

Povećanje emisije CO₂ kao posledica korišćenja blokčejn tehnologije

Increasing CO₂ emissions as a result of using blockchain technology

Vladimir Pavićević¹

Univerzitet Alfa BK, Fakultet za finansije, bankarstvo i reviziju, Beograd, Srbija /
Alfa BK University, Faculty of Finance, Banking and Auditing, Belgrade, Serbia

Rad primljen / Received: 28.04.2023, Rad prihvaćen / Accepted: 30.05.2023.

Sažetak: Klimatske promene su problem koji ima katastrofalne implikacije na životnu sredinu, što može izazvati teške posledice. Jedan od vodećih uzroka klimatskih promena su emisije štetnih gasova, posebno emisija CO₂. Shodno tome, istraživački rad istražuje ugroženost globalnog ekosistema zbog povećane količine emisije CO₂ koja se ispušta u životnu sredinu. Eksponencijalni rast rudarenja kriptovaluta i kriptotrgovine, te razvoj i široka rasprostranjenost modernih tehnologija, kao i brze promene tehnoloških potreba ljudskih bića suočili su se sa egzistencijalnim problemom održivosti životne sredine i uticajem emisija CO₂ u vodećim zemljama gde se rudare kriptovalute i vrši trgovanje kriptovalutama. Ovaj istraživački rad istražuje empirijski uticaj upotrebe kriptovaluta i potrošnje energije na održivost životne sredine. Emisija CO₂ smatra se pokazateljem degradacije životne sredine u vodećim zemljama rudarenja i trgovine kriptovalutama.

Ključne reči: klimatske promene, blokčejn tehnologija, heš, bitcoin, emisija CO₂, životna sredina.

Abstract: Climate change is a problem that has catastrophic implications for the environment, which can cause severe consequences. One of the leading causes of climate change is emissions of harmful gases, especially CO₂ emissions. Accordingly, the research paper explores the global ecosystem and its vulnerability due to the increased amount of CO₂ emissions released into the environment. The exponential growth of cryptocurrency mining and crypto-trade, and the development and spread of modern technologies, as well as the rapid changes in the technological needs of human beings, have faced the existential problem of environmental sustainability and the impact of CO₂ emissions in the leading countries where cryptocurrency is mined and crypto-currency traded. This research paper explores the empirical impact of cryptocurrency use and energy consumption on environmental sustainability. CO₂ emission is considered an indicator of environmental degradation in the leading cryptocurrency mining and trading countries.

Keywords: climate change, blockchain technology, hash, bitcoin, CO₂ emission, environment.

¹orcid.org/0000-0003-4848-6380, e-mail: pavic@t-com.me

UVOD / INTRODUCTION

U radu je obrađen uticaj blokčejn tehnologije na povećanje emisije CO₂ tokom prethodnih sedam godina. U tom cilju, korišćene se adekvatne naučne metode, kao što su analiza sadržaja, komparativna analiza, studije slučaja za bitcoin i statističke metode obrade podataka. Predstavljen je uticaj blokčejn tehnologije kroz rudarenje kriptovaluta, pre svega

praćenjem rasta upotrebe kriptovaluta odnosno bitcoina, te povećanja potrošnje električne energije i uvećanja emisije CO₂.

Budućnost sa niskom emisijom štetnih materija zahteva preispitivanje postojećih infrastrukturnih sistema i usluga, od njihove bazične interakcije sa potrošačima pa sve do planiranja, nabavke, finansiranja, izgradnje i poslovanja. Nove tehnologije kao

što je blokčejn, imaju značajan uticaj na povećanje potrošnje električne energije, a posledično i na povećanje emisije CO₂. Kao finansijski i investicioni alat koji je nastao korišćenjem blokčejn tehnologije, kriptovalute su se poslednjih godina brzo razvijale. Od 2016. do 2021. godine vrednost bitcoina porasla je preko 100 puta, etereuma skoro 500 puta. Zbog toga mnogi kriptovalute smatraju jednostavnim načinom brzog zarađivanja bogatstva, što je pokrenulo procvat rudarenja kriptovaluta. Rudarenje, koje koristi algoritme za rešavanje problema odnosno dobijanje nagrada u vidu virtualne valute, zahteva ogromnu količinu električne energije. Puno je istraživanja pokazalo da uvećana upotreba kriptovaluta uzrokuje dodatnu emisiju CO₂. Podaci Svetske meteorološke organizacije (WMO) pokazuju da je u kontekstu globalne ekonomske recesije izazvane epidemijom COVID-19, globalna koncentracija CO₂ u 2020. godini bila abnormalno viša od one u 2019. godini, i to za 0,61%. Emisije CO₂ iz komercijalnog vazduhoplovstva širom sveta smanjile su se za 410 miliona metričkih tona u 2020. godini u poređenju sa 2019. godinom (Sang et al., 2022). Stoga su istraživači zabrinuti, jer je ukupna globalna emisija CO₂ još porasla, uprkos ograničenjima u saobraćaju uzrokovanim pandemijom COVID-19. Mnogi istraživači smatraju da je jedan od razloga povećano rudarenje kriptovaluta. Bitcoin je poznat kao zagađivač okoline, koji troši ogromne količine energije i emituje ogromne količine CO₂ kako bi potvrdio transakcije i održao mrežu pouzdanom. Blokčejn je kriptovani zapis svih prethodnih transakcija i saldiranja koje svaki umreženi računar neprestano sinhronizuje (Pavićević, 2022). Teoretski, podaci o blokčejnu su apsolutno pouzdani, jer postoje hiljade kopija podataka koji su sinhronizovani i uzajamno potvrđuju rezultate (Hougan, Lawant, 2021). Upravo zbog ovakvih osobina blokčejn tehnologije, istraživači su analizirali bitcoin kao prototip korišćenja ove tehnologije, u smislu rasta potrošnje električne energije i emisije CO₂. Tako je 2018. godine simulirano povećanje troška električne energije uzrokovano rudarenjem bitcoina i verovalo se da bi to moglo voditi nekontrolisanom globalnom rastu temperature (Masnet et al., 2019). Neki istraživači su tvrdili da će rudarenje bitcoina uzrokovati globalno zagrevanje od 2 stepena celzijusa (Mora et al., 2018). Zavisno od mrežne arhitekture i izbora protokola, blokčejn se može implementirati i na energetski efikasnije načine, što podrazumeva i korišćenje blokčejn tehnologije za lanac ponude hazardnih materijala (Oudani et al., 2022), peer-to-peer trgovanje energijom (Coutinho et al., 2022) i pametne ugovore (Al Sadawi et al., 2021).

1. MATERJALI I METODE / MATERIALS AND METHODS

1.1. Hash rate bitcoina

U ovom delu je prikazan metod kojim se objašnjava uticaj jednog od faktora na rast emisije CO₂. Globalni hash rate kriptovaluta važan je pokazatelj broja kompjuterskih uređaja u svetu kriptovaluta. Korišćenje hash rate može osigurati da podaci pokrivaju sve kompjuterske uređaje koji rudare i može izbeći dvostruko brojanje različitih valuta, jer čak i ako isti uređaj može rudariti više kriptovaluta, ukupni hash rate hardvera uvek je ograničen. Hash rate je merna jedinica kapaciteta obrade bitcoin mreže, odnosno brzine kojom terminalni uređaj izračunava rezultat hash funkcije (Sang et al., 2022). Broj Eh/s (ekaheš po sekundi) je broj koji je jednak jednom kvintilionu heševa, odnosno predloženih odgovora na složene matematičke probleme potrebne kako bi se rudarili blokovi bitcoina. Učesnici koji se bave rudarenjem bitcoina, nastoje da nabave i angažuju mašine za rudarenje koje će imati što veću snagu i moć u rešavanju problema, jer im to omogućava bržu i veću zaradu. U tom kontekstu, bez obzira na usavršavanje alata rudarenja, za očekivati je da se vremenom poveća količina potrošene električne energije odnosno emisija CO₂. Dakle, jedan od faktora koji utiču na povećanje emisije CO₂ je i hash rate, koji smo posmatrali u periodu septembar 2019 - januar 2022. godine.

1.2. Metod potrošnje električne energije bitcoina

Postoji još jedna važna dimenzija koju treba uzeti u obzir kada se raspravlja o potencijalu blokčejn tehnologije za poboljšanje klimatskih mera, a to je dimenzija o potrošnje električne energije. Kao što su nedavne studije pokazale, aspekt potrošnje energije za "tradicionalne" implementacije blokčejn tehnologije, kao što je bitcoin, izaziva značajne sumnje u pogledu skalabilnosti i održivosti tehnologije. Procenjuje se da sam bitcoin koristi istu količinu energije godišnje kao Irska ili Austrija, neki čak tvrde da se stiglo do nivoa godišnje potrošnje energije kao u Argentini, a što je zavisno od konkretnih okolnosti njegove primene (De Vries, 2018). Ovo je svakako značajan problem za bitcoin. U tehnološkoj zajednici je široko rasprostranjeno uverenje da je trenutni energetski problem prvenstveno povezan za logički mehanizam koji koristi blokčejn tehnologija. Dok bitcoin koristi logiku "Proof of Work", efikasnost sistema mogla bi se znatno poboljšati nakon upotrebe "Proof of Stake" ili "Proof of Authority" mehanizama, koji se uvode kao alternative. Godišnja potrošnja električne energije za rudarenje bitcoina je posmatrana u istraživanju po godinama i kumulativno za period od 2016. do 2022. godine.

1.3. Metod procene emisije CO₂

Sprovedeno je dosta studija o metodama procene emisije CO₂ na osnovu metoda proizvodnje električne energije. Udeo hash rate bitcoina u Kini je na prvom mestu u svetu, a udeo proizvodnje električne energije iz uglja je takođe visok. Stoga su Kinu istraživači oduvek smatrali zemljom sa najvećom potrošnjom energije i emisijom CO₂ kroz rudarenje kriptovaluta (Sang et al., 2022). Međutim, postoje velike razlike u energetskej strukturi pokrajina u Kini. Proizvodnja električne energije iz uglja čini 12,9% provincije Sičuan, a čak 84,1% proizvodnje električne energije unutrašnje Mongolije (Wimbush, 2018). Ova činjenica značajno utiče na nivo emisije CO₂ po pojedinim pokrajinama u Kini, što naglašava značaj izvora energije koja se troši na rudarenje bitcoina. Podaci o emisiji CO₂ izračunavaju se pomoću razmene parametara između metode proizvodnje električne energije i količine emisije CO₂, što je relativno jednostavna i univerzalna metoda računanja u području emisije CO₂ (Schulz, Feist, 2021). Svaki kilovatsat proizvodnje električne energije iz uglja ekvivalentan je 950 g emisije CO₂, 350 g emisije CO₂ za proizvodnju iz prirodnog gasa, 105 g emisije CO₂ za

proizvodnju iz solarne energije, 12 g emisije CO₂ za proizvodnju iz vetra, 4 g emisije CO₂ za hidroenergiju i 6 g emisije CO₂ za nuklearnu energiju. Podaci o proizvodnji električne energije potiču iz Statističkog pregleda svetske energije British Petroleum-a za 2021. godinu i kineskog statističkog godišnjaka za 2020. godinu (Sang et al., 2022). U istraživanju su prikazane godišnje i kumulativne emisije CO₂ za bitcoin u periodu 2016-2022. godine, kao i istorijski podaci emisije CO₂ bitcoina po izvorima energije u istom periodu.

2. REZULTATI I DISKUSIJA / RESULTS AND DISCUSSION

S obzirom da se period posmatranja hash rate bitcoina poklapa sa početkom i trajanjem pandemije COVID-19, može se uočiti i određeni uticaj pandemije na kretanja u rudarenju kriptovaluta preko procenjene apsolutne vrednosti hash rate. U posmatranom periodu procenjeni apsolutni hash rate na mesečnom nivou je u gotovo svim mesecima bio najveći u kopnenoj Kini ili u Sjedinjenim američkim državama, što ćemo kasnije i videti. Na grafikonu 1 je prikazano kretanje za procenjeni apsolutni hash rate na mesečnom nivou u posmatranom periodu:



Grafikon 1 - Procenjeni apsolutni hash rate na mesečnom nivou u Eh/s

Chart 1 - Estimated absolute monthly hash rate in Eh/s

Izvor / Source: Autor na osnovu podataka Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index

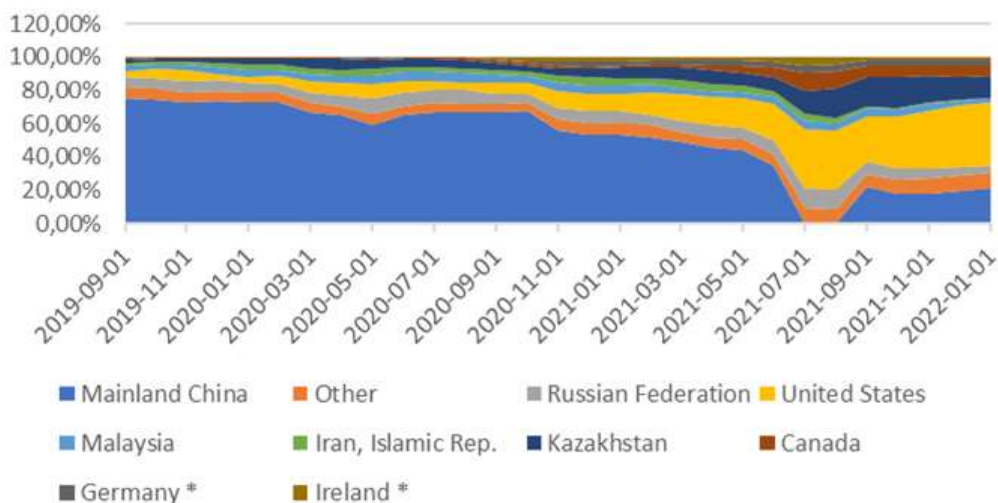
Kao što se na grafikonu 1 primećuje, negde od januara 2020. godine, odnosno od početka pandemije COVID-19, dolazi do konstantnog rasta procenjene apsolutne vrednosti hash rate na mesečnom nivou, i taj konstantan rast traje sve do maja 2021. godine, kada dolazi do naglog pada vrednosti, ali i početka njenog obnavljanja od septembra 2021. godine, sve do rekordne procenjene apsolutne vrednosti hash rate na mesečnom nivou januara 2022. godine. Ovi podaci nam precizno govore u prilog

činjenici da je u posmatranom periodu značajno povećan broj i snaga mašina koje su angažovane na rešavanju algoritama odnosno rudarenje bitcoina.

Na osnovu grafikona 2 ćemo pokušati da analiziramo prosečni mesečni procentualni udeo globalne vrednosti hash rate u posmatranim državama kroz vremensku seriju podataka, u ovom slučaju od septembra 2019. do januara 2022. godine. Jednostavno je uočiti da je do 01. jula 2021. godine, kopnena Kina imala najveći prosečni mesečni procen-

tualni udeo globalne vrednosti hash rate, što je sredinom 2021. godine prekinuto zabranom rudarenja kriptovaluta u kopnenoj Kini, od kada primat

preuzimaju Sjedinjene američke države, a još neke države poput Kazahstana su značajno uvećale svoje procentualno učešće u globalnoj vrednosti hash rate.



Grafikon 2 - Prosečni mesečni udeo globalne vrednosti hash rate po državama od septembra 2019. godine do januara 2022. godine

Chart 2 - Average monthly share of global hash rate by country from September 2019 to January 2022

Izvor / Source: Autor na osnovu podataka Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index

Kako je već navedeno, sledeći faktor preko kojeg se može pratiti emisija CO₂ odnosno uticaj primene blokčejn tehnologije kod rudarenja bitkoina ili neke druge kriptovalute jeste godišnja potrošnja električne energije za rudarenje bitkoina korišćenjem blokčejn tehnologije i ona je izražena po godinama i kumulativno za period od 2016. do 2022. godine. Podaci koje analiziramo u ovom delu istraživanja prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1 - Godišnja i kumulativna potrošnja električne energije za rudarenje bitkoina u periodu 2016-2022
Table 1 - Annual and cumulative electricity consumption for bitcoin mining in the period 2016-2022

Godina	Godišnja potrošnja u TWh	Kumulativna potrošnja u TWh
2016	2,521	6,8772
2017	8,1646	15,0417
2018	30,8381	45,8798
2019	32,1827	78,0625
2020	31,369	109,4315
2021	65,6094	175,0409
2022	57,6105	232,6514

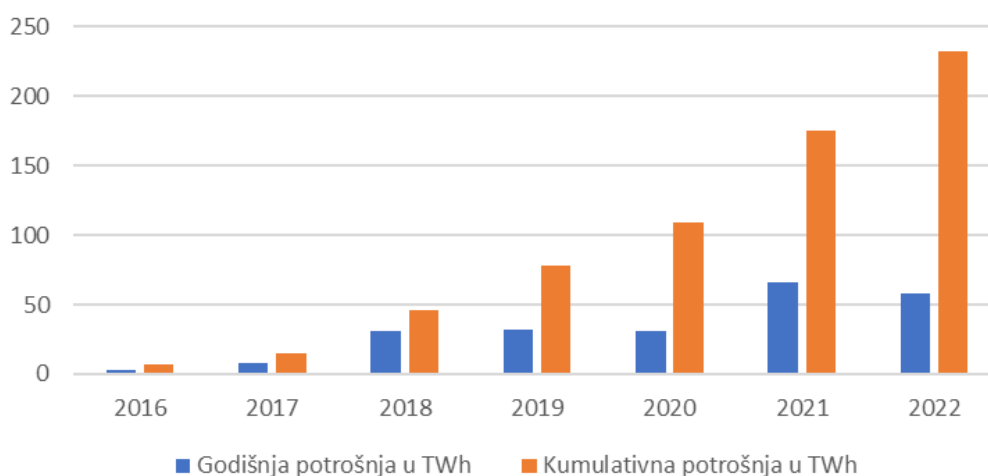
Na osnovu serije podataka o godišnjoj i kumulativnoj potrošnji električne energije za rudarenje bitkoina u posmatranom periodu, jednostavno je uočiti da se uz veoma male oscilacije godišnja potrošnja kontinuirano povećava, te da je u 2021.

godini bila za 2602,51% veća nego što je bila 2016. godine. Potrošnja električne energije za rudarenje bitkoina je posebno bila izražena tokom 2021. godine, kada je vrednost bitkoina na tržištu dostizala dosadašnji maksimum i kao što smo u uvodu naveli bila preko 100 puta veća nego 2016. godine. Navedeni podaci o godišnjoj i kumulativnoj potrošnji električne energije za rudarenje bitkoina u posmatranom periodu su prikazani na grafikonu 3, gde su razlike još uočljivije i vizuelno izraženije.

Još jedan važan podatak vezan za godišnju potrošnju električne energije prilikom rudarenja bitkoina je vezan za potrošnju električne energije po izvorima energije. Podaci raspoloživi za posmatrani period jasno govore o dominaciji dve vrste izvora energije koja se troši prilikom rudarenja bitkoina i generalno kriptovaluta. U pitanju su sledeći izvori energije: ugalj i voda. Poslednje dve posmatrane godine se ipak značajno smanjuje učešće hidroenergije među izvorima energije koji su korišćeni za rudarenje bitkoina, a povećava se učešće prirodnog gasa kao izvora energije. Imajući u vidu činjenicu da su u pitanju izvori energije od uglja i prirodnog gasa, evidentno je da se zbog ovog razloga u prethodne dve godine intenzivno povećava emisija CO₂ prilikom rudarenja bitkoina. Takođe, sa smanjenjem učešća hidroenergije kao izvora energije rudarenja bitkoina i generalno kriptovaluta, povećava se učešće ostalih obnovljivih izvora energije poput vetra i

sunca, kao i nuklearne energije. Svi ovi izvori energije proizvode električnu energiju koja je proizvedena uz značajno manju emisiju CO₂. Navedeni podaci o

prosečnoj potrošnji električne energije za rudarenje bitkoina po izvorima energije od 2019. do 2022. godine su dati po godinama pojedinačno u tabeli 2.



Grafikon 3 - Godišnja i kumulativna potrošnja električne energije za rudarenje bitkoina u periodu 2016-2022
Chart 3 - Annual and cumulative electricity consumption for bitcoin mining in the period 2016-2022
 Izvor / Source: Autor na osnovu podataka Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index

Tabela 2 - Prosečna potrošnja električne energije bitkoina po izvorima energije u periodu 2019-2022, u %
Table 2 - Average electricity consumption of bitcoin by energy sources in the period 2019-2022, in %

Godina	Ostali obnovljivi	Solarna	Vetro	Hidro	Nuklearna	Nafta	Gas	Ugalj
2019	0,32	1,57	5,35	38,93	3,16	1,13	9,83	39,65
2020	0,46	1,83	5,19	33,67	4,02	1,21	12,83	40,37
2021	1,23	2,73	6,02	18,5	8,85	1,47	22,92	38,23
2022	1,72	3,17	6,52	14,87	11,3	0,89	24,97	36,55

Konačno, u završnom delu rezultata i diskusije prat ćemo emisiju CO₂ tokom rudarenja bitkoina korišćenjem blokčejn tehnologije. U tabeli 3 su prikazana kretanja godišnje i kumulativne emisije CO₂ za bitkoin u periodu 2016-2022. godine, što nam omogućava da sagledamo fluktuacije koje su se događale u posmatranom periodu, a decidno možemo reći da su bile izraženo signifikantne kada su u pitanju vrednosti godišnjih emisija CO₂.

Slično kao i kod analize serije podataka potrošnje električne energije za rudarenje bitkoina u periodu od 2016. do 2022. godine, vrlo jednostavno se može uočiti da je emisija CO₂ prilikom korišćenja blokčejn tehnologije za rudarenje bitkoina bila na maksimumu tokom 2021. godine, kada je bitkoin dostizao svoje najveće vrednosti, i za 1930,69% veća nego na početku posmatranog perioda – tokom 2016. godine. Isto tako, ovaj pokazatelj je prema podacima iz istraživanja delimično, ali vrlo malo oscilirao naniže tokom prethodne 2022. godine.

Tabela 3 - Godišnje i kumulativne emisije CO₂ za bitkoin u periodu 2016-2022

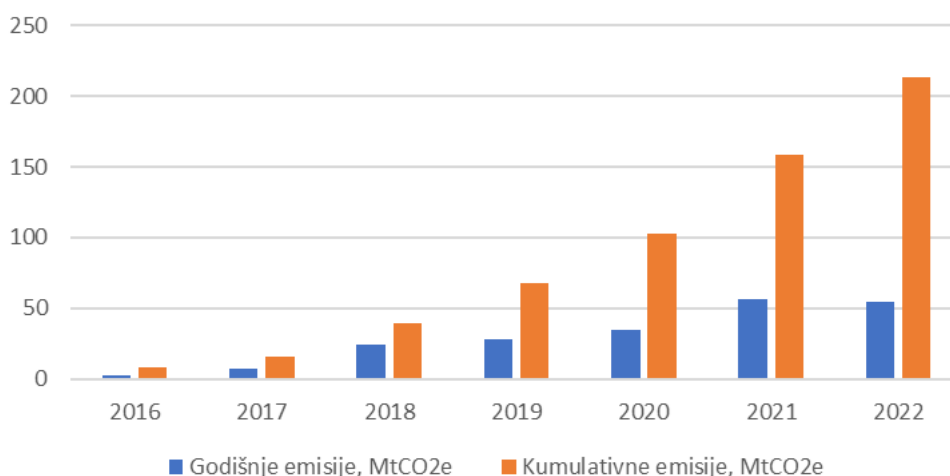
Table 3 - Annual and cumulative CO₂ emissions for Bitcoin in the period 2016-2022

Godina	Godišnje emisije MtCO ₂ e	Kumulativne emisije MtCO ₂ e
2016	2,9156	8,1749
2017	7,6489	15,8238
2018	23,9225	39,7463
2019	28,1272	67,8735
2020	34,372	102,2455
2021	56,2911	158,5366
2022	54,5482	213,0848

Podaci su hronološki dati paralelno sa podacima o potrošnji električne energije za rudarenje bitkoina u posmatranom periodu, što ide u prilog tezi da povećanje korišćenja električne energije za rudarenje bitkoina dovodi do povećanja emisije štetnih gasova odnosno CO₂, te je evidentno da postoji korelacija između ovih vrednosti. Vremensku seriju

podataka o godišnjoj emisiji CO₂ u navedenom periodu možemo iskazati grafikonom 4 koji prikazuje

taj skoro kontinuirani rast tokom sedmogodišnjeg perioda, uz manje jednogodišnje oscilacije.



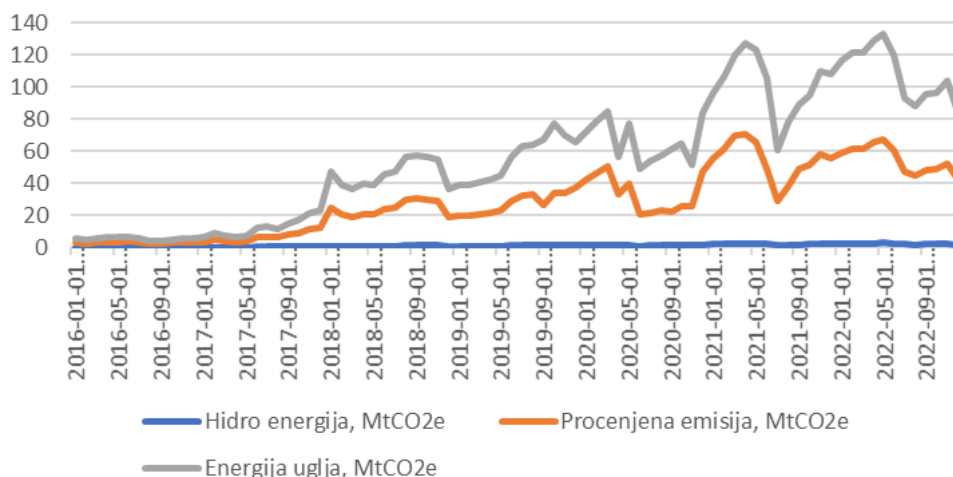
Grafikon 4 - Godišnje i kumulativne emisije CO₂ za bitcoin u periodu 2016-2022

Chart 4 - Annual and cumulative CO₂ emissions for bitcoin in the period 2016-2022

Izvor / Source: Autor na osnovu podataka Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index

Kada je u pitanju emisija CO₂ i njeno kretanje po pojedinim izvorima proizvodnje električne energije, možemo doneti neke dodatne zaključke o pravcima uticaja izvora potrošnje električne energije na emisiju CO₂. Jasno nam je da za rudarenje bitko-ina rešavanjem složenih matematičkih problema

nije isto koristiti uglj ili neki od obnovljivih izvora energije. U tom kontekstu su prikazani i istorijski podaci emisije CO₂ po izvorima proizvodnje električne energije kada su u pitanju voda i uglj, za period od 2016. do 2022. godine, u metričkim tonama (grafikon 5).



Grafikon 5 - Istorijski podaci emisija CO₂ bitko-ina po izvorima energije u periodu 2016-2022

Chart 5 - Historical data of Bitcoin CO₂ emissions by energy sources in the period 2016-2022

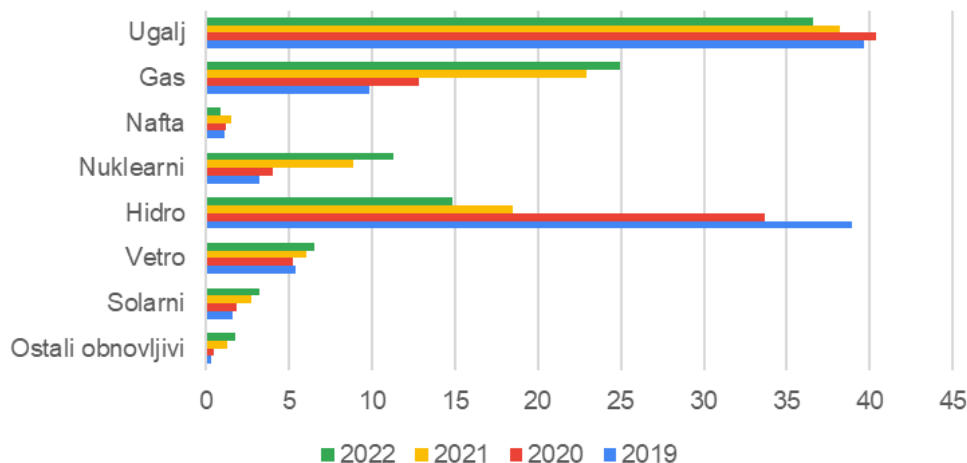
Izvor / Source: Autor na osnovu podataka Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index

Analizom date vremenske serije podataka odnosno grafikona 5 koji je dobijen na osnovu te vremenske serije, vrlo jednostavno ćemo doći do važnih zaključaka, vezanih za izvore energije koja se troši za rudarenje kriptovaluta, pre svega bitko-ina. Kao što vidimo na grafikonu 5, za rudarenje

bitko-ina u posmatranom periodu su se najviše koristile energija iz uglja i hidroenergija. Dok korišćenje energije iz uglja dovodi do izražene emisije CO₂, hidroenergija ima od svih izvora energije najmanju emisiju CO₂ (Riznić i dr., 2022).

Ipak u poslednje dve godine, kao što smo već rekli, dešavaju se promene kada su u pitanju izvori električne energije koji se koriste za rudarenje bitkoina, što možemo potvrditi analizom vremenske

serije podataka o prosečnoj potrošnji električne energije za rudarenje bitkoina procentualno po pojedinim izvorima, koja je prikazana grafikonom 6.



Grafikon 6 - Prosečna potrošnja električne energije bitkoina po izvorima energije u periodu 2019-2022, u %
 Chart 6 - Average electricity consumption of Bitcoin by energy sources in the period 2019-2022, in %
 Izvor / Source: Autor na osnovu podataka Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index

ZAKLJUČAK / CONCLUSION

Rezultati istraživanja su pokazali da posebno negativan uticaj na emisiju štetnih gasova ima intenzivna potrošnja energije kroz korišćenje Proof of Work blokčejn konsenzus modela, što naravno utiče i na klimatske promene. Ovaj negativan uticaj se ostvaruje na tri načina: povećanjem kapaciteta odnosno broja kompjuterskih jedinica koje rudare bitkoin i ostale kriptovalute, ujedno sa tim i povećanjem potrošnje električne energije za rudarenje bitkoina i drugih kriptovaluta i na kraju posledično povećanjem emisije CO₂ koje je najviše izraženo kroz upotrebu energije uglja i tokom 2021. i 2022. godine energije proizvedene iz prirodnog gasa. Rudarenje bitkoin kriptovalute značajno uvećava rizik za postizanje ciljeva Pariskog sporazuma o klimatskim promenama. Smanjenje emisije gasova sa efektom staklene baste možemo postići, pre svega štednjom energije i povećanjem energetske efikasnosti.

Evropska Unija sve više razmišlja o tome da bi mogla zabraniti intenzivno rudarenje kriptovaluta, upravo da bi smanjila negativan efekat emisije CO₂. Akteri u području klimatskih istraživanja i upravljanja neprestano rade na boljim tehnološkim alatima i modelima za predviđanje razmera i uticaja rizika povezanih sa klimom, ali se trenutno nijedna inovativna tehnologija ne primenjuje u većoj meri za poboljšanje finansiranja klimatskih promena. Hitno su potrebni inovativni oblici klimatskog finansiranja i proračuna za ublažavanje posledica, budući da su

potrebna velika ulaganja za značajno smanjenje emisija. Blokčejn tehnologija omogućava dublju tehnološku integraciju, standardizaciju i implementaciju novih biznis modela. Inovacije u infrastrukturnim uslugama kao što su transport, energija i voda, koje predstavljaju značajnu količinu globalnih emisija, mogle bi imati uticaj na smanjenje emisija. Izvesno je da primena blokčejn tehnologije preko izraženog negativnog uticaja na povećanje emisije ugljen-dioksida usled izražene potrošnje energije zbog funkcionisanja Proof to Work modela konsenzusa, ima direktan uticaj na klimatske promene. Nema nikakve sumnje da će pored daljeg razvoja i potencijalnih primena blokčejn tehnologije, do izražaja doći istraživanja i moguća poboljšanja korišćenja blokčejn tehnoloških rešenja na način da se smanji emisija štetnih materija, odnosno da se smanji negativan uticaj na klimatske promene.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Al Sadawi, A., Madani, B., Saboor, S., Ndiaye, M., Abu-Lebdeh, G. (2021), A comprehensive hierarchical blockchain system for carbon emission trading utilizing blockchain of things and smart contract, *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121124. DOI:10.1016/j.techfore.2021.121124
- [2] British Petroleum's Statistical Review of World Energy 2021 (2021). Available online: <https://bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

- [3] Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI). Available online: <https://ccaf.io/cbeci/ghg/index>
- [4] Coutinho, K., Wongthongtam, P., Abu-Salih, B., Abu Saleh, M., Khairwal, N. (2022), Carbon emission and cost of blockchain mining in a case of peer-to-peer energy trading, *Frontiers in Built Environment*, 8, 945944. DOI:10.3389/fbuil.2022.945944
- [5] De Vries, A. (2018), Bitcoin's Growing Energy Problem, *Joule*, 2(5), 801-805. DOI:10.1016/j.joule.2018.04.016
- [6] De Vries, A., Stoll, C. (2021), Bitcoin's growing e-waste problem, *Resour. Conserv. Recycl.*, 175, 105901. DOI:10.1016/j.resconrec.2021.105901
- [7] Hougan, M., Lawant, D. (2021), *Cryptoassets - The Guide to Bitcoin, Blockchain and Cryptocurrency for Investment Professionals*, CFA Institute Research Foundation, Charlottesville.
- [8] Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Vranken, H., Koomey, J., Malmodin, J. (2019), Implausible projections overestimate near-term Bitcoin CO₂ emissions, *Natural Climate Change*, 9, 653-654.
- [9] Mora, C., Rollins, R.L., Taladay, K., Kantar, M.B., Chock, M.K., Shimada, M., Franklin, E.C. (2018), Bitcoin emissions alone could push global warming above 2 C, *Natural Climate Change*, 8, 931-933.
- [10] OECD (2019), Blockchain technologies as a digital enabler for sustainable infrastructure, *OECD Environment Policy Papers*, No. 16, OECD Publishing, Paris. DOI:10.1787/0ec26947-en.
- [11] Oudani, M., Sebbar, A., Zkik, K., El Harraki, I., Belhadi, A. (2022), Green Blockchain based IoT for secured supply chain of hazardous materials, *Computers & Industrial Engineering*, 175, 108814. DOI:10.1016/j.cie.2022.108814
- [12] Pavićević, V. (2022), Uticaj blokčejn tehnologije na realizaciju ciljeva održivog razvoja, Međunarodna naučna konferencija *Održivi razvoj i zelena ekonomija*, Alfa BK Univerzitet, Novi Beograd, Knjiga apstrakata, str. 228, Beograd.
- [13] Riznić, D., Jevtić, A., Vuković, A., (2022), Menadžment aspekti zelene ekonomije i zelenog rasta, *Ecologica*, 29(107), 455-462. DOI:10.18485/ecologica.2022.29.107.21
- [14] Sang, X., Leng, X., Xue, L., Ran, X., (2022), Based on the time-spatial power-based cryptocurrency miner driving force model, establish a global CO₂ emission prediction framework after China bans cryptocurrency, *Sustainability*, 14(9), 5332. DOI:10.3390/su14095332
- [15] Schulz, K., Feist, M. (2021), Leveraging blockchain technology for innovative climate finance under the Green Climate Fund, *Earth System Governance*, 7, 100084. DOI:10.1016/j.esg.2020.100084
- [16] The 2020 China Statistical Yearbook, available at: <https://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2020/indexeh.htm>
- [17] Wimbush, S. (2018), Cryptocurrency mining is neither wasteful nor uneconomic, *Nature*, 555 (7697), 443. DOI:10.1038/d41586-018-03391-2.