-revolutionary-protocol-poa-2-0-worlds-greenest-consensus-to-drive-sustainable-mass-adoption-e33b1b6646b8>

správnost nově navrženého bloku. Ke zvolení členů komise se používá ověřitelná náhodná funkce, aby bylo zajištěno, že členové výboru budou vybráni skutečně náhodně ze všech uzlů. Přibyly také nové funkce týkající se transakcí:¹⁰¹

1. Delegation transakcí – tvůrci decentralizovaných aplikací na sebe mohou převzít transakční náklady uživatelů. Uživatelé tak mohou dapps využívat, aniž by museli nakládat s kryptoměny.
2. Multi-Task transakce – spojení více úkonů do jedné transakce, kdy jedna transakce může obsahovat například několik plateb nebo interakcí se smart kontraktem. Úkony obsažené v transakci je možné také řadit. Dochází tak zejména ke snížení nákladů na používání blockchainu.
3. Závislost transakcí – uživatelé mohou nastavit vzájemnou závislost transakcí tak, aby se transakce neprováděly, dokud nebudou zpracovány jiné transakce. Tím je zajištěno správné pořadí transakcí.
4. Kontrola životního cyklu transakce – uživatelé mohou nastavit, kdy nejdříve může dojít k provedení transakce a také za jak dlouho transakce vyprší, pokud se nachází na seznamu transakcí čekajících na zpracování.

2.5 Sledování aktiv na platformě VeChainThor

Hlavním produktem, který VeChainThor platforma nabízí společnostem je VeChain ToolChain, což je Blockchain-as-a-Service (BaaS) platforma, která byla uvedena v dubnu 2019. Hlavním důvodem pro její vznik byla eliminace překážek, kterým čelí malé a střední podniky v případě, že chtějí ve svém modelu podnikání začít využívat blockchain technologii. Podle VeChain nadace jsou nejčastějšími bariérami vysoké náklady, příliš vysoká komplexita a nedostatek odborných znalostí pro implementaci. Tato platforma proto obsahuje zjednodušené nástroje a předem vytvořené aplikace, které zprostředkovávají komunikaci fyzických sledovacích zařízení s blockchainem.¹⁰² I menší podniky tak mohou využívat

¹⁰¹ VECHAIN FOUNDATION. VeChain - Leading The Digital-Sustainable Revolution with PoA2.0. Cision [online]. Nov 29, 2022 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.prnewswire.com/news-releases/vechain---leading-the-digital-sustainable-revolution-with-poa2-0--301689307.html>

¹⁰² MUTUNKEI, Julius. Here's How VeChain's Toolchain in Revolutionizing the Supply Chain. Crypto News [online]. June 16, 2022 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://crypto.news/heres-how-vechains-toolchain-in-revolutionizing-the-supply-chain/>

VeChainThor blockchain pro sledování životního cyklu produktu, řízení dodavatelského řetězce, ukládání dat a ověřování procesů.¹⁰³

VeChainThor nadace vyvinula celkem tři verze VeChain Toolchain řešení. První z nich je standardní verze, která přináší standardizované aplikační moduly, nástroje a IoT zařízení. Výsledkem je snížení technických nároků na vývoj a integraci blockchain technologie do existujících systémů podniků. Druhou možností je verze pro vývojáře, která poskytuje zákazníkům s vyššími technickými dovednostmi přístup k programovacím rozhraním aplikací, softwarovým vývojovým sadám (SDK) a podrobné dokumentaci pro vývojáře. Poslední z trojice je verze pro obchodní partnery, která umožňuje autorizovaným partnerům vývoj od základu vlastních aplikací.¹⁰⁴

K integraci reálných aktiv s VeChainThor blockchainem jsou využívána IoT (Internet of Things) zařízení. Výraz IoT popisuje síť fyzických zařízení, která se k sobě mohou připojovat a vyměňovat si data. Používány jsou NFC (Near Field Communication) čipy a sledovací zařízení RFID (Radio Frequency Identification). VeChain nadace se zabývá i samotným vývojem těchto zařízení a výsledkem jejího výzkumu bylo vylepšení čipové vrstvy sledovacích zařízení přidáním jedinečného identifikátoru (VID).¹⁰⁵

¹⁰³ VECHAIN. VeChain Launches Revolutionary One-stop BaaS Platform — VeChain ToolChain, Now Anyone Around The World Can Implement Blockchain Technology. Medium [online]. Apr 25, 2019 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/vechain-launches-revolutionary-one-stop-baas-platform-vechain-toolchain-now-anyone-around-the-acf8ddc57c7b>

¹⁰⁴ tamtéž

¹⁰⁵ GILLET, Henry. Why VeChain divorced Ethereum to become a strong, independent blockchain. Medium [online]. Sep 4, 2018 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://blog.goodaudience.com/why-vechain-divorced-ethereum-to-become-a-strong-independent-blockchain-19b530de2207>



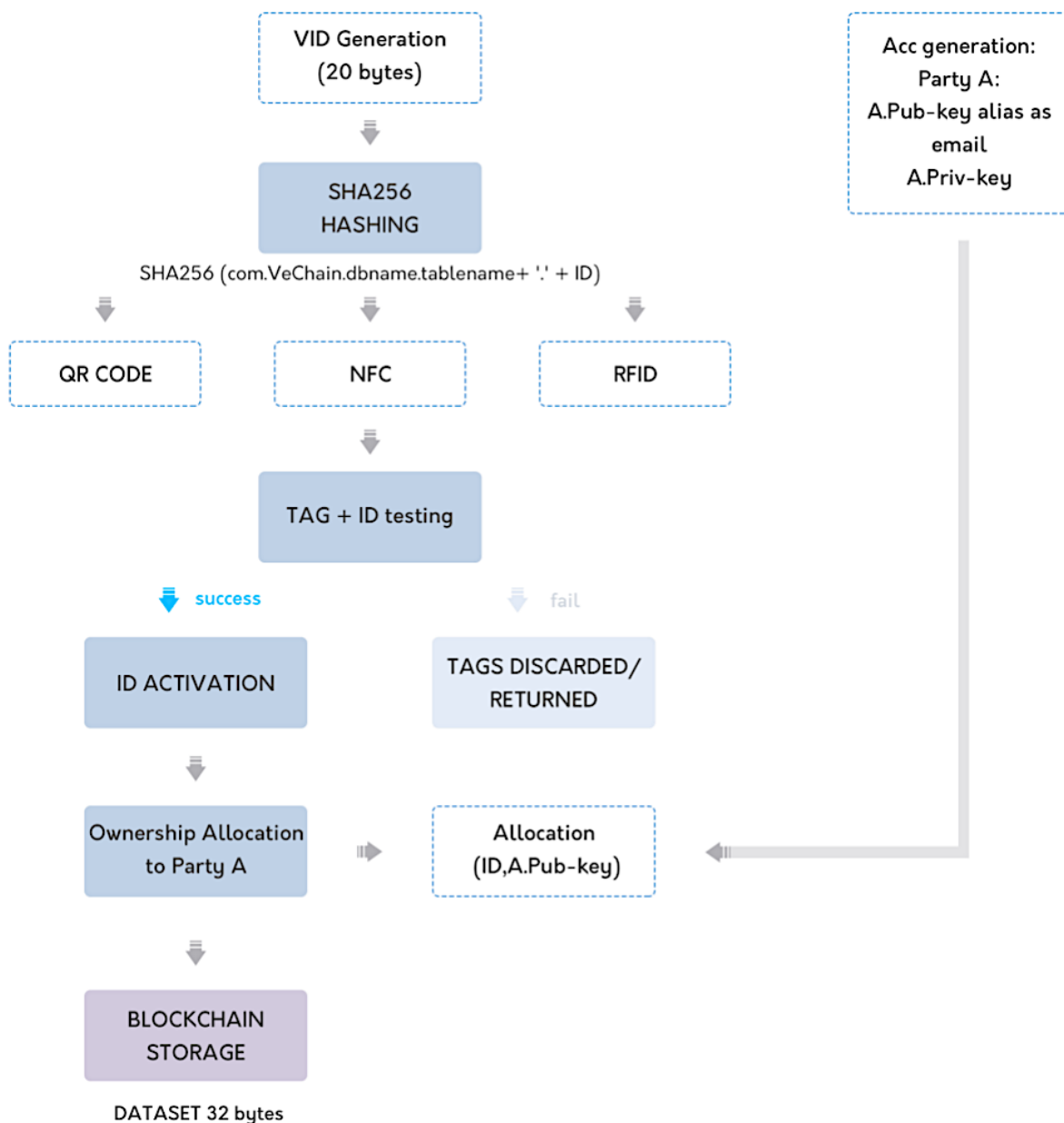
Obrázek 10: Vizualizace využití VID (VeChain Foundation, 2019)

Při sledování aktiv je pak každému jednotlivému produktu přiřazen zmíněný identifikátor VID, který je součástí IoT zařízení, případně QR kódu, a vytváří digitální identitu pro fyzické produkty.¹⁰⁶ VID je vygenerováno pomocí hashovací funkce SHA-256 aplikované na privátní klíč.¹⁰⁷ VID je tedy ve své podstatě veřejným klíčem. Následuje testování, po jehož úspěšném dokončení je VID aktivováno pomocí specializovaného softwaru dodávaného VeChain nadací. Po aktivaci je VID zapsáno do blockchainu a sdíleno mezi všemi uzly, zatímco privátní klíč je uložen pouze uvnitř čipu IoT zařízení a chráněn spolu s ostatními daty asymetrickým šifrovacím algoritmem, takže není možné je duplikovat a vytvářet tak například padělky. V případě VeChainThor platformy tedy slouží IoT zařízení i ke zvýšení důvěryhodnosti získaných dat, neboť výrazně omezují možnost lidského zásahu do sběru dat. Všechny operace spojené s daným VID jsou uložena do blockchainu a není možné s nimi manipulovat.¹⁰⁸

¹⁰⁶ PERKMANN, Maximilian. VeChain: Blockchain Supply Chain Tracking. Medium [online]. Mar 8, 2022 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://medium.datadriveninvestor.com/vechain-blockchain-supply-chain-tracking-54e71c12474f>

¹⁰⁷ ABROL, Ayushi. Decoding VeChain Thor: Evolution of VeChain. Blockchain Council [online]. February 11, 2022 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.blockchain-council.org/blockchain/vechain-thor/>

¹⁰⁸ VECHAIN. VeChain Technical AMA — Hardware Questions Part 1. Medium [online]. Feb 20, 2018 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/vechain-technical-ama-hardware-questions-part-1-ce7a5f19c3e1>



Obrázek 11: Diagram tvorby a uložení VID do blockchainu (VeChain Team, 2018)

V následujících odstavcích budou blíže popsána používaná IoT zařízení. Jako první budou popsány NFC čipy, které umožňují bezdrátový přenos dat, kdy nejprve dojde k detekování blízkého zařízení, které také disponuje NFC funkcionalitou, a následně přenosu dat mezi těmito zařízeními bez nutnosti internetového připojení. K přenosu dat jsou využívány radiové vlny. Omezením je nutnost pouze několika centimetrové vzdálenosti mezi oběma zařízeními a možnost přenosu relativně malého množství dat. V případě platformy VeChainThor obsahuje

NFC čip údaje o výrobcí, předmětu, jeho obalu, veškerá metadata jedinečná pro daný výrobek a také data ze senzorů umístěných na produktu.¹⁰⁹

VeChain nadace vyvinula několik vlastních NFC čipů, které slouží pro sledování specifických aktiv. Například pro sledování nápojů v potravinovém odvětví vytvořila dva typy NFC čipů, které se odlišují materiálem balení nápoje, na který je lze použít. První z čipů je určený pro produkty s uzávěry z hliníkové fólie jako jsou například různé druhy vín. Tento čip je navržen tak, aby zabránil vlivu kovu na anténu NFC. Základna čipu je vyrobena z křehkého papírového materiálu, který se snadno roztrhne a účinně zabraňuje opakovanému použití. Druhý typ NFC čipu je naopak určen pro produktová balení s plastovými víčky. Základna čipu je shodná s předchozí variantou, uspořádání vnitřních antén je však jiné. Dalším příkladem je NFC čip sloužící pro trasování šperků, který je navržen ve tvaru prstence, aby bylo možné ho umístit do otvorů případně mezer výrobku. Základna čipu je vyrobená ze shodného materiálu jako v předchozích případech.

Další z možností při sledování aktiv je i možnost využití specializovaného čipu, který obsahuje NFC i RFID technologii zároveň. Tuto možnost projekt navrhl pro trasování luxusního zboží. Výrobci mohou vsít čip například do vnitřních vrstev luxusních tašek. Tento čip je také vodotěsný, což rozšiřuje oblast jeho využití.¹¹⁰ RFID technologie je, stejně jako NFC čipy, založená na výměně dat pomocí radiových vln. Oproti NFC čipům je čtení informací možné provádět až na vzdálenost několika metrů. Jedno RFID zařízení tak může sloužit více čtenářům zároveň. Tato technologie je běžně používána například pro ochranu prodejců před krádežemi zboží, kdy nezaplacené položky při průchodu skrze bezpečnostní bránu spustí alarm.¹¹¹

NFC čipy umožňují ověřit cestu zboží napříč celým dodavatelským řetězcem pouhým přiblížením chytrého telefonu. Důležité údaje mohou prohlížet všichni uživatelé včetně samotných zákazníků a ověřovat tak informace, jako jsou čísla šarží, data výroby a data spotřeby. Umožňují také zlepšit řízení zásob v obchodech, neboť díky nim mohou mít provozovatelé neustále přehled o tom, kolik zboží je v regálech a rychleji tak reagovat na nedostatek nebo nadbytek výrobků. V blockchainové budoucnosti tak bude například možné,

¹⁰⁹ BENNETT, Brennan. Using NFC and Blockchain technology to secure the supply chain. Medium [online]. Jul 25, 2017 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://medium.com/blockchain-healthcare-review/using-nfc-and-blockchain-technology-to-secure-the-supply-chain-ca5d37a77e19>

¹¹⁰ VECHAIN. VECHAIN INSIGHTS (Vol.7). Medium [online]. Oct 23, 2017 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/vechain-insights-vol-7-35d2d0547286>

¹¹¹ AMSTER, Robert. 7 reasons for RFID in luxury retailing. Retail Dive [online]. May 31, 2016 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.retaildive.com/ex/mobilecommercedaily/7-reasons-for-rfid-in-luxury-retailing>

aby chytrá lednička aktivovala smart kontrakt tím, že bude detekována nízká úroveň některých surovin. Ten následně automaticky objedná suroviny od vybraného prodejce. Jakmile suroviny dorazí, bude možné naskenovat chytrým telefonem QR kód na balení a zobrazí se podrobná historie cesty surovin z místa jejich produkce až ke konečnému zákazníkovi. Bude například zobrazeno, kde byly suroviny vyrobeny, zda jsou z ekologické produkce nebo teplota, při které byly skladovány, aby zákazník věděl, že jsou bezpečné ke konzumaci.¹¹²

VeChain nadace také poskytuje svým zákazníkům širokou škálu senzorů, které umožňují sledování teploty, vlhkosti, barometrického tlaku, akcelerace nebo polohy na základě satelitních systémů GPS, Glonass a Beidou. K dispozici jsou také gyroskopy, kompas a například také senzory plynu. Některé z čidel jsou dostupné i v online verzi, díky čemuž jsou schopná odesílat údaje v reálném čase. Zmiňovány jsou konkrétně teplotní čidla. Výrobci těchto zařízení jsou známé společnosti jako Bosch, Qualcomm nebo MediaTek.¹¹³

Podniky, které chtějí začít využívat platformu pro optimalizaci logistického řetězce, musí vlastnit minimálně NFC čipy, které projekt dodává, a chytrý telefon s NFC funkcionalitou. Dalšími možnými zařízeními jsou:¹¹⁴

- tiskárna QR kódů a software pro snadný a okamžitý tisk QR kódů v místě zákazníka;
- ruční terminály umožňující aktivovat VID produktu a tím jej spojit s blockchainem;
- RFID čipy a různé typy senzorů;
- přenosná zavazadla pro jednoduchou přepravu výše zmíněného hardwaru.

Společnosti mohou svá aktiva také tokenizovat pomocí NFT (non-fungible tokens) technologie.¹¹⁵ NFT jsou digitální tokeny uložené na blockchainu, které reprezentují unikátní odlišitelná aktiva a vlastnická práva k nim. Tyto tokeny nejsou navzájem zaměnitelné. Mohou reprezentovat jak digitální, tak fyzická aktiva. NFT tokeny mají přiřazeny unikátní identifikační

¹¹² GILLET, Henry. Why VeChain divorced Ethereum to become a strong, independent blockchain. Medium [online]. Sep 4, 2018 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://blog.goodaudience.com/why-vechain-divorced-ethereum-to-become-a-strong-independent-blockchain-19b530de2207>

¹¹³ VECHAIN. VeChain Technical AMA — Hardware Questions Part 1. Medium [online]. Feb 20, 2018 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/vechain-technical-ama-hardware-questions-part-1-ce7a5f19c3e1>

¹¹⁴ VECHAIN. VeChain Launches Revolutionary One-stop BaaS Platform — VeChain ToolChain, Now Anyone Around The World Can Implement Blockchain Technology. Medium [online]. Apr 25, 2019 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/vechain-launches-revolutionary-one-stop-baas-platform-vechain-toolchain-now-anyone-around-the-acf8dde57c7b>

¹¹⁵ VECHAIN FOUNDATION. VeChain Whitepaper 2.0. In: VeChain [online]. Dec 2019 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf>, s. 30.

kódy a metadata, kterými se navzájem odlišují. Dvě NFT stejného druhu produktu tak mohou vypadat stejně, zaměnitelné ale nejsou. Tím se odlišují od kryptoměn, které jsou zaměnitelné.¹¹⁶ Platforma VeChainThor nabízí tzv. Enterprise NFT (eNFT), které jsou využívány například jako digitální reprezentace produktových autentifikačních pasů.¹¹⁷ Jejich využití bude blíže popsáno v kapitole zabývající se sledováním životního cyklu baterií do elektromobilů.

¹¹⁶ SHARMA, Rakesh. Non-Fungible Token (NFT): What It Means and How It Works: Understand how and why NFTs are being used today. Investopedia [online]. April 06, 2023 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/non-fungible-tokens-nft-5115211>

¹¹⁷ VECHAIN a BCG. Web3 for Better Whitepaper 3.0. VeChain [online]. MARCH 2023 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-3-0.pdf>, s. 21.

3 ROZBOR PRAKTICKÉHO VYUŽITÍ PLATFORMY VECHAINTHOR

VeChain nadace byla schopná za dobu svého působení uzavřít spolupráce s mnoha významnými světovými společnostmi a přinést rozličné způsoby využití platformy při sledování aktiv. Následující kapitola bude věnována bližšímu rozboru několika z nich.

3.1 Potravinový

Bezpečnost potravin je jedním z nejdůležitějších aspektů každodenního života všech obyvatel. Report vytvořený společností Cointelegraph Consulting uvádí, že potravinářský řetězec představuje odvětví o hodnotě 8,1 bilionu dolarů. Jedná se o komplexní systém, který zahrnuje producenty, zpracovatele, distributory, spotřebitele i regulační orgány. Ve většině případů se tak cesta potravin dodavatelským řetězcem výrazně liší od zjednodušené koncepce „z farmy na vidličku“ a vzniká prostor pro špatné nakládání s potravinami, což může mít až fatální následky. Dle vyjádření Světové zdravotnické organizace, na které se report odkazuje, způsobují nebezpečné potraviny obsahující škodlivé bakterie, viry, parazity nebo chemické látky více než 200 nemocí. 600 milionů lidí ročně onemocní po konzumaci kontaminovaných potravin a 420 tisíc osob ročně zemře. Zasaženy jsou ve výrazné míře děti do 5 let, kterých každý rok zemře 125 tisíc.¹¹⁸ Report se ve své další části snaží o vyjádření celkové ztráty, která je způsobena podvody a falšování potravin. Konstatuje, že určení přesné výše škod je nemožné, nabízí tak alespoň několik konkrétních případů. 20–70 % divokých ryb je nahrazováno levnějšími nebo snadněji dostupnými druhy bez vědomí spotřebitele. 50–60 % ze 110 druhů komerčně dostupného medu na americkém trhu může být doplňováno cukrem z řepy, kukuřice nebo rýže. 20 % z 30miliardového globální odvětví prodeje vín je podezřelých z padělání.¹¹⁹ Implementace blockchain technologie ve spojení s IoT zařízeními by dle zprávy mohla přinést roční úspory nákladů ve výši 155 miliard dolarů v důsledku zvýšení důvěry spotřebitelů a lepší koordinace obchodních partnerů.¹²⁰

S návrhem využít blockchain technologii pro sledování potravin přišel i americký Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) spadající pod Ministerstvo zdravotnictví a sociálních věcí (HHS), který představil v roce 2020 dokument s názvem New Era of Smarter Food Safety Blueprint. Tento dokument obsahuje velice podobný koncept, který také využívá IoT zařízení

¹¹⁸ COINTELEGRAPH CONSULTING. Ensuring Food Safety in the 2020s. Cointelegraph [online]. July 03, 2020 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z:

<https://s3.cointelegraph.com/storage/uploads/view/4612f245e3cf8bc227084dff049f4016.pdf>, s. 5.

¹¹⁹ tamtéž, s. 9.

¹²⁰ tamtéž, s. 4.

ve spojení s blockchain technologií s cílem zlepšit sledovatelnost a zvýšit transparentnost a bezpečnost. FDA se zaměřuje na dosažení tzv. úplné sledovatelnosti u potravin, které jsou rizikové z pohledu šíření chorob zvířat. Vylepšené sledování má pomoci přesně určit konkrétní zdroje nebezpečí a odstranit problematické potraviny z trhu rychleji, než bylo dosud možné. Přínos blockchain technologie je vnímán ve schopnosti vytvářet smart kontrakty mezi obchodními partnery, lepším zabezpečení údajů o produktech a zvýšené transparentnosti.¹²¹

VeChainThor platforma začala pracovat na svém řešení už dříve a v červnu 2019 představila ve spolupráci se společností Walmart platformu pro sledování potravin, která pomáhá zvyšovat efektivitu dodavatelského řetězce, zvyšovat transparentnost a snižovat riziko podvodu.¹²² Zákazníci mohou u vybraných potravin naskenovat QR kód a získat informace o jejich původu, logistickém procesu, provedených kontrolách nebo podmínkách, v jakých byly potraviny skladovány. Platforma pomáhá například snížit riziko, že zákazníci zcela opustí jednu skupinu výrobků při možnosti, že by mohla být nakažena. Zároveň umožňuje dodavatelům snadněji zjistit, kde vypukla nákaza, rychleji tedy mohou zakročit a obnovit běžný provoz. Dalším přínosem je zamezení plýtvání potravinami, neboť poskytuje zúčastněným stranám potřebné informace jako je datum výroby, doba, než se výrobek dostal na pulty, zda byl prodán a případně kdy nebo jak byl skladován.¹²³

¹²¹ HASKELL, Scott. <https://www.canr.msu.edu/news/blockchain-technology-in-the-food-industry>. Michigan State University [online]. April 21, 2022 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.canr.msu.edu/news/blockchain-technology-in-the-food-industry>

¹²² VECHAIN. Walmart China Takes on Food Safety with VeChainThor Blockchain Technology. Medium [online]. Jun 25, 2019 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/walmart-china-takes-on-food-safety-with-vechainthor-blockchain-technology-b1443e0e079c>

¹²³ MAE, Zifa. Walmart & Blockchain: New Era of Supply Chain Management. Changelly [online]. April 7, 2023 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://changelly.com/blog/walmart-blockchain/>



Obrázek 12: Vizualizace účastníků a funkcí platformy pro sledovatelnost potravin (VeChain Foundation, 2019)

Pilotní projekt obsahoval 23 produktových řad. Cílem bylo rozšířit do konce roku 2019 sledované portfolio o 100 produktových řad, které by pokrývaly rozličné kategorie výrobků včetně čerstvých masných výrobků, rýže nebo hub. Do konce roku 2020 měla být platforma využívána pro trasování 50 % z celkových prodejů baleného čerstvého masa, 40 % z celkových prodejů balené zeleniny a 12,5 % z celkových prodejů mořských plodů.¹²⁴ Integrace této platformy umožnila společnosti Walmart snížit dobu potřebnou pro získání aktuálních informací o aktuálním stavu a lokaci potravin ze 7 dnů na několik vteřin.¹²⁵

¹²⁴ DUCKETT, Chris. Walmart China turns to blockchain for food safety. ZDNET [online]. June 25, 2019 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.zdnet.com/article/walmart-china-turns-to-blockchain-for-food-safety/>

¹²⁵ MAE, Zifa. Walmart & Blockchain: New Era of Supply Chain Management. Changelly [online]. April 7, 2023 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://changelly.com/blog/walmart-blockchain/>

3.2 Zdravotnictví

VeChain Thor platforma nachází uplatnění i ve zdravotnictví, kde může být využita ke všemu, od zabezpečení dat pacientů až po řízení dodavatelského řetězce léčiv. Podle reportu společnosti BIS Research, na který se odkazuje VeChain nadace, by mohla adopce blockchain technologie ve zdravotnictví přinést do roku 2025 úspory ve výši 100-150 miliard dolarů ročně, mimo jiné díky omezení podvodů se záznamy a snížení objemu padělaných léčiv a produktů.¹²⁶ V následujících odstavcích budou popsány spolupráce se státem San Marino a soukromými nemocnicemi na Kypru.

3.2.1 Digitální certifikáty

Výsledkem spolupráce se státem San Marino je digitální covid certifikát, které obsahuje informace občana o očkování proti Sars-Cov2, prodělané infekce a výsledky testů na toto infekční onemocnění. Jeho využívání bylo schváleno parlamentem San Marina 16. června 2021 a je dostupný všem občanům, rezidentům i ostatním očkovaným na území republiky. Certifikát splňuje všechny standardy Evropské unie a je tedy použitelný kdekoliv na jejím území. Řešení a technologie, které za ním stojí, byly představeny Světové zdravotnické organizaci zasedání Evropského výboru v červnu téhož roku. Republika San Marino zřídila pro vydávání a ověřování certifikátů nový informační systém, který umožňuje občanům stáhnout si tento certifikát z jejich vlastní elektronické zdravotní dokumentace. Zpracování osobních údajů se řídí předpisy GDPR.¹²⁷

Certifikát se skládá ze dvou QR kódů. První z nich splňuje veškeré požadavky Evropské unie a může být tedy ověřen všemi schválenými subjekty členských států. Druhý z QR kódu může být ověřen kýmkoliv. Po naskenování tohoto QR kódu je uživateli poskytnut přístup do webové aplikace operující na VeChainThor blockchainu, kde je možné informace zkontrolovat pomocí veřejného klíče. Certifikát je v aplikaci reprezentován jako NFT, slouží tak jako jedinečný a neopakovatelný certifikát digitální pravosti a zaručuje neměnnost a dostupnost tím,

¹²⁶ VECHAIN. VeChain and I-Dante Partnered to Create Blockchain Enabled Medical Data Management Platform for Healthcare Provider in Cyprus. Medium [online]. May 16, 2020 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/vechain-and-i-dante-partnered-to-create-blockchain-enabled-medical-data-management-platform-for-17465639e8c7>

¹²⁷ LØNE, Cecilie. San Marino approves national green pass, allowing citizens and residents to move freely. DNV [online]. 01 July 2021 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.dnv.com/news/san-marino-approves-national-green-pass-allowing-citizens-and-residents-to-move-freely-203736>

že je registrován na blockchainu VeChainThor.¹²⁸ Skutečnost, že se jedná o webovou aplikaci znamená, že ke kontrole není nutné mít nainstalovanou žádnou konkrétní aplikaci, stačí pouze internetový prohlížeč. Bezpečnost systému zvyšuje fakt, že soubor údajů, které jsou potřeba k ověření pravosti certifikátu, neobsahuje osobní údaje. Není tak nutné je zadávat, byť v zašifrované podobě, do veřejného registru. Tento QR kód může být použit globálně.¹²⁹

Certifikát je součástí národní infrastruktury ve společnosti San Marino Innovation S.p.A., jejímž jediným akcionářem je Nejvyšší komora republiky San Marino. Tato společnost zajišťuje pravost a kontrolu údajů, vykonává funkci národní certifikační agentury (CSCA) a je pověřena vydáváním kořenového certifikátu pro generování veřejných a soukromých klíčů. Na projektu se podílel také Institut sociálního zabezpečení, společnost DNV zaměřená na bezpečnost informací a Ministerstvo zdravotnictví a sociálního zabezpečení.¹³⁰

3.2.2 Zdravotní záznamy

Druhým z příkladů využití VeChainThor platformy ve zdravotnictví je spolupráce VeChain nadace, společnosti I-Dante a dvou největších soukromých nemocnic na Kypru při tvorbě a reálném využívání decentralizované platformy E-NewHealthLife, která slouží k uchovávání a managementu zdravotních záznamů. Platforma slouží jak nemocnicím, kterým umožňuje shromažďovat informace o pacientech, tak pacientům, kterým dovoluje mít přehled nad svým profilem a zdravotními záznamy. Údaje mohou být poskytnuty třetím stranám pouze se souhlasem pacienta a dle vyjádření VeChain nadace je aplikace plně v souladu s pravidly o ochraně osobních údajů GDPR. Platforma byla spuštěna v květnu 2020 a jako první byla využita pohotovostí nemocnice Mediterranean, která má 300 zaměstnanců a v roce 2019 ji navštívilo 38 tisíc pacientů. Platforma byla vyvinuta za pomoci VeChain ToolChain nástrojů a jejím základem je digitální zdravotnický pas, který je zašifrován a uložen na NFC kartě, kterou obdrží pacient. Tato karta umožňuje pacientovi se automaticky identifikovat u registračního pultu na pohotovosti, zkontrolovat své místo v pořadí pacientů, spravovat své zdravotní záznamy a sdílet nové informace s nemocnicí.¹³¹

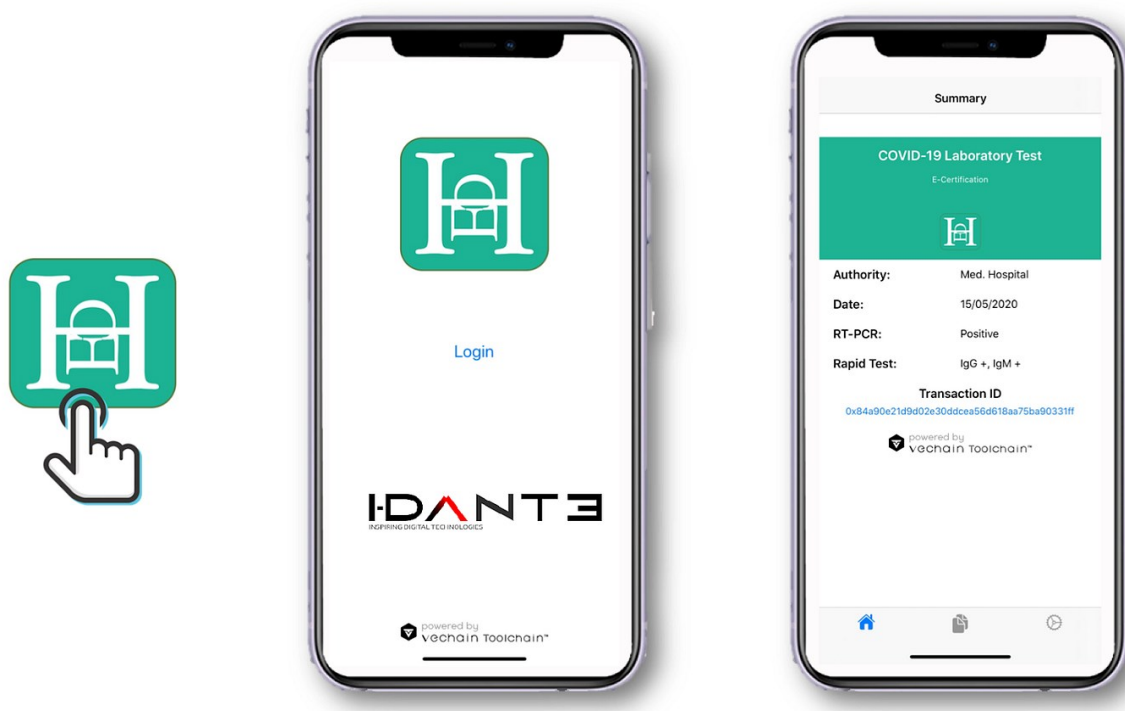
¹²⁸ MARQUEZ, Reynaldo. VeChain Announces The World's First National eNFT Adoption, Why It Could Be Huge for VET. NewsBTC [online]. 2021 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.newsbtc.com/news/vechain-national-enft-adoption-huge-for-vet/>

¹²⁹ LØNE, Cecilie. San Marino approves national green pass, allowing citizens and residents to move freely. DNV [online]. 01 July 2021 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.dnv.com/news/san-marino-approves-national-green-pass-allowing-citizens-and-residents-to-move-freely-203736>

¹³⁰ tamtéž

¹³¹ AKHTAR, Tanzeel. Coronavirus Vaccinations Certified With VeChain's Blockchain Tech in Cyprus. CoinDesk [online]. Jan 7, 2021 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z:

Dalším z výsledků spolupráce VeChain nadace se společností I-Dante je aplikace E-HCert, která slouží k uchovávání výsledků PCR testů a antigenních testů na onemocnění COVID-19. Aplikace je oficiálním nástrojem nemocnice Mediterranean k ukládání výsledků. Výsledek testu je zašifrován a uložen na VeChainThor blockchain. Aplikace opět splňuje pravidla o ochraně osobních údajů GDPR a dává pacientovi možnost sdílet informace s třetími stranami jako jsou například státní orgány nebo zaměstnavatel.¹³² Během tří měsíců od června 2020 do srpna 2020 tuto aplikaci využilo více než osm tisíc osob, které ji využily při příletu na kyperské mezinárodní letiště v Larnace. Výsledky byly považovány za úspěch a byly jedním z důvodů, proč se k nemocnici Mediterranean připojila v prosinci 2020 i nemocnice Aretaio.¹³³



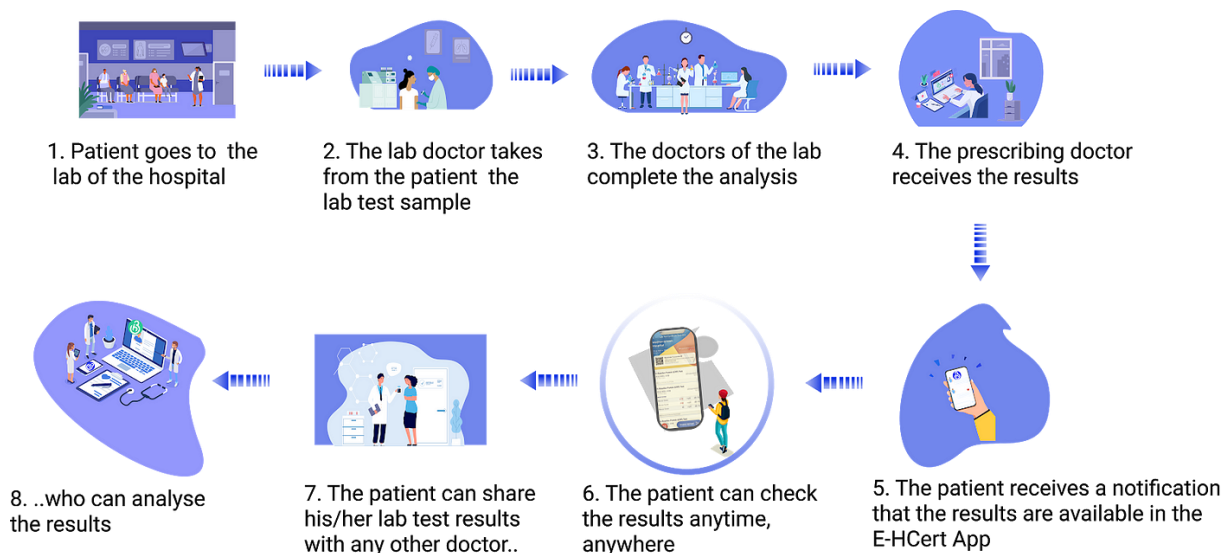
Obrázek 13: Výsledek laboratorního testu z nemocnice Mediterranean v aplikaci E-HCert (VeChain, 2020)

<https://www.coindesk.com/tech/2021/01/07/coronavirus-vaccinations-certified-with-vechains-blockchain-tech-in-cyprus/>

¹³² SRIVASTAVA, Nitish. Mediterranean Hospital of Cyprus is Utilizing VeChain Blockchain to Store Vaccination Records. Blockchain Council [online]. January 8, 2021 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.blockchain-council.org/blockchain/mediterranean-hospital-of-cyprus-is-utilizing-vechain-blockchain-to-store-vaccination-records/>

¹³³ VECHAIN. VeChain Enables the E-HCert App to Go Beyond COVID-19 Records and Onboards Another Hospital in Cyprus. Medium [online]. Dec 3, 2020 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/vechain-enables-the-e-hcert-app-to-go-beyond-covid-19-records-and-onboards-another-hospital-in-318fcb47bc15>

Aplikace E-HCert byla v prosinci 2020 rozšířena o funkcionalitu digitální peněženky pro laboratorní testy. Umožňuje uchovávat výsledky testů rozličných vyšetření a má sloužit pacientovi jako přístupová aplikace ke všem jeho zdravotním záznamům. V případě nemocnice Aretaeio se výsledky vyšetření automaticky nahrají do aplikace E-HCert a blockchainu VeChainThor. Přístup do peněženky E-HCert je pacientovi umožněn skrze soukromé přihlašovací údaje, které obdrží po dokončení procesu registrace v nemocnici. Před integrací této aplikace do systémů nemocnic musela nemocniční laboratoř doručit pacientům výsledky testů v papírové podobě, což představovalo nevýhodu i pro pacienta, který musel tištěnou kopii uchovávat v dobrém stavu pro případ budoucí potřeby. Součástí aplikace je i webový portál, který je také postaven na blockchain technologii a umožňuje lékařům komunikovat s pacienty. Lékaři si skrze tento portál mohou vyžádat lékařské záznamy pacientů transparentní cestou. Všechny data a informace zůstávají pod plnou kontrolou pacienta. Ten může v případě potřeby poskytnout přístup státním orgánům nebo jiným stranám podle vlastního uvážení. Od ledna 2021 začala být aplikace využívána pro záznam výsledků všech laboratorních testů ve zmiňovaných nemocnicích. Využít by ji mělo více než sto tisíc pacientů ročně, konkrétní čísla však zveřejněna nebyla.¹³⁴



Obrázek 14: Průběh sdílení výsledků laboratorních testů v aplikaci E-HCert (VeChain, 2020)

¹³⁴ VECHAIN. VeChain Enables the E-HCert App to Go Beyond COVID-19 Records and Onboards Another Hospital in Cyprus. Medium [online]. Dec 3, 2020 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/vechain-enables-the-e-hcert-app-to-go-beyond-covid-19-records-and-onboards-another-hospital-in-318fcb47bc15>

3.3 Ojeté automobily

Jedním z největších a nejznámějších partnerů VeChain nadace se stala v roce 2018 společnost BMW Group (dále jen BMW). Spolupráce byla oficiálně potvrzena v březnu 2018, kdy společnost BMW potvrdila účast projektu v programu BMW Startup Garage. Jedná se o partnerský program, v jehož rámci BMW spolupracuje s účastníky na vývoji nových technologií, které může pro své potřeby případně odkoupit. V dubnu 2019 bylo během VeChain Summitu v San Franciscu potvrzeno, že VeChain a BMW budou společně vyvíjet decentralizovanou mobilní aplikaci s názvem VerifyCar, která bude sloužit ke konsolidaci informací o vozidle v důvěryhodné podobě díky využití VeChainThor blockchainu. Zaznamenávají budou například informace o počtu najetých kilometrů, pojištění nebo servisní historii vozu. Projekt se nachází v pilotní fázi a testování probíhá v Singapuru.¹³⁵ Jedním z hlavních důvodů spolupráce je boj proti stáčení tachometrů u ojetých automobilů, které představuje vážnou hrozbu pro bezpečnost silničního provozu a nespravedlivě zvyšuje náklady spotřebitelů, pojišťoven a také výrobců.¹³⁶

Hlavními důvody, proč se BMW Group rozhodla začít prozkoumávat blockchain technologii, jsou její potencionální využití v oblasti mobility, dodavatelského řetězce a přínos pro zákazníka. V oblasti mobility vnímá společnost jako největší příležitost vytvoření nových služeb jako *Peer-to-X* sdílení, které by mohlo zákazníkům umožnit půjčovat svůj vůz v době jeho nevyužití ostatním za využití smart kontraktů. Ve vzdálenější budoucnosti, kdy BMW Group očekává vysoký podíl autonomních vozidel, budou IoT technologie ideální například pro komunikaci vozidla s inteligentní nabíjecí stanicí. Cílem je, aby spolu vozidlo a nabíjecí stanice mohli sami komunikovat, bez nutnosti vlastníka, ovšem s nastavenými pravidly a limity. To umožní IoT zařízení ve spolupráci se smart kontakty. Pokud jde o oblast dodavatelského řetězce, Cihan Albay zmínil využití technologie pro trasování výrobních dílů nebo správu dokumentace.¹³⁷ Hlavním přínosem pro zákazníka je možnost sledování detailních informací o vozidlech BMW, které bude rozebráno v následujících odstavcích.

¹³⁵ GU, Michael. What is VeChain? Blockchain for Enterprise in 2023. Boxmining [online]. February 15, 2023 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://boxmining.com/vechain/?amp=1>

¹³⁶ HOOGENDOORN, Robert. BMW uses VeChain to combat mileage fraud. Medium [online]. Apr 24, 2019 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://nederob.medium.com/bmw-uses-vechain-to-combat-mileage-fraud-cc2251311f32>

¹³⁷ VECHAIN. VeChain Summit 2019. In: YouTube [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=Xd2Hhnh4atQ&t=6224s&ab_channel=Vechain

3.3.1 Trh s ojetými automobily

Celkový objem prodeje ojetých automobilů v Evropě dosáhl 429 miliard eur v roce 2021. Z celkových 32 milionů prodaných ojetin tvořil 44 % prodej mezi spotřebiteli (C2C). Zbýlých 56 % tvořily prodeje zprostředkované profesionálními prodejci. Složené roční tempo růstu (CAGR) trhu dosáhlo 7 % mezi lety 2015 až 2021. Průměrná prodejní cena ojetého automobilu byla 13 400 eur. Analytická společnost Bain očekává návrat k 5% růstu trhu v roce 2025.¹³⁸

Podle dat, která zveřejnil Evropský parlament v roce 2018, je na vnitrostátních trzích s ojetými automobily postiženo stočením kilometrů 5 až 12 % vozidel. V případě přeshraničního prodeje se jedná o 30 až 50 % vozidel. Ekonomické škody pro EU jsou odhadovány na 5,6 až 9,6 miliardy eur ročně. Po stočení kilometrů dochází k umělému zvýšení hodnoty vozidla v průměru o 2 až 5,6 tisíc eur. Důvěra v trh s ojetými automobily je nejnižší ze všech trhů se zbožím v Evropské unii. Evropský parlament ve zprávě sám uvádí využití blockchain technologie jako jedno z možných řešení. Uvádí, že bych mohl sloužit jako úložiště dat o nájzdu automobilů a vyzývá k vývoji ochranných opatření proti neoprávněné manipulaci s počítačy ujeté vzdálenosti, včetně šifrování dat.¹³⁹

Podle údajů zveřejněných BMW Group v roce 2019 je u třetiny ojetých aut prodaných v Německu manipulováno s tachometrem. Společnost odhaduje průměrnou způsobenou škodu pro kupujícího na 3 tisíce eur. Výsledkem je škoda 6 miliard eur za rok. I pro oficiální zastoupení výrobce je těžké identifikovat všechny případy podvodného snížení nájzdu.¹⁴⁰

3.3.2 Nástroje VeChainThor platformy pro evidenci ojetých automobilů

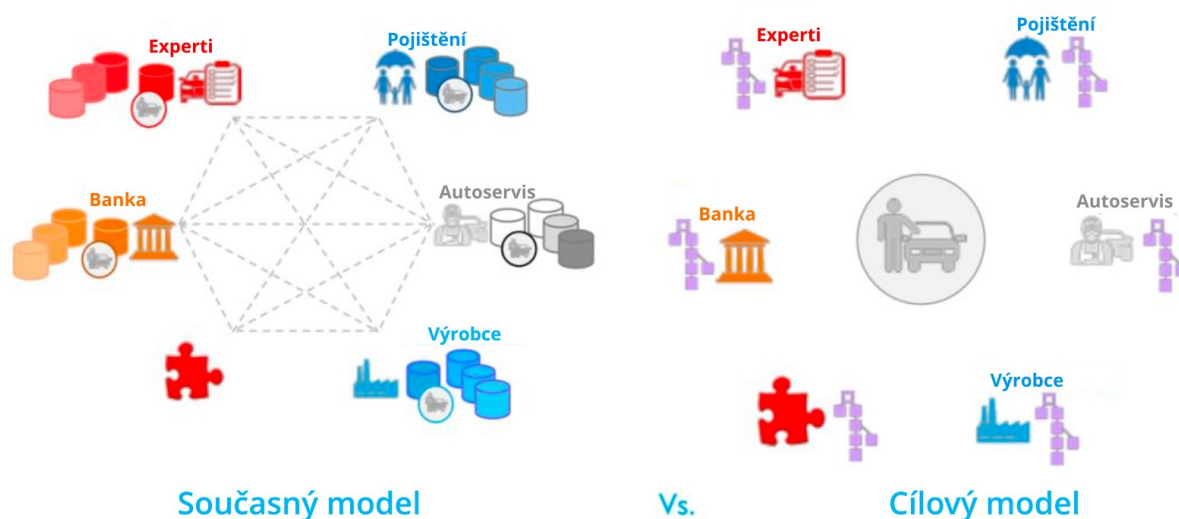
Řešením, které VeChainThor platforma spolu s BMW nabízí, je digitální pas pro vozidla, který obsahuje všechny informace o vozidle sesbírané za celou dobu jeho provozu. Cílem obou společností je změnit současný model, ve kterém má každá zúčastněná strana svůj vlastní systém. Pokud dojde například k nehodě, je pojišťovací společnost občas jediná, kdo se o tom dozví. BMW by chtělo zajistit rovnost v přístupu k těmto informacím z důvodu zajištění

¹³⁸ BARANOWSKI, Roch, Eric ZAYER, Klaus STRICKER a Ingo STEIN. The Outlook for the European Used Car Market. Bain & Company [online]. February 17, 2023 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.bain.com/insights/the-outlook-for-the-european-used-car-market-brief/>

¹³⁹ COMMITTEE ON TRANSPORT AND TOURISM. REPORT with recommendations to the Commission on odometer manipulation in motor vehicles: revision of the EU legal framework [online]. 2.5.2018 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0155_EN.html#_part3_def2

¹⁴⁰ NGO, Diana. BMW Presents Blockchain-Based Odometer Fraud Prevention App VerifyCar Developed With VeChain. Coin Journal [online]. 23 September 2020 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://coinjournal.net/news/bmw-presents-blockchain-based-odometer-fraud-prevention-app-verifycar-developed-with-vechain/>

odpovídající opravy poškozených vozidel a jejich bezpečného provozu. V budoucnosti by měl mezi výrobcí automobilů, pojišťovnami, technickými experty a samotnými vlastníky vozidel existovat pouze jeden sdílený systém s autorizovaným přístupem.¹⁴¹

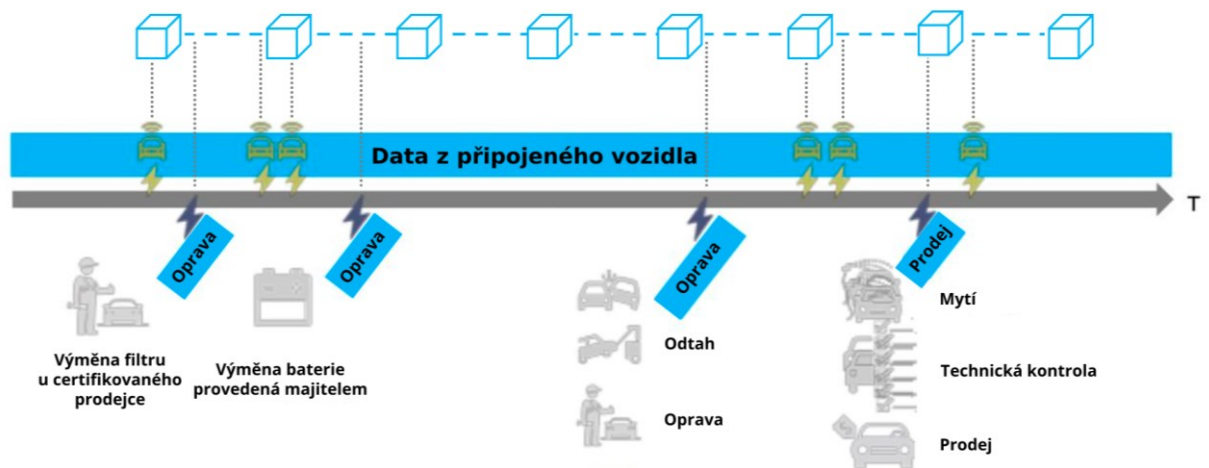


Obrázek 15: Porovnání současného a cílového modelu evidence automobilů (VeChain Foundation, 2019)

Pro každé vozidlo je pak vytvořen zmíněný digitální pas a přiděleno unikátní VID. Data mohou pocházet ze samotné řídicí jednotky vozidla, palubního počítače nebo mohou být zadána autorizovanými stranami. Vozidla jsou vybavena SIM kartou a samo vozidlo tak pravidelně odesílá zaznamenaná data. VID může být přiděleno i jednotlivým výrobním dílům. Pokud tak dojde k nehodě a je nutné některé vyměnit, je možné připojit nové díly ke stávajícímu digitálnímu pasu.¹⁴²

¹⁴¹ VECHAIN FOUNDATION. VeChain Whitepaper 2.0. In: VeChain [online]. Dec 2019 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf>, s. 40.-41.

¹⁴² VECHAIN. VeChain Summit 2019. In: YouTube [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=Xd2Hh4atQ&t=6224s&ab_channel=Vechain



Obrázek 16: Vizualizace ukládaných informací k evidenci automobilů (VeChain Foundation, 2019)

Podle vyjádření společnosti nebude ve skutečnosti docházet k ukládání konkrétních údajů o vozech na VeChainThor blockchain. Všechny údaje zůstanou uloženy ve vozidle. BMW se na ně bude pouze odkazovat pomocí kryptografického „otisku“. Nastavením v aplikaci VerifyCar se uživatel rozhodne, s kým chce které údaje sdílet. Příjemci mohou údaje porovnat s kryptografickým otiskem a pokud se data a reference v blockchainu shodují, příjemce ví, že data jsou autentická. Aplikace tuto kontrolu provádí automaticky a zobrazí výsledek uživateli.¹⁴³

Možnost manipulovat s vykazovaným nájezdem vozidla je eliminována zaznamenáváním ujetých kilometrů v reálném čase pomocí hardwaru poskytnutého společností BMW. Data jsou ukládána ve vozidle a na VeChainThor blockchain jsou uložena jako zašifrovaný referenční klíč bez obsahu dat. Pokud by chtěl majitel vozu manipulovat s lokálně uloženými údaji o ujetých kilometrech, bylo by to zbytečné, protože by již neodpovídaly referenci v blockchainu a podvod by byl odhalen.¹⁴⁴

¹⁴³ JEIVERS, Jeim. BMW bastelt an fälschungssicherem Fahrzeugpass. Fuchs Briefe [online]. 14.07.2020 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.fuchsbriefe.de/betrieb/innovationen/bmw-bastelt-an-faelschungssicherem-fahrzeugpass>

¹⁴⁴ tamtéž

Shromážděné údaje lze sdílet například s potenciálními kupci a při prodeji vozidla je lze převést na nového majitele. Tento model by také umožnil vlastníkům vozidel odesílat institucím důvěryhodná data týkající se například průměrného ročního nájezdu a získat tak přesnější cenu pojištění. Zaznamenané údaje mohou obsahovat informace o:¹⁴⁵

- financování vozu;
- povinném ručení nebo havarijním pojištění;
- historii pojistných událostí;
- detailní servisní historii obsahující kupříkladu výměny filtrů, baterie, kapalin nebo dodržování pravidelného servisního intervalu;
- právech na služby, které si zákazník k vozu přikoupil, jako jsou mapy do navigace nebo asistenční služby.

¹⁴⁵ VECHAIN FOUNDATION. VeChain Whitepaper 2.0. In: VeChain [online]. Dec 2019 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf>, s. 40.-42.

3.4 Baterie elektromobilů

Posledním příkladem využití je možnost využití blockchain technologie pro sledování životního cyklu baterií elektromobilů. Evropská unie zavádí nové regulace, které požadují po jejich výrobcích a automobilových společnostech větší ohleduplnost k životnímu prostředí při vývoji, těžbě základních surovin, druhotném využití a recyklaci. Digitální pas baterií je jedním z článků, který má pomoci prodloužení jejich životnosti a snazší recyklaci. Každý pas funguje jako digitální reprezentace fyzické baterie. Jeho součástí budou informace o emisích CO₂ vyprodukovaných při její výrobě, soulad s etickými normami nebo obsah recyklovaných materiálů. Podle Lawrence je využití blockchain technologie v tomto případě ideálním řešením, neboť umožňuje ověřit původ, chemické složení, identitu baterií a měřit jejich dopad na životní prostředí bez rizika manipulace s daty.¹⁴⁶

3.4.1 Legislativa

9. prosince 2022 dosáhl Evropský parlament a Evropská rada předběžné dohody o revizi regulací Evropské unie týkajících se baterií.¹⁴⁷ Evropská unie se chce připravit na rapidní nárůst poptávky po bateriích, která by měla vzrůst až čtrnáctinásobně do roku 2030, přičemž EU samotná by mohla tvořit až 17 % celkové poptávky. Legislativa, která vstoupí v platnost postupně od roku 2024, se zabývá třemi hlavními oblastmi:¹⁴⁸

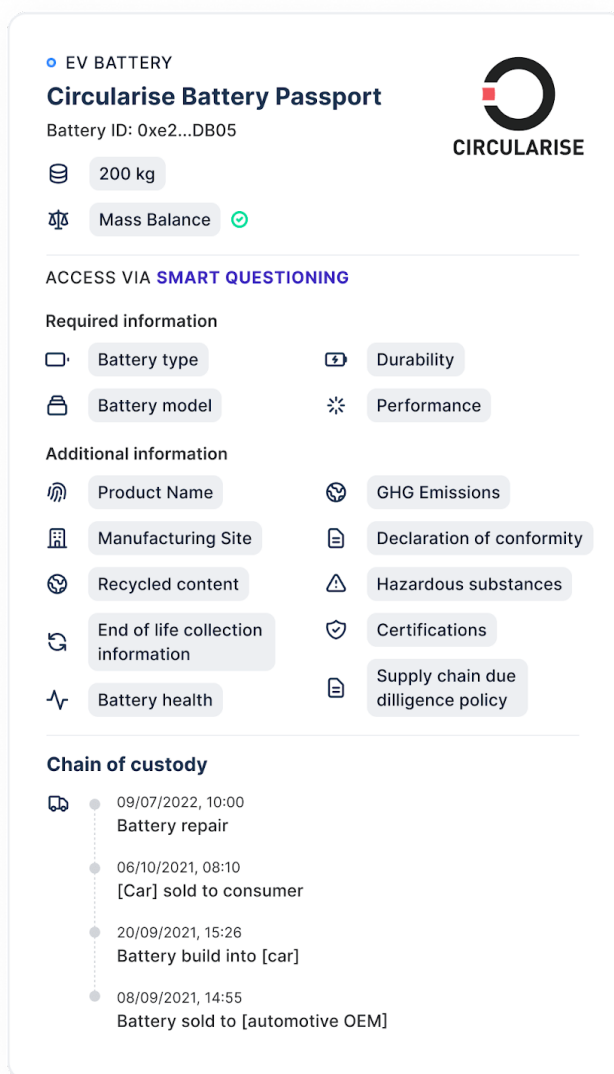
- zajištěním udržitelných zdrojů základních výrobních surovin a transparentnosti dodavatelského řetězce;
- využíváním čisté, udržitelné energie pro výrobu s větší transparentností uhlíkové stopy výroby;
- nakládáním s bateriemi po skončení jejich životnosti a dodržováním předepsané úrovně.

¹⁴⁶ LAWRENCE, Cate. Will EU blockchain investment and incoming EV battery passports finally commercialise blockchain mobility use cases?. Tech.eu [online]. 05 March 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://tech.eu/2023/03/05/will-the-eus-investment-in-blockchain-technology-finally-lead-to/>

¹⁴⁷ ZAKI, Walid Abou. VET Blockchain Digital Passport Opens Doors to Trillion Dollar Market...What about Human Passports?. Unlock Media [online]. 2 January 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.unlock-bc.com/95232/vet-blockchain-digital-passport-opens-doors-to-trillion-dollar-market-what-about-human-passports/>

¹⁴⁸ TROSKIE, Benjamin. NEW EU Battery Law demands sustainable batteries. Cotes [online]. [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.cotes.com/blog/new-eu-battery-law-demands-sustainable-batteries>

Baterie pro malé dopravní prostředky, průmyslové baterie s kapacitou nad 2 kWh a baterie pro elektromobily budou muset mít digitální pas od 1. ledna 2026.¹⁴⁹ Na všech bateriích se bude muset nacházet vytištěný nebo vygravírovaný QR kód, který bude odkazovat na online systém s veřejně přístupnými informacemi o kapacitě, výkonu, životnosti, chemickém složení a také symbolem tříděného sběru. Pokud dojde k úpravě baterie nebo ke změně způsobu jejího využití, informace budou v online systému aktualizovány. Hlavními přínosy digitálního pasu jsou zvýšená důvěryhodnost, přesnost a transparentnost specifikací, použitých materiálů a jejich původu.¹⁵⁰



Obrázek 17: Varianta digitálního pasu baterie elektromobilu (Stretton, 2023)

¹⁴⁹ EUROPEAN PARLIAMENT NEWS. Batteries: deal on new EU rules for design, production and waste treatment. European Parliament [online]. 09-12-2022 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20221205IPR60614/batteries-deal-on-new-eu-rules-for-design-production-and-waste-treatment>

¹⁵⁰ TROSKIE, Benjamin. NEW EU Battery Law demands sustainable batteries. Cotes [online]. [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.cotes.com/blog/new-eu-battery-law-demands-sustainable-batteries>

Cílem Evropské unie je dosáhnout sběru alespoň 51 % baterií malých dopravních prostředků v roce 2028 a 61 % v roce 2031. Všechny sebrané baterie musí být recyklovány a musí být dosaženo vysoké úrovně využití, zejména cenných materiálů, jako je měď, kobalt, lithium, nikl a olovo.¹⁵¹ Baterie elektromobilů budou muset obsahovat předepsané množství surovin získaných recyklací. EU totiž očekává, že do roku 2030 bude Evropa potřebovat, z důvodu vyšší poptávky po elektromobilech, až 18krát více lithia a 5krát více kobaltu a do roku 2050 téměř 60krát více lithia a 15krát více kobaltu ve srovnání se současnými dodávkami pro celé hospodářství EU.¹⁵²

3.4.2 Koncept VeChainThor platformy

Podle VeChain nadace jsou třemi hlavními problémy spojenými s elektromobily a jejich bateriemi:¹⁵³

- vysoká počáteční uhlíková stopa při výrobě elektromobilů;
- nízká recyklace a nízké využití baterií elektromobilů v tzv. druhém životě;
- nedostatečná angažovanost výrobců po prodeji elektromobilu.

K prvnímu bodu VeChain nadace uvádí, že elektromobily začnou mít nižší uhlíkovou stopu až po ujetí alespoň 21 700 kilometrů. Odkazuje se na výzkum americké Argonne National Laboratory, která odhaduje tuto hodnotu pro automobily Tesla Model 3 a Toyota Corolla. Liší se od typu kovů použitých v baterii až po množství plastu v samotném automobilu.¹⁵⁴

Druhý nedostatek opodstatňuje VeChain nadace daty Mezinárodního institutu pro udržitelný rozvoj (IISD), která uvádí, že je recyklováno méně než 5 % lithiových baterií. Baterie také podle VeChain nadace nejsou v dostatečné míře využívány pro jiné účely v případě, že jejich výkonnost již není dostačující pro využití v elektromobilech. Baterie musí být totiž využívány dostatečně dlouhou dobu, aby se staly přínosnými z pohledu životního prostředí. Podle dat, na které se odkazuje VeChain nadace, je pouze 20-30 % baterií využíváno i po dosloužení v automobilech. Průměrná doba využití v elektromobilu je 8 let a podle VeChain nadace by

¹⁵¹ EUROPEAN COMMISSION PRESS. Green Deal: EU agrees new law on more sustainable and circular batteries to support EU's energy transition and competitive industry. European Commission [online]. 9 December 2022 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z:

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_7588

¹⁵² TROSKIE, Benjamin. NEW EU Battery Law demands sustainable batteries. Cotes [online]. [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.cotes.com/blog/new-eu-battery-law-demands-sustainable-batteries>

¹⁵³ VECHAIN a BCG. Web3 for Better Whitepaper 3.0. VeChain [online]. MARCH 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-3-0.pdf>, s. 36.

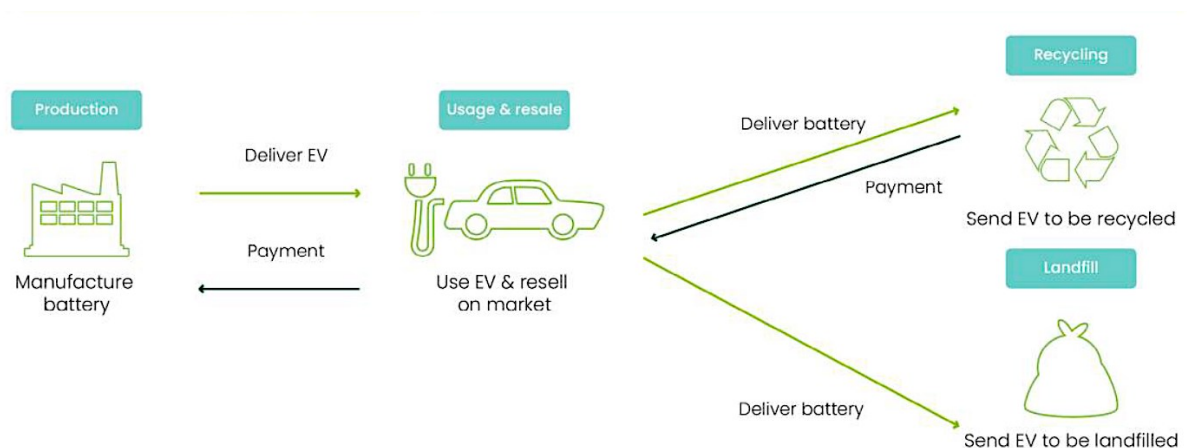
¹⁵⁴ tamtéž

mohla baterie sloužit dalších 3 až 5 let pro další účely. Jako příklady takových využití VeChain nadace uvádí:¹⁵⁵

- skladování solární nebo větrné energie;
- zálohu pro menší energetické sítě nebo domy;
- využití v menších vozidlech jako jsou např. vysokozdvizné vozíky;
- zapojení do energetické sítě pro pomoc s vykrytím špiček spotřeby.

Posledním problémem je dle VeChain nadace nedostatek komunikace mezi výrobcem a kupujícím, zejména pokud se jedná o následný prodej na trhu s ojetými automobily. Druhý majitel vozidla často nemusí mít kompletní znalosti o správném způsobu zacházení s baterií, optimálních nabíjecích podmínkách nebo infrastruktúře nabíjecích stanic, která je mu k dispozici. Průběžná komunikace by také umožnila zvýšit znalosti majitelů, ústící v lepší zacházení s automobily a delší životnost jejich baterií.

V současném modelu chybí, podle názoru VeChain nadace, důvěryhodnost týkající udržitelnosti procesů v průběhu celého životního cyklu baterií a spotřebitelé mají málo informací o ekologičnosti výrobních procesů baterií a vozidel celkově. Dohledatelnost baterií je dalším problémem, protože baterie elektromobilů jsou často pouze odvezeny na skládky. Pokud jsou recyklovány, výrobce nemusí mít informace o ekologičnosti procesu a jeho výtěžnosti.¹⁵⁶



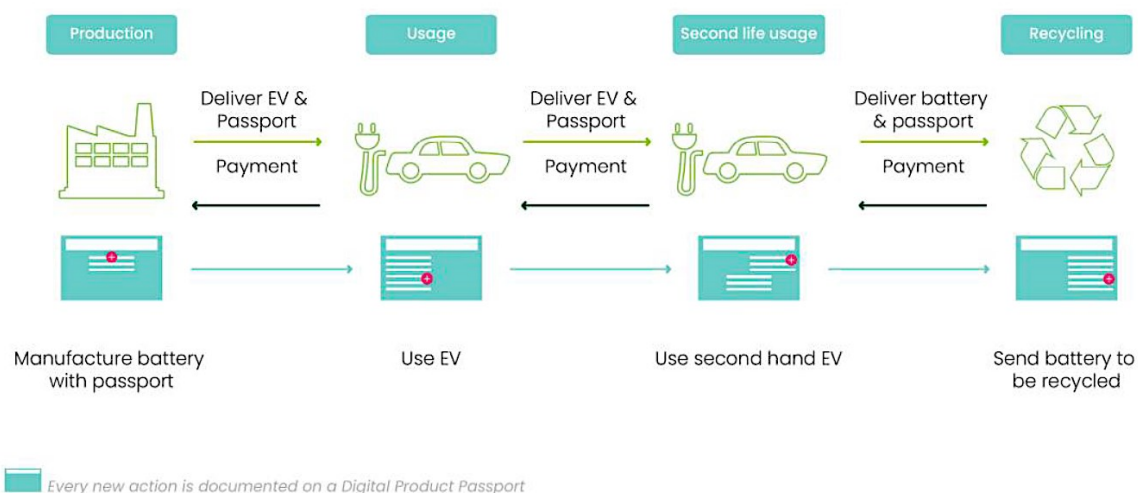
Obrázek 18: Současný model životního cyklu baterie elektromobilu (VeChain a BCG, 2023)

¹⁵⁵ VECHAIN a BCG. Web3 for Better Whitepaper 3.0. VeChain [online]. MARCH 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-3-0.pdf>, s. 38.

¹⁵⁶ tamtéž, s. 39.

VeChain nadace proto představila v březnu 2023 svůj vlastní koncept řešení této problematiky, který využívá blockchain technologii. Řešením platformy jsou digitální pasy postavené na NFT technologii. Využití této technologie umožní sledovat celý životní cyklus baterie, usnadní proces recyklace a podpoří opětovné využití základních surovin získaných při recyklaci. NFT pas tímto pomáhá zvýšit důvěryhodnost a transparentnost v oblasti udržitelnosti životního prostředí. Prostřednictvím tohoto pasu budou moci výrobci baterií a výrobci automobilů komunikovat s vždy aktuálním majitelem vozidla, neboť v případě prodeje elektromobilu bude pas převeden na nového majitele.¹⁵⁷

V modelu navrženém nadací se NFT pas stává prostředníkem ekologicky udržitelného chování, neboť shromažďuje všechny důležité informace do jednoho místa a umožňuje přístup k datům všem oprávněným stranám. Využití blockchain technologie usnadňuje interoperabilitu mezi různými účastníky ekosystému prostřednictvím konsolidace dat a integrace různorodých datových systémů. Zúčastněné strany tak mohou efektivněji spolupracovat.¹⁵⁸



Obrázek 19: Cílový model sledování dat během životního cyklu baterie (VeChain a BCG, 2023)

¹⁵⁷ VECHAIN a BCG. Web3 for Better Whitepaper 3.0. VeChain [online]. MARCH 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-3-0.pdf>, s. 38.

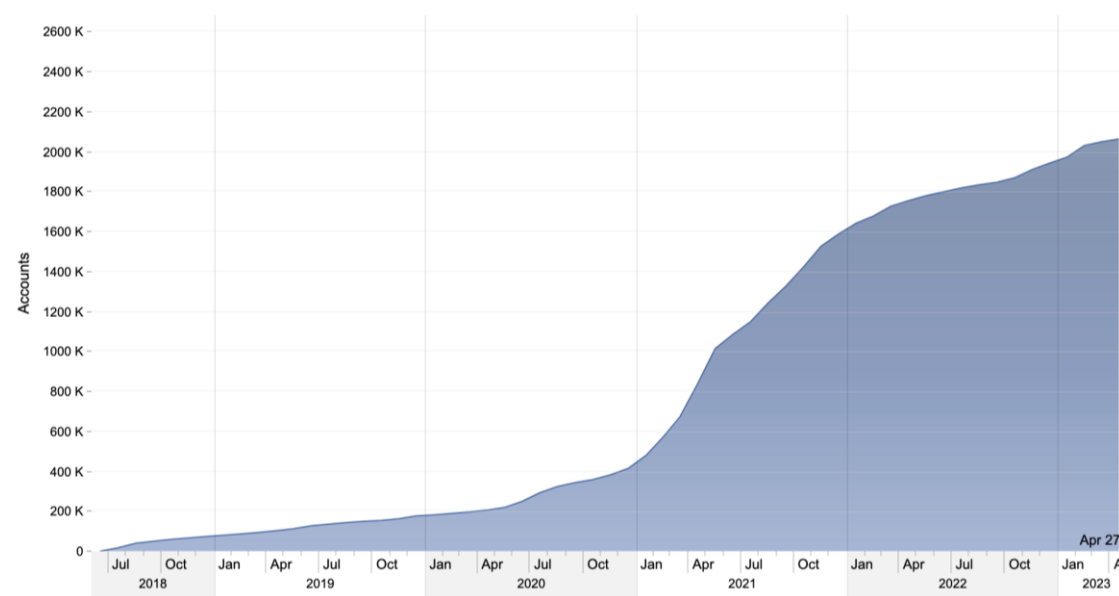
¹⁵⁸ tamtéž, s. 39.

4 ZHODNOCENÍ PRAKTICKÉHO VYUŽITÍ PLATFORMY VECHAINTHOR

Zhodnocení VeChainThor platformy bude z důvodu nedostatku informací o průběhu a výsledcích projektů provedeno pomocí zhodnocení aktivity na blockchainové síti. Využita budou data zveřejněná webovou stránkou www.vechainstats.com.

Počet účtů

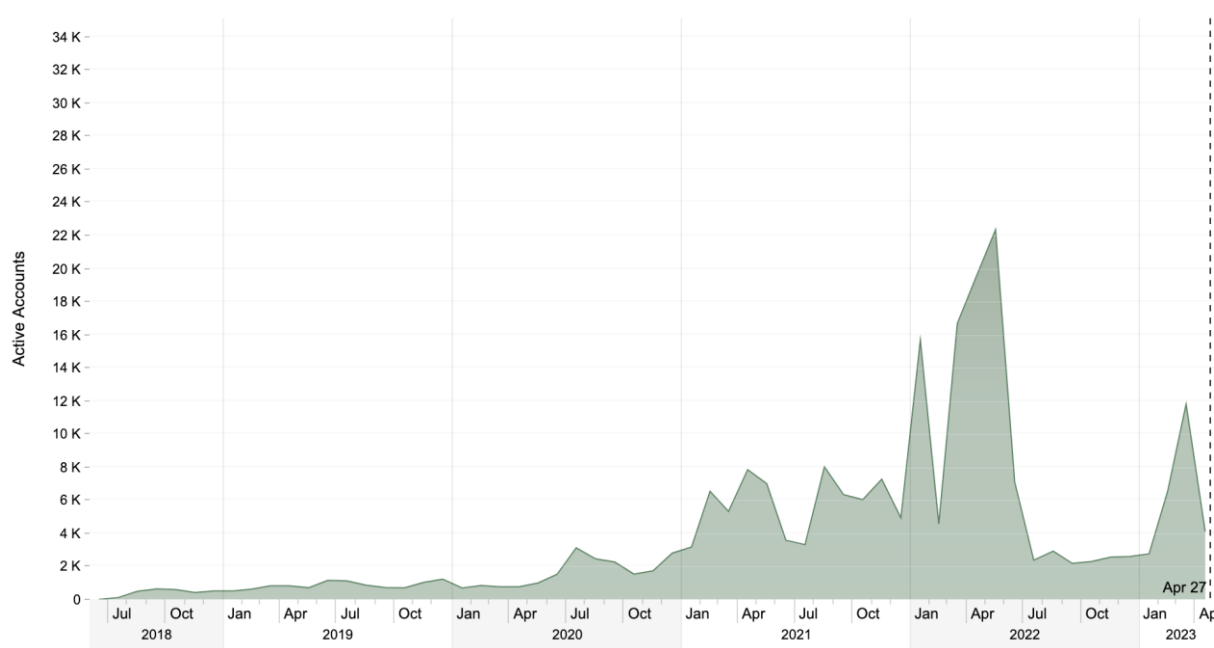
Celkový počet účtů na blockchainové síti VeChainThor roste každoročně od jejího vzniku. Během prvních sedmi měsíců po spuštění sítě bylo vytvořeno 73 097 účtů. V roce 2019 bylo vytvořeno 104 217 účtů, meziroční nárůst k 31. 12. 2019 tak dosáhl 142 % a celkový počet účtů činil 177 314. V následujícím roce bylo procentuální tempo růstu velice podobné. Celkový počet účtů na konci roku 2020 činil 413 646, což znamenalo meziroční nárůst o 133 %. Nejvíce účtů bylo vytvořeno v roce 2021, kdy bylo přibýlo 1 174 898 účtů a celkový počet účtů dosáhl 1 588 544 ke konci tohoto roku. Nárůst oproti konci předchozího roku činil 284 %. Takto vysoký nárůst může být dle autora zejména důsledkem spekulací na kryptoměnovém trhu, který ve zmiňovaném roce dosáhl také maxima své tržní kapitalizace. V roce 2022 meziroční tempo růstu výrazně kleslo, byť zůstalo stále kladné. Bylo vytvořeno 354 050 nových účtů, což znamenalo meziroční přírůstek 22 %. Celkový počet účtů dosáhl ke konci roku 1 942 594. K 26. dubnu 2023 bylo vytvořeno celkem 2 063 142 účtů. Vývoj celkového počtu účtů tak lze hodnotit pozitivně, neboť i přes pokles zájmu o kryptoměny v roce 2022 počet vytvořených účtů stabilně roste.



Obrázek 20: Vývoj celkového počtu účtů (VeChain Stats, 2023)

Aktivní účty

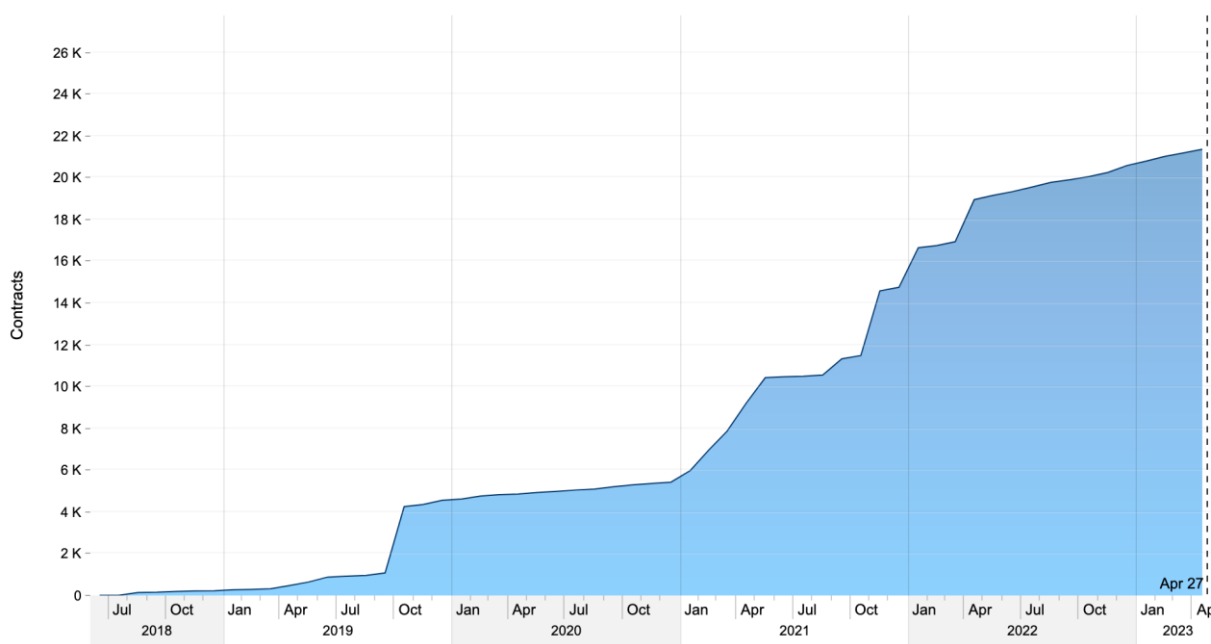
Dalším hodnotícím měřítkem je denní průměrný počet aktivních účtů, do kterého jsou započítány účty, které provedly alespoň jednu transakci. V roce 2018 bylo na síti v průměru pouze 391 aktivních účtů za den, o rok později se jednalo o 854 účtů a v roce 2020 o 1 618 účtů. Meziroční tempo růstu tak činilo 118 respektive 89 %. Největší meziroční nárůst byl zaznamenán ke konci roku 2021, během kterého bylo na síti aktivních v průměru 5 772 účtů každý den. Procentuálním vyjádřením se jednalo o 257% nárůst. Rok 2022 byl ve znamení dalšího růstu, kdy bylo aktivních v průměru 8 395 účtů za den. Prvních pět měsíců v tomto roce se zasloužilo o tento výsledek, neboť v průměru bylo během nich aktivních 15 753 účtů za den. Během prvního čtvrtletí 2023 bylo v průměru každý den aktivních 7025 účtů. I přes pokles průměrného počtu aktivních účtů za den v druhé polovině roku 2022 lze toto výstupní měřítko také hodnotit pozitivně, neboť z dlouhodobého hlediska se stále jedná o pozitivní trend.



Obrázek 21: Vývoj denního průměrného počtu aktivních účtů (VeChain Stats, 2023)

Smart kontrakty

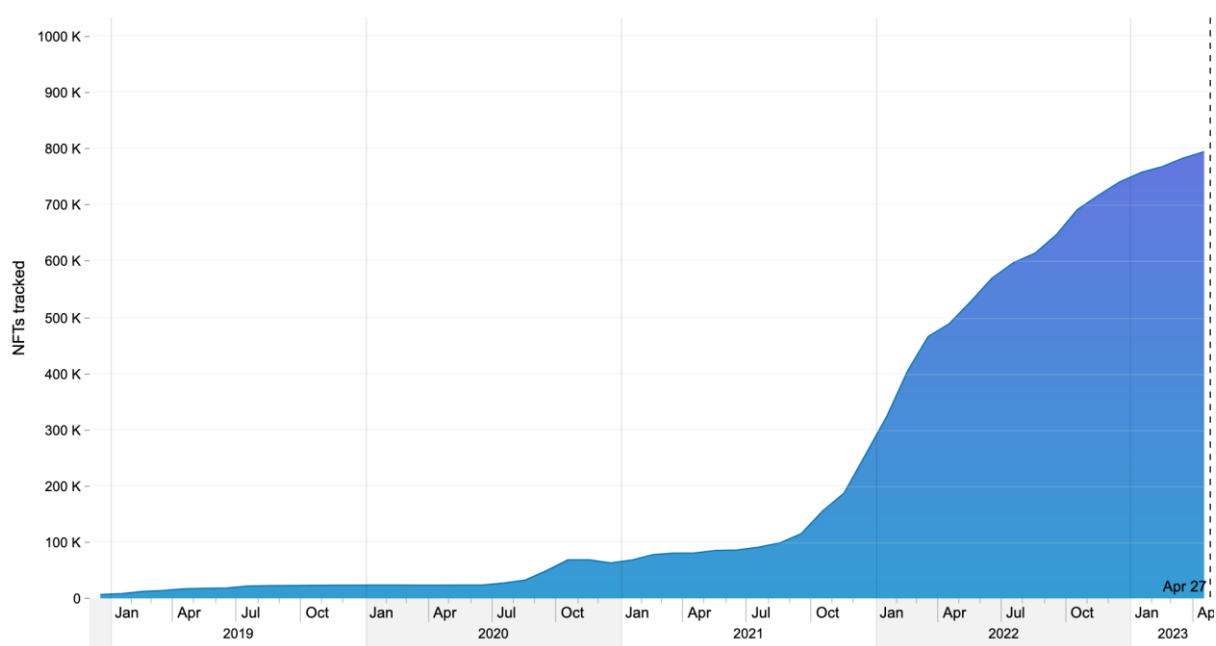
Třetím hodnoceným měřítkem je množství vytvořených smart kontraktů. V roce 2018 bylo publikováno 224 kontraktů. Následující rok jich bylo vytvořeno 4336 a ke konci roku 2019 byl tedy dosažen meziroční nárůst o 1 836 %. V roce 2020 bylo vytvořeno 863 kontraktů, ke konci roku tak byl jejich celkový počet 5 423. Jednalo se o nejmenší meziroční nárůst po celou dobu existence sítě, konkrétně 19 %. Rok 2021 byl rokem s nejvyšším počtem vytvořených kontraktů, konkrétně bylo vytvořeno 9 326 smart kontraktů a jejich celkový počet dosáhl 14 749. Meziroční nárůst ke konci roku tak dosáhl 172 %. Růst pokračoval, byť pomalejším tempem, i v roce 2020, kdy bylo vytvořeno 5 829 smart kontraktů. K 26. dubnu 2023 jich bylo na platformě publikováno celkem 21 341. Divergence mezi cenou VET tokenu a celkovým počtem vytvořených kontraktů je dle autora pozitivním aspektem, neboť je síť využívána i přes obecný pokles zájmu o kryptoměny. Celkový počet vytvořených smart kontraktů nestagnuje, ale stále roste.



Obrázek 22: Vývoj celkového počtu vytvořených smart kontraktů (VeChain Stats, 2023)

NFT

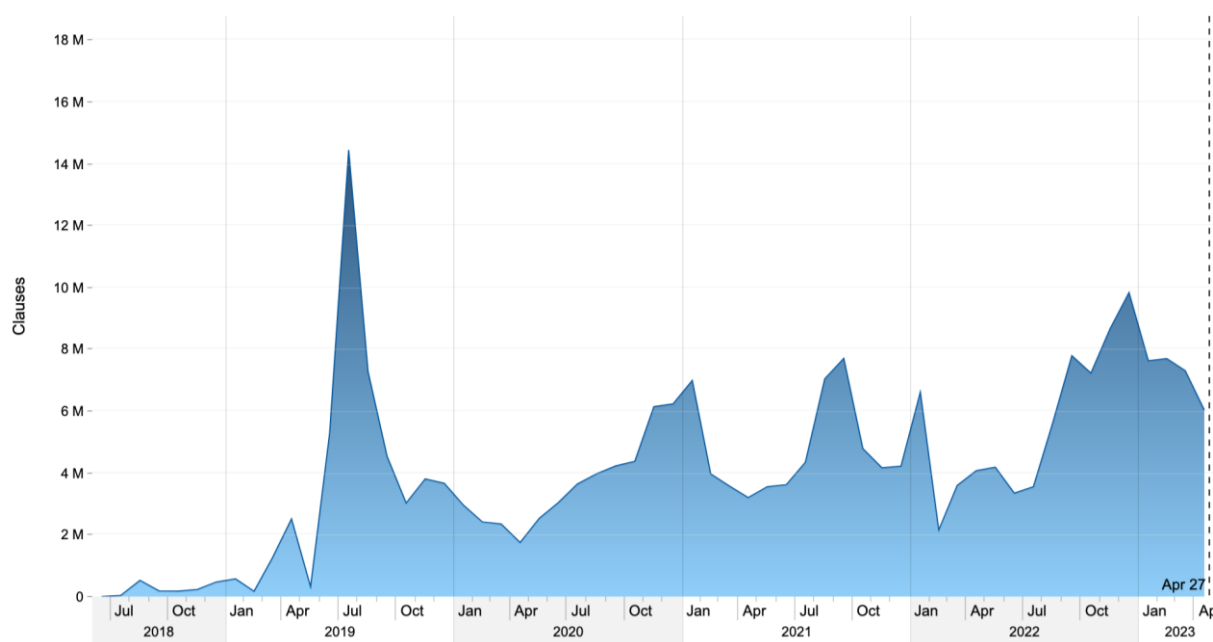
První NFT byly na blockchainové síti VeChainThor vygenerovány v prosinci 2018, kdy jich bylo vytvořeno 6 796. V následujícím roce bylo vygenerováno 16 892 NFT, celkový počet tak dosáhl 23 688. Rok 2020 platforma uzavřela s celkovými 63 128 NFT, což znamenalo meziroční nárůst ke konci roku o 167 %. V roce 2021 přibylo 192 096 NFT a o rok později 486 387 NFT. S konci roku 2021 a 2022 tak platforma zažila 304 respektive 190% meziroční nárůst celkového počtu NFT. Na platformě bylo na konci roku 2022 trasováno 741 701 NFT. Do 26. dubna 2023 bylo na platformě vytvořeno dalších 53 107 NFT a jejich celkový počet dosáhl k tomuto datu 794 808 NFT. Vývoj celkového počtu sledovaných NFT je dle autora jedním z nejpozitivnějších z hodnocených měřítek, neboť dramaticky roste a jsou to právě NFT tokeny, které jsou, jak již bylo vysvětleno, využívány jako digitální reprezentace reálných aktiv.



Obrázek 23: Vývoj celkového počtu sledovaných NFT (VeChain Stats, 2023)

Transakce

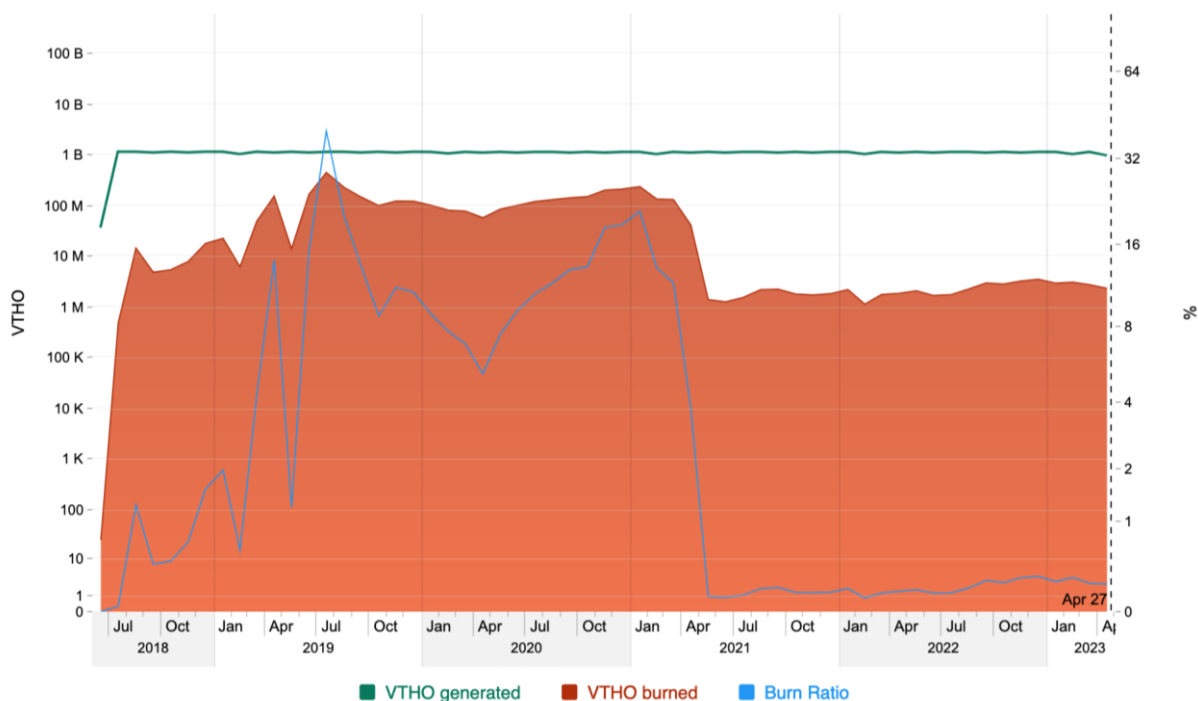
Počet provedených transakcí také, až na jednu výjimku, každým rokem stoupá. Následující graf ukazuje počet provedených transakcí za měsíc. V roce 2018 bylo provedeno 1,6 milionů transakcí, o rok později bylo provedeno 46 milionů transakcí a zároveň bylo dosaženo měsíčního rekordu, když bylo v červenci 2019 realizováno více než 14 milionů transakcí. V roce 2020 počet provedených transakcí klesl o více než 3 miliony v porovnání s předchozím rokem. 57 milionů transakcí bylo provedeno v roce 2021. Nejvíce transakcí za jeden rok bylo provedeno v uplynulém roce 2022, kdy bylo sítí zpracováno přes 66 milionů transakcí. Dlouhodobě rostoucí množství provedených transakcí poukazuje dle autora na zdravý rozvoj sítě.



Obrázek 24: Vývoj počtu provedených transakcí za měsíc (VeChain Stats, 2023)

VTHO token

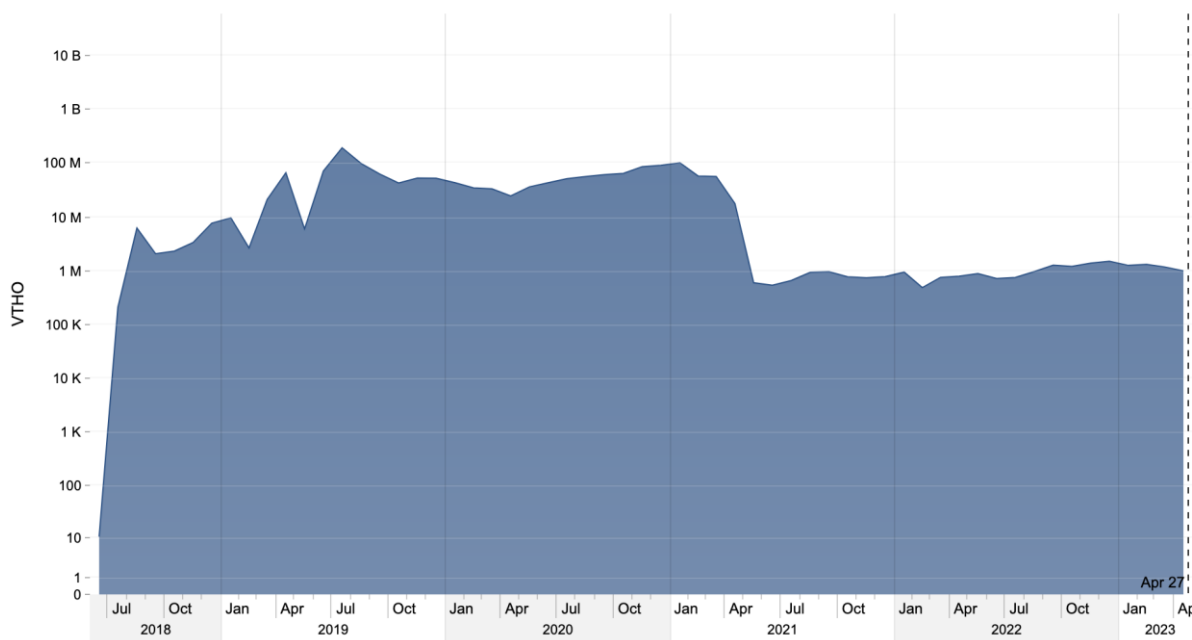
Následující graf ukazuje poměr měsíčního vygenerovaného množství VTHO tokenů v porovnání s VTHO tokeny použitými pro hrazení transakčních poplatků. Pro lepší vizualizaci hodnot v rozpětí několika řádů je použit graf s logaritmickou stupnicí. Jako pozitivní lze dle autora vnímat skutečnost, že využití VTHO dosahuje od května 2021 pouze 0,11 až 0,31 % celkového vygenerovaného množství, což znamená že průměrní držitelé VET tokenů nemusí nakupovat VTHO tokeny pro hrazení poplatků, neboť si více než vystačí s VTHO tokeny, které získávají držením VET tokenů. K nejvyššímu procentuálnímu využití vygenerovaných VTHO došlo v červenci 2019, kdy jich bylo využito téměř 40 %. Dalším pozitivem je dle autora fakt, že VeChain nadace tak nikdy nemusela výrazně upravovat rychlost s jakou VET token generuje VTHO token. Ekonomický model tedy funguje přesně tak, jak zakládající společnost VeChain Technology zamýšlela.



Obrázek 25: Vývoj poměru měsíčního generovaného množství VTHO vůči VTHO vynaloženého na transakční poplatky (VeChain Stats, 2023)

Odměny validátorům

Poslední graf ukazuje výši měsíčních odměn pro Authority Masternode uzly za vytváření nových bloků. Pro lepší vizualizaci hodnot v rozpětí několika řádů je opět použit graf s logaritmickou stupnicí. S ukončením motivačních odměn pro nové validátory v květnu 2021 došlo k výraznému poklesu odměn, neboť jsou validátoři odměňováni pouze částí z transakčního poplatku, jak bylo popsáno v kapitole zabývající se ekonomickým modelem. V roce 2022 si 101 Authority Masternode uzlů rozdělilo v průměru 996 tisíc VTHO každý měsíc. Z bližšího pohledu na první čtvrtletí tohoto roku vyplývá, že si AM uzly rozdělily v průměru 1 282 tisíc VTHO každý měsíc. Vzhledem k vysoké fluktuaci tržní ceny VTHO se mohlo jednat o 1 153 dolarů za měsíc nebo až 2 307 dolarů.



Obrázek 26: Vývoj měsíčních odměn pro Authority Masternodes (VeChain Stats, 2023)

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zmapovat možnosti, které nabízí platforma VeChainThor pro sledování aktiv, vysvětlit princip jejího fungování a ukázat praktické příklady jejího využití. Všechny tyto cíle lze dle autora považovat za naplněné.

Práce byla rozdělena do dvou částí, přičemž první z nich se zabývala teoretickou rovinou a obsahovala nejprve obecný popis blockchain technologie. Ten byl zaměřen na hlavní odlišnosti od klasických databázových systémů, jakými jsou decentralizace, distribuovanost a způsob ukládání dat do bloků. Popsány byly také dvě nejdůležitější blockchainové sítě na vývojové cestě za specializovanými blockchainovými sítěmi, mezi které patří i rozebíraná platforma VeChainThor. Druhá kapitola byla věnována právě jí a jejímu detailnímu popisu. Autor se zaměřil na ekonomický model sítě, organizační strukturu platformy, používaný konsenzuální mechanismus a v neposlední řadě i na nástroje, které platforma nabízí pro sledování aktiv.

Druhá část této práce se zabývala rozborem využití VeChainThor platformy v praxi. Autor si zvolil tři odvětví, u kterých detailněji popsal navázané partnerství a realizované projekty. První bylo potravinářské odvětví a spolupráce se společností Walmart na sledování masných výrobků, mořských plodů a zeleniny skrze dodavatelský řetězec pro zvýšení bezpečnosti konzumování těchto potravin. Zajímavým zjištěním bylo dle autora například i to, že využití blockchain technologie pro sledování potravin navrhl i americký Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) spadající pod tamější Ministerstvo zdravotnictví a sociálních věcí (HHS). Druhým zvoleným odvětvím bylo zdravotnictví a konkrétně spolupráce se státem San Marino a kyperskými nemocnicemi na tvorbě digitálních covid certifikátů, respektive decentralizované platformy pro uchovávání zdravotních záznamů pacientů. Jako poslední z rozebíraných odvětví byl zvolen automobilový průmysl a spolupráce se společností BMW na tvorbě decentralizované aplikace VerifyCar, která slouží k evidenci ojetých automobilů. Sám Evropský parlament také navrhuje využití blockchain technologie právě k tomuto účelu, neboť napáchané škody při manipulaci s tachometry vozidel dosahují až 9,6 miliard eur ročně. Popsán byl také koncept týkající se digitálních pasů pro baterie do elektromobilů. Jejich životní cyklus se totiž s přechodem k elektromobilitě bude stávat stále důležitějším tématem.

Z důvodu omezené dostupnosti informací o průběhu a výsledcích projektů, bylo zhodnocení praktického využití VeChainThor platformy provedeno zhodnocením aktivity na blockchainové síti VeChainThor. Všechna hlavní měřítka, které se pro on-chain analýzy

nejčastěji používají, jsou dle autora práce velice uspokojivá. Celkový počet účtů na platformě každý rok stoupá, stejně jako průměrný počet aktivních účtů, počet vytvořených smart kontraktů, počet vytvořených NFT a počet provedených transakcí. Všechna tato měřítka ukazují dle autora na zdravou aktivitu na síti, i přes obecný pokles zájmu o kryptoměny z důvodu ochlazení kryptoměnových trhů. Velice důležitým zjištěním je dle autora fakt, že ekonomický model dvou tokenů funguje přesně tak, jak bylo zamýšleno, neboť generované VTHO tokeny pokrývají aktivitu na síti ve více než dostatečné míře.

POUŽITÁ LITERATURA

ABROL, Ayushi. Decoding VeChain Thor: Evolution of VeChain. Blockchain Council [online]. February 11, 2022 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.blockchain-council.org/blockchain/vechain-thor/>

ADAM, Hayes. Blockchain Facts: What Is It, How It Works, and How It Can Be Used: Learn how these digital public ledgers enable crypto and NFTs. Investopedia [online]. September 27, 2022 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>

ACHESON, Noelle. Crypto Long & Short: No, Bitcoin Was Not a Response to the Financial Crisis: In spite of the timing, bitcoin wasn't created as a result of the 2008 crisis – and this misunderstanding matters. CoinDesk [online]. Jan 24, 2021 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/markets/2021/01/24/crypto-long-short-no-bitcoin-was-not-a-response-to-the-financial-crisis/>

AKHTAR, Tanzeel. Coronavirus Vaccinations Certified With VeChain's Blockchain Tech in Cyprus. CoinDesk [online]. Jan 7, 2021 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/tech/2021/01/07/coronavirus-vaccinations-certified-with-vechains-blockchain-tech-in-cyprus/>

AMSTER, Robert. 7 reasons for RFID in luxury retailing. Retail Dive [online]. May 31, 2016 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.retaildive.com/ex/mobilecommercedaily/7-reasons-for-rfid-in-luxury-retailing>

ANTOLIN, Mike. What Is Proof-of-Authority?. CoinDesk [online]. Jun 2, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-proof-of-authority/>

ASHFORD, Kate. What Is Cryptocurrency?. Forbes ADVISOR [online]. Jun 6, 2022 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-cryptocurrency/>

BARANOWSKI, Roch, Eric ZAYER, Klaus STRICKER a Ingo STEIN. The Outlook for the European Used Car Market. Bain & Company [online]. February 17, 2023 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.bain.com/insights/the-outlook-for-the-european-used-car-market-brief/>

BENNETT, Brennan. Using NFC and Blockchain technology to secure the supply chain. Medium [online]. Jul 25, 2017 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://medium.com/blockchain->

healthcare-review/using-nfc-and-blockchain-technology-to-secure-the-supply-chain-ca5d37a77e19

BITSTAMP. What are Bitcoin blockchain nodes?. Bitstamp [online]. August 17th, 2022 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.bitstamp.net/learn/crypto-101/what-are-bitcoin-blockchain-nodes/>

BUDHI, Veera. Advantages And Disadvantages Of Blockchain Technology. Forbes [online]. Oct 20, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/10/20/advantages-and-disadvantages-of-blockchain-technology/?sh=6de182be3453>

CoinFi [online]. [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.coinfi.com/coins/vechain>

COINTELEGRAPH CONSULTING. Ensuring Food Safety in the 2020s. Cointelegraph [online]. July 03, 2020 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://s3.cointelegraph.com/storage/uploads/view/4612f245e3cf8bc227084dff049f4016.pdf>, s. 5.

COMMITTEE ON TRANSPORT AND TOURISM. REPORT with recommendations to the Commission on odometer manipulation in motor vehicles: revision of the EU legal framework [online]. 2.5.2018 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0155_EN.html#_part3_def2

CONWAY, Luke. What Is Bitcoin Halving? Definition, How It Works, Why It Matters. Investopedia [online]. [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/bitcoin-halving-4843769>

COOK, Joseph. Nodes and clients. Ethereum [online]. February 1, 2023 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/nodes-and-clients/>

CRYPTOPEDIA STAFF. VeChain (VET): Understanding VeChain's Governance Structure. Cryptopedia [online]. October 21, 2021 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.gemini.com/cryptopedia/vechain-vet-coin-vechainthor-governance>

D'ALIESSI, Michele. How Does the Blockchain Work?. Medium [online]. Jun 1, 2016 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: <https://onezero.medium.com/how-does-the-blockchain-work-98c8cd01d2ae>

DALY, Lyle. What Is an Initial Coin Offering (ICO)?. The Motley Fool [online]. Jun 28, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/initial-coin-offering/>

DALY, Lyle. What is VeChain (VET)?. The Motley Fool [online]. Jun 10, 2022 [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/vechain/>

DAS, Lipsa. Understanding Ethereum Virtual Machine (EVM). Ledger Academy [online]. Apr 1, 2023 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.ledger.com/academy/topics/crypto/understanding-ethereum-virtual-machine-evm>

DOSSETT, Julian. Are Cryptocurrency Transactions Actually Anonymous?: Spoiler alert: Bitcoin transactions can still be traced. [online]. June 7, 2022 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/personal-finance/crypto/are-cryptocurrency-transactions-actually-anonymous/>

DUCKETT, Chris. Walmart China turns to blockchain for food safety. ZDNET [online]. June 25, 2019 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.zdnet.com/article/walmart-china-turns-to-blockchain-for-food-safety/>

EUROPEAN COMMISSION PRESS. Green Deal: EU agrees new law on more sustainable and circular batteries to support EU's energy transition and competitive industry. European Commission [online]. 9 December 2022 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_7588

EUROPEAN PARLIAMENT NEWS. Batteries: deal on new EU rules for design, production and waste treatment. European Parliament [online]. 09-12-2022 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20221205IPR60614/batteries-deal-on-new-eu-rules-for-design-production-and-waste-treatment>

FEIGN, Annika. What Is Blockchain Technology?. CoinDesk [online]. Sep 19, 2022 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: https://www.coindesk.com/learn/what-is-blockchain-technology/?fbclid=IwAR0Tdn3RCfAiUukUFqNQIs6LLRwsiSjG4-5V_5cJ0suZgB-6c4WTC3b-Auc

FRANKENFIELD, Jake. 51% Attack: Definition, Who Is At Risk, Example, and Cost. Investopedia [online]. [cit. 2022-11-01]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/1/51-attack.asp>

FRANKENFIELD, Jake. VeChain. Investopedia [online]. October 18, 2021 [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/v/vechain.asp>

FRANKENFIELD, Jake. What is Bitcoin? How to Mine, Buy, and Use It. Investopedia [online]. October 14, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/bitcoin.asp>

FRANKENFIELD, Jake. What Is Cryptocurrency Difficulty? Definition and Bitcoin Example. Investopedia [online]. July 26, 2021 [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/d/difficulty-cryptocurrencies.asp>

GILLETT, Henry. Why VeChain divorced Ethereum to become a strong, independent blockchain. Medium [online]. Sep 4, 2018 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://blog.goodaudience.com/why-vechain-divorced-ethereum-to-become-a-strong-independent-blockchain-19b530de2207>

GRAMOLI, Vincent. Proof-of-Authority flow. In: ResearchGate [online]. Aug 2019 [cit. 2023 04-29]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/profile/Vincent-Gramoli/publication/335337656/figure/fig4/AS:794901272854528@1566530640358/Proof-of-Authority-flow.ppm>

GU, Michael. What is VeChain? Blockchain for Enterprise in 2023. Boxmining [online]. February 15, 2023 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://boxmining.com/vechain/?amp=1>

HASKELL, Scott. <https://www.canr.msu.edu/news/blockchain-technology-in-the-food-industry>. Michigan State University [online]. April 21, 2022 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.canr.msu.edu/news/blockchain-technology-in-the-food-industry>

HERTIG, Alyssa. How Do Ethereum Smart Contracts Work?. CoinDesk [online]. Mar 9, 2022 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/how-do-ethereum-smart-contracts-work/>

HOOGENDOORN, Robert. BMW uses VeChain to combat mileage fraud. Medium [online]. Apr 24, 2019 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://nederob.medium.com/bmw-uses-vechain-to-combat-mileage-fraud-cc2251311f32>

HOWELL, James. What Is the Ethereum Virtual Machine (EVM)?. 101 Blockchains [online]. November 18, 2022 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://101blockchains.com/ethereum-virtual-machine/>

JAIN, Sandeep. How are Cryptocurrencies Created?. GeeksforGeeks [online]. 05 May, 2022 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/how-are-cryptocurrencies-created/>

JEIVERS, Jeim. BMW bastelt an fälschungssicherem Fahrzeugpass. Fuchs Briefe [online]. 14.07.2020 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.fuchsbriefe.de/betrieb/innovationen/bmw-bastelt-an-faelschungssicherem-fahrzeugpass>

KALOUSEK, Zbyněk. Blockchain – o co se jedná a jak funguje (1. díl). Kurzy.cz [online]. 15.09.2021 [cit. 2022-11-01]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/609930-blockchain--o-co-se-jedna-a-jak-funguje-1-dil/>

KROPEC, Luka. Consensus mechanisms. Ethereum [online]. September 29, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/>

LAUTERBACH, Chad. Benefits of Blockchain Technology. Be Structured [online]. March 9, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://beststructured.com/benefits-of-blockchain-technology-2/>

LAWRENCE, Cate. Will EU blockchain investment and incoming EV battery passports finally commercialise blockchain mobility use cases?. Tech.eu [online]. 05 March 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://tech.eu/2023/03/05/will-the-eus-investment-in-blockchain-technology-finally-lead-to/>

LEWIS, Antony. The basics of bitcoins and blockchains: an introduction to cryptocurrencies and the technology that powers them. Coral Gables: Mango Publishing, 2018, 408 s. ISBN 978-1633538009.

LISA, Andrew. Where Does Cryptocurrency Come From?. GOBankingRates [online]. June 8, 2022 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.gobankingrates.com/investing/crypto/economy-explained-where-does-cryptocurrency-come-from/>

LØNE, Cecilie. San Marino approves national green pass, allowing citizens and residents to move freely. DNV [online]. 01 July 2021 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.dnv.com/news/san-marino-approves-national-green-pass-allowing-citizens-and-residents-to-move-freely-203736>

MAE, Zifa. Walmart & Blockchain: New Era of Supply Chain Management. Changelly [online]. April 7, 2023 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://changelly.com/blog/walmart-blockchain/>

MAKADIA, Harsh. Blockchain - Benefits, Drawbacks and Everything You Need to Know. Maruti Techlabs [online]. Oct 03 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://marutitech.com/benefits-of-blockchain/>

MARQUEZ, Reynaldo. VeChain Announces The World's First National eNFT Adoption, Why It Could Be Huge for VET. NewsBTC [online]. 2021 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.newsbtc.com/news/vechain-national-enft-adoption-huge-for-vet/>

MORELAND, Kirsty. What is a dApp?. Ledger Academy [online]. Apr 29, 2021 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.ledger.com/academy/what-is-a-dapp>

MUTUNKEI, Julius. Here's How VeChain's Toolchain in Revolutionizing the Supply Chain. Crypto News [online]. June 16, 2022 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://crypto.news/heres-how-vechains-toolchain-in-revolutionizing-the-supply-chain/>

NAITO, Hiroyuki. Oracles. Ethereum [online]. February 9, 2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/oracles/>

NAMBIAMPURATH, Rahul. What Is Bitcoin?: A Step-by-Step Guide to the No. 1 Cryptocurrency. The Defiant [online]. October 20, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://thedefiant.io/what-is-bitcoin>

NGO, Diana. BMW Presents Blockchain-Based Odometer Fraud Prevention App VerifyCar Developed With VeChain. Coin Journal [online]. 23 September 2020 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://coinjournal.net/news/bmw-presents-blockchain-based-odometer-fraud-prevention-app-verifycar-developed-with-vechain/>

OBA, Naomi. Finality in Blockchain: What the concept means, and how it impacts blockchain. Medium [online]. Mar 25, 2022 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://medium.com/minima-global/finality-in-blockchain-e5a62ca0f9f4>

ORENES-LERMA, Linda. How Does a Blockchain Transaction Work?. Ledger Academy [online]. Jan 13, 2022 [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://www.ledger.com/academy/how-does-a-blockchain-transaction-work>

PALMER, Daniel a Alyssa HERTIG. Who Created Ethereum?. CoinDesk [online]. Mar 9, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/who-created-ethereum/>

PENNELLA, Luca. Proof-of-stake (PoS). Ethereum [online]. March 1, 2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/>

PERKMANN, Maximilian. VeChain: Blockchain Supply Chain Tracking. Medium [online]. Mar 8, 2022 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://medium.datadriveninvestor.com/vechain-blockchain-supply-chain-tracking-54e71c12474f>

PETERSSON, David. How Smart Contracts Started And Where They Are Heading. Forbes [online]. Oct 24, 2018 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/davidpetersson/2018/10/24/how-smart-contracts-started-and-where-they-are-heading/?sh=428aca637b63>

PETROWSKI, Joe. Polkadot Consensus Part 1: Introduction. Medium [online]. Dec 18, 2019 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://medium.com/polkadot-network/polkadot-consensus-part-1-introduction-3e3cd6237243>

PRATT, Mary K. a Alexander S. GILLIS. What is blockchain?. TechTarget [online]. 03 Jun 2021 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: https://www.techtarget.com/searchcio/definition/blockchain?amp=1&fbclid=IwAR2XIEXz7gd8HrGMDsdXUEGtKOJ0BbvsY9PWfP3UktgkOz2HoHn__7rY-jI

RICHARDS, Sam. Intro to Ethereum. Ethereum.org [online]. April 12, 2022 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/intro-to-ethereum/>

RIVER FINANCIAL. Bitcoin Issuance Schedule. *River Finacial* [online]. [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://river.com/learn/images/articles/bitcoin-supply-chart.png>

ROSENBERG, Eric. VeChain (VET) Explained. The Balance [online]. November 13, 2021 [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.thebalancemoney.com/vechain-explained-5197295>

RUSSO, Camila. Sale of the Century: The Inside Story of Ethereum's 2014 Premine. CoinDesk [online]. Jul 11, 2020 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/markets/2020/07/11/sale-of-the-century-the-inside-story-of-ethereums-2014-premine/>

SANTHI, Abirami Raja a Padmakumar MUTHUSWAMY. Influence of Blockchain Technology in Manufacturing Supply Chain and Logistics. MDPI [online]. 8 February 2022 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2305-6290/6/1/15#B30-logistics-06-00015>

SERGEENKOV, Andrey. Bitcoin Mining Difficulty: Everything You Need to Know. CoinDesk [online]. Aug 5, 2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/bitcoin-mining-difficulty-everything-you-need-to-know/>

SERGEENKOV, Andrey. Bitcoin: What Is Bitcoin?. CoinDesk [online]. Aug 5, 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-bitcoin/>

SERGEENKOV, Andrey. What Is Cryptocurrency?. CoinDesk [online]. Nov 29, 2021 [cit. 2022-11-02]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/learn/what-is-cryptocurrency/>

SHARMA, Rakesh. Non-Fungible Token (NFT): What It Means and How It Works: Understand how and why NFTs are being used today. Investopedia [online]. April 06, 2023 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/non-fungible-tokens-nft-5115211>

SPARKES, Matthew. What is bitcoin and how does it work?. New Scientist [online]. [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.newscientist.com/definition/bitcoin/>

SRIVASTAVA, Nitish. Mediterranean Hospital of Cyprus is Utilizing VeChain Blockchain to Store Vaccination Records. Blockchain Council [online]. January 8, 2021 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.blockchain-council.org/blockchain/mediterranean-hospital-of-cyprus-is-utilizing-vechain-blockchain-to-store-vaccination-records/>

STRETTON, Chris. EU battery passport regulation requirements. Circularise [online]. July 11, 2022 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.unlock-bc.com/95232/vet-blockchain-digital-passport-opens-doors-to-trillion-dollar-market-what-about-human-passports/>

TAKENOBU, T. Ethereum virtual machine [online]. In: . Mar, 2018 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://takenobu-hs.github.io/downloads/ethereum_evm_illustrated.pdf

TARDI, Carla. Application-Specific Integrated Circuit (ASIC) Miner. Investopedia [online]. September 27, 2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/a/asic.asp>

THOMA, Martin. Těžba kryptoměn. Jak těžit kryptoměny? Vyplatí se dnes ještě Bitcoin těžba?. FINEX [online]. [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://finex.cz/rubrika/kryptomeny/tezba/>

TROSKIE, Benjamin. NEW EU Battery Law demands sustainable batteries. Cotes [online]. [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.cotes.com/blog/new-eu-battery-law-demands-sustainable-batteries>

VECHAIN a BCG. Web3 for Better Whitepaper 3.0. VeChain [online]. MARCH 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-3-0.pdf>

VECHAIN FOUNDATION. VeChain - Leading The Digital-Sustainable Revolution with PoA2.0. Cision [online]. Nov 29, 2022 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.prnewswire.com/news-releases/vechain---leading-the-digital-sustainable-revolution-with-poa2-0--301689307.html>

VECHAIN FOUNDATION. VeChain Whitepaper 2.0. In: VeChain [online]. Dec 2019 [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf>

VECHAIN STATS. Active Accounts: Visualization of addresses that actively interacted with the VeChainThor Blockchain. VeChain Stats [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/charts/#accounts-active>

VECHAIN STATS. Block Rewards: VTHO awarded to authority nodes (validators) for successfully adding new blocks to the VeChainThor Blockchain. VeChain Stats [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/charts/#block-rewards>

VECHAIN STATS. Clauses: Insights into clauses that are fully evm compatible operations on the VeChainThor Layer-1 mainnet. VeChain Stats [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/charts/#clauses>

VECHAIN STATS. Total Accounts: Known accounts on the VeChainThor Blockchain. VeChain Stats [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/charts/#accounts-total>

VECHAIN STATS. Total Contracts: Deployed contracts on the VeChainThor Blockchain. VeChain Stats [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/charts/#contracts-total>

VECHAIN STATS. Tracked NFTs: Total number of tracked NFTs (non-fungible tokens) on the VeChainThor Blockchain over time. VeChain Stats [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/charts/#nfts-tracked>

VECHAIN STATS. VeChain Node Insights. VeChain Stats [online]. [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/vechain-nodes/>

VECHAIN STATS. VTHO Generation & Burn: Visualization of generated VTHO compared to the VTHO burned during the corresponding period. VeChain Stats [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://vechainstats.com/charts/#vtho-generation>

VECHAIN TEAM. VeChain Development Plan. VeChain [online]. May 2018 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: https://cdn.vechain.com/vechain_ico_ideas_of_development_en.pdf

VECHAIN. A Revolutionary Protocol: PoA 2.0 — World's Greenest Consensus To Drive Sustainable Mass Adoption. Medium [online]. Nov 16, 2021 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/a-revolutionary-protocol-poa-2-0-worlds-greenest-consensus-to-drive-sustainable-mass-adoption-e33b1b6646b8>

VECHAIN. Announcing The Imminent Launch Of Voting For The 2023 VeChain Foundation Steering Committee Elections. Medium [online]. Feb 13, 2023 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/announcing-the-imminent-launch-of-voting-for-the-2023-vechain-foundation-steering-committee-5f2060690849>

VECHAIN. Defining the VeChainThor Blockchain Consensus — Proof of Authority. Medium [online]. May 8, 2018 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/defining-the-vechainthor-blockchain-consensus-proof-of-authority-8cf3f51a5fa0>

VECHAIN. The 101 VeChain Thudheim (Authority) Masternodes Selection Process Begins. Medium [online]. Apr 11, 2018 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/https-medium-com-vechainofficial-authority-masternodes-4c1233c6f18e>

VECHAIN. VeChain and I-Dante Co-developed E-HCert, A Blockchain-based Covid-19 Records App For Mediterranean Hospital of Cyprus. In: *Medium* [online]. [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: https://miro.medium.com/v2/resize:fit:4800/0*V9NGV3TbxRQNrEWZ

VECHAIN. VeChain and I-Dante Partnered to Create Blockchain Enabled Medical Data Management Platform for Healthcare Provider in Cyprus. Medium [online]. May 16, 2020 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/vechain-and-i-dante-partnered-to-create-blockchain-enabled-medical-data-management-platform-for-17465639e8c7>

VECHAIN. VeChain Enables the E-HCert App to Go Beyond COVID-19 Records and Onboards Another Hospital in Cyprus. Medium [online]. Dec 3, 2020 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: https://miro.medium.com/v2/resize:fit:1400/0*cA7SFI9iIREjxTaf

VECHAIN. VeChain Enables the E-HCert App to Go Beyond COVID-19 Records and Onboards Another Hospital in Cyprus. Medium [online]. Dec 3, 2020 [cit. 2023-04-18].

Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/vechain-enables-the-e-hcert-app-to-go-beyond-covid-19-records-and-onboards-another-hospital-in-318fcb47bc15>

VECHAIN. VECHAIN INSIGHTS (Vol.7). Medium [online]. Oct 23, 2017 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/vechain-insights-vol-7-35d2d0547286>

VECHAIN. VeChain Launches Revolutionary One-stop BaaS Platform — VeChain ToolChain, Now Anyone Around The World Can Implement Blockchain Technology. Medium [online]. Apr 25, 2019 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/vechain-launches-revolutionary-one-stop-baas-platform-vechain-toolchain-now-anyone-around-the-acf8ddc57c7b>

VECHAIN. VeChain Summit 2019. In: YouTube [online]. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=Xd2Hhmh4atQ&t=6224s&ab_channel=VeChain

VECHAIN. VeChain Technical AMA — Hardware Questions Part 1. Medium [online]. Feb 20, 2018 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://vechainofficial.medium.com/vechain-technical-ama-hardware-questions-part-1-ce7a5f19c3e1>

VECHAIN. Walmart China Takes on Food Safety with VeChainThor Blockchain Technology. Medium [online]. Jun 25, 2019 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://medium.com/vechain-foundation/walmart-china-takes-on-food-safety-with-vechainthor-blockchain-technology-b1443e0e079c>

VIPERATECH. Bitmain Antminer S19 XP Hydro 255TH/s 5304W. Vipera [online]. [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://www.viperatech.com/product/bitcoin-miner-s19-xp-hyd/>

VONDRÁK, Matouš. Blockchain: Co je blockchain a jak blockchain u kryptoměn funguje?. Finex.cz [online]. 27. 11. 2018 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://finex.cz/blockchain/>

VONDRÁK, Matouš. Těžba kryptoměn. Jak těžit kryptoměny? Vyplatí se dnes ještě Bitcoin těžba?. FINEX [online]. [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://finex.cz/rubrika/kryptomeny/tezba/>

WACKEROW, Paul. Ethereum Virtual Machine (EVM). Ethereum [online]. January 19, 2022 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/evm/>

WACKEROW, Paul. Introduction to dapps. Ethereum [online]. September 26, 2022 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/dapps/>

WACKEROW, Paul. Introduction to smart contracts. Ethereum [online]. <https://ethereum.org/en/>, September 2, 2022 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/>

WADE, Jacob. Ethereum Merge. Investopedia [online]. September 20, 2022 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/the-ethereum-merge-6504132>

WADE, Jacob. Hash Rate. Investopedia [online]. February 28, 2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/hash-rate-6746261>

WALTERS, Steve. VeChain Review 2023: A Revolution in Supply Chain Management!. Coin Bureau [online]. March 30th, 2023 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.coinbureau.com/review/vechain-review/>

WIGMORE, Ivy. Bitcoin address. TechTarget [online]. [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/Bitcoin-address>

WILLIAMS, Stephen. *Blockchain: The Next Everything*. New York City: Scribner, 2019, 208 s. ISBN 978-1982116828.

YORKE, Ben. The Dual-Token Model, Tokenomics, and Basic Supply & Demand. In: Vechain101 [online]. Jul 4, 2019 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://i0.wp.com/vechain101.com/wp-content/uploads/2019/07/circlechartrough-1.png?w=600&ssl=1>

ZAKI, Walid Abou. VET Blockchain Digital Passport Opens Doors to Trillion Dollar Market... What about Human Passports?. Unlock Media [online]. 2 January 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.unlock-bc.com/95232/vet-blockchain-digital-passport-opens-doors-to-trillion-dollar-market-what-about-human-passports/>

ZAND, Matt. Comprehensive Review of Proof-of-Work Consensus in Blockchain. Alibaba Cloud [online]. December 21, 2020 [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: https://www.alibabacloud.com/blog/comprehensive-review-of-proof-of-work-consensus-in-blockchain_597042