

(Potencialni) vpliv tehnologije blockchain na podnebne spremembe

POVZETEK

Blockchain se na mnogih področjih uporablja kot porazdeljena baza podatkov in ima nekaj močnih točk, kot so zaupanje, preglednost, varnost, nespremenljivost, trajnost, disintermediacija in druge. Zaradi prednosti, ki jih ponuja, se mu vse več pozornosti namenja tudi pri naslavljanju okoljskih vprašanjih, kot so podnebne spremembe. Vendar družbeni in politični stroški ter koristi nastajajočih blockchain aplikacij, vsaj zaenkrat, ostajajo dvoumni.

Prav tako obstajajo druge ovire za tehnologijo veriženja blokov, zlasti za kriptovalute. Čeprav ima blockchain več področij, na katerih se uporablja, je najbolj znani po svoji ključni vlogi v sistemih kriptovalut, ki so v zadnjih letih doživele velik razmah kot inovativno sredstvo za izvajanje spletnih finančnih transakcij. Vendar so kriptovalute na drugi strani bile deležne številnih kritik in pritegnile k širšemu pogovoru o njihovi trajnosti, saj so mnogi strokovnjaki izrazili zaskrbljenost glede njihovega vpliva na okolje. Namreč, za obdelavo določenih transakcij kriptovalut, ki delujejo na principu dokazila o delu (PoW) je potrebna ogromna količina računalniške moči – in posledično električne energije (več kot je porabijo celotne države), kar povečuje sproščanje emisij CO₂ v ozračje ter posledično prispeva k skupnim učinkom globalnega segrevanja. Poleg tega ima tudi posebna strojna oprema, ki se uporablja za rudarjenje, svoje neizogibne negativne vplive na okolje, saj porablja ogromne količine vode za hlajenje in ustvarja znatne odpadke. V tem smislu imajo škodljiv vpliv na okolje; vendar je potrebno poudariti, da je prihodnost kriptovalut - z uveljavljanjem alternativnih metod soglasja in razvojem kriptovalut prihodnje generacije, pri čemer nekatere kriptovalute celo pomagajo okolju - videti obetavna, zlasti z novim poudarkom na trajnosti, ki mu sledijo celo vodilni v industriji, kot je *Ethereum*. Prav tako pa je potrebno opozoriti, da tudi rudarjenje zlata, kakor tudi tradicionalni finančni sistem zahtevata bistveno več energije.

Prav tako je potrebno upoštevati, da je tehnologija kljub svojemu razcvetu še vedno na začetku ter nudi ogromno potenciala za nadaljnji razvoj. Tudi vzpon t. i. zelenih pametnih pogodb - tj. sledljivih, transparentnih in nepovratnih samoizvršljivih pogodb, ki delujejo na osnovi blockchaine - kaže, da je blockchain veliko več kot samo osnova za digitalne valute ter ima potencial za prispevanje k boju proti podnebnim spremembam ter spodbujanje okoljske trajnosti. Ker lahko osnovna tehnologija prinese pomembne koristi, mora ostati, zato je treba prihodnje modele zasnovani brez odvisnosti od porabe energije, ki je tako nesorazmerna z njihovimi ekonomskimi ali socialnimi koristmi. Namesto da škodujeta planetu, sta lahko kriptovalute in blockchain dejansko sila za okoljsko dobro.

Kot je opisano v tem prispevku, **koncept kriptovalute in tehnologija, ki stoji za njo, sama po sebi ne ogroža okolja, težava pa izhaja iz pretiranih (strojnih in energetskih) potreb, potrebnih za njeno obdelavo** oziroma t. i. rudarjenje. Ker se bo povpraševanje po naprednejši

in zmogljivejši računalniški moči v prihodnjih desetletjih neizogibno povečalo, bi morale biti iskanje rešitev za spodbujanje obnovljive in trajnostne energije za vse sektorje trenutna prednostna naloga. Pri tem se ocenjuje, da bodo regulatorna ureditev in energetske politike ključni za naslavljanje izzivov, ki jih prinaša ta nova tehnologija. Ker se blockchain in sorodne digitalne tehnologije hitro razvijajo, morajo oblikovalci politik prilagoditi tudi predpise, da bi spodbudili razvoj prihodnjih energetskega sistemov in hkrati ublažili okoljska tveganja.

Čeprav so pred nami zagotovo izzivi, ima blockchain, kakor tudi kriptovalute, potencial, da nas popeljeta proti veliko bolj zelenemu finančnemu sistemu (in nenazadnje tudi planetu), pri čemer nas razprave spodbujajo, da pospešimo prehod na čiste vire energije, hkrati pa nam zagotavljajo orodja za to.

KLJUČNE BESEDE: podnebne spremembe, globalno segrevanje, blockchain, kriptovalute

KAZALO VSEBINE

<i>1</i>	<i>Uvod</i>	<i>4</i>
<i>2</i>	<i>Kaj sploh so kriptovalute oziroma blockchain?</i>	<i>4</i>
<i>3</i>	<i>Podnebna kriza in kriptokolonializem: kakšen je vpliv kriptovalut(e) na okolje?</i>	<i>5</i>
<i>4</i>	<i>Dekarbonizacija kriptovalut</i>	<i>10</i>
<i>5</i>	<i>Blockchain: neobičajna rešitev za zmanjšanje globalnega segrevanja?</i>	<i>12</i>
<i>6</i>	<i>Vendar ... ali za to res potrebujemo blockchain?</i>	<i>14</i>
<i>7</i>	<i>Sklep</i>	<i>15</i>
<i>8</i>	<i>Viri in literatura</i>	<i>17</i>

1 Uvod

Podnebne spremembe so danes eden (naj)večjih izzivov človeštva.¹ Glede na temperaturno analizo, ki jo vodijo znanstveniki *Goddardovega inštituta za vesoljske študije* (GISS),² se je povprečna globalna površinska temperatura na Zemlji od leta 1880 povišala za vsaj 1,1°C,³ znanstveniki in okoljevarstveniki pa opozarjajo, da - če se v naslednjem desetletju nič ne bo spremenilo - se lahko globalno segrevanje do leta 2050 dvigne za približno 1,5°C, kar lahko privede do podnebnih sprememb s katastrofalnimi posledicami.⁴

Medtem ko lahko naravna spremenljivost včasih prispeva k dvigu globalnih temperatur, večina študij kaže, da so prav človeške dejavnosti tiste, ki so odgovorne za trenutne podnebne spremembe.⁵ S porastom digitalnih izdelkov pa se naše dejavnosti in vsakdanje življenje vedno bolj premikajo na splet, pri čemer so v zadnjih letih zlasti kriptovalute doživele velik razmah. Vendar, kakšen je dejansko vpliv kriptovalut oziroma tehnologije blockchain na podnebne spremembe? Ali tehnologija blockchain predstavlja neobičajno rešitev za zmanjšanje globalnega segrevanja, ali nekaj, kar nas bo približalo 1,5°C? Zagovarja se, da tehnologija blockchain lahko pomaga zmanjšati globalno segrevanje, vendar se hkrati opozarja, da lahko zgolj kriptovalute dvignejo globalno temperaturo za 2°C. Pa je temu res tako?

Ta prispevek obravnava potencialni vpliv tehnologije blockchain na podnebne spremembe tako, da preučuje, kako je mogoče izkoristiti široko paleto priložnosti, ki jih ta tehnologija ponuja za naslavljanje okoljskih oziroma podnebnih izzivov; ter hkrati preučuje vpliv kriptovalut(e) na okolje s poudarkom na podnebnih spremembah. Prispevek zaradi obsežnosti preučevane teme nima in tudi ne more imeti namena izčrpno in vsestransko analizirati vseh možnih rešitev, ki jih ponuja blockchain oziroma predstaviti celovitega vpliva kriptovalut na podnebne spremembe, zato je prispevek omejen in osredotočen zgolj na bistvene vidike ter kot tak ponuja splošen pregled potencialnih možnosti in učinkov.

2 Kaj sploh so kriptovalute oziroma blockchain?

Da bi lahko razumeli vpliv tehnologije blockchain na podnebne spremembe, moramo najprej vedeti, kaj je in kako deluje, ter razlikovati med pojmom blockchain in kriptovalute. Namreč, čeprav se izraza pogosto uporabljata zamenljivo, obstajajo med njima pomembne razlike.

Kriptovalute so digitalne valute (kot na primer *Bitcoin*, *Ether*, ipd.),⁶ ki **uporabljajo tehnologijo blockchain za shranjevanje in preverjanje transakcij**.⁷ Prvotni namen kriptovalut (oziroma, natančneje Bitcoina) je bil ustvariti alternativni, decentraliziran plačilni

¹ Glej 'Climate Change is One of the Biggest Challenges of Our Times', European Environmental Agency, URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/climate-change-is-one-of> [10. 7. 2022].

² Glej GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP V4).', National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies, URL: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/> [10. 7. 2022].

³ Povzeto po 'World of Change: Global Temperatures', NASA Earth observatory, URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures> [10. 7. 2022].

⁴ Povzeto po John Taskinsoy, 'Blockchain: An Unorthodox Solution to Reduce Global Warming', *PSN: Exchange Rates & Currency* (2019).

⁵ Povzeto po 'World of Change: Global Temperatures', op. cit. 3.

⁶ Začenši z Bitcoinom leta 2009, imamo sedaj več kot 12.000 kriptovalut, ki jim je skupna tehnologija blockchain.

Glej Lyle Daly, How Many Cryptocurrencies Are There?, *The Motley Fool*, 27. junij 2022, URL: <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/how-many-cryptocurrencies-are-there/> [10. 7. 2022].

⁷ Povzeto po Kate Ashford, 'What Is Cryptocurrency?', *Forbes*, 6. junij 2022, URL: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-cryptocurrency/> [10. 7. 2022].

sistem, vendar se danes bolj kategorizirajo kot nova naložbena možnost (in ne kot digitalna gotovina ali nadomestni plačilni sistem).⁸

Blockchain oziroma tehnologija veriženja blokov je, preprosto povedano, **nespremenljiv zapis časovno označenih nizov podatkov**, oziroma z drugimi besedami decentralizirana digitalna zbirka podatkov, ki shranjuje transakcije in druge oblike podatkov.⁹ Je torej tehnologija, ki med drugim omogoča obstoj kriptovalut; vendar pa ni omejena le na te, temveč je potencial njene uporabe bistveno večji.¹⁰ Namreč, zaradi načina delovanja so **zapisi (načeloma) odporni na spremembe – to pomeni, da so podatki trajno zabeleženi, zaradi česar naj bi bili preverljivi, transparentni in verodostojni.**¹¹

3 Podnebna kriza in kriptokolonializem: kakšen je vpliv kriptovalut(e) na okolje?

Čeprav ima blockchain več področij, na katerih se uporablja, je najbolj znani po svoji ključni vlogi v sistemih kriptovalut, ki so v zadnjih letih doživele velik razmah kot inovativno sredstvo za izvajanje spletnih finančnih transakcij. Vendar so kriptovalute na drugi strani bile deležne številnih kritik in pritegnile k širšemu pogovoru o njihovi trajnosti, saj so mnogi strokovnjaki¹² izrazili zaskrbljenost glede njihovega vpliva na okolje.¹³

Namreč, kriptovalute ali - natančneje - pridobivanje oziroma obdelava¹⁴ določenih kriptovalut je energetsko zelo potratno, saj Bitcoin in druge kriptovalute, ki delujejo na principu porazdeljenega soglasja dokazila o delu (PoW) zahtevajo velike količine energije – več, kot je porabijo celotne države¹⁵ – za izvajanje izračunov, povezanih s kriptorudarjenjem kar povečuje

⁸ Povzeto po Joe Liebkind, 'Bitcoin Years Later: Was the Nakamoto White Paper Right?', Investopedia, 20. maj 2022, URL: <https://www.investopedia.com/tech/return-nakamoto-white-paper-bitcoins-10th-birthday/> [10. 7. 2022]. Glej tudi Aaron Hankin, 'How bitcoin has failed to achieve Satoshi Nakamoto's original intent, in one chart', MarketWatch, 1. november 2018, URL: <https://www.marketwatch.com/story/how-bitcoin-has-failed-to-achieve-satoshi-nakamotos-original-intent-in-one-chart-2018-11-01> [10. 7. 2022]; Satoshi Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> [10. 7. 2022].

⁹ Glej Alex Hughes et al., 'Beyond Bitcoin: What Blockchain and Distributed Ledger Technologies Mean for Firms', *Business Horizons*, št. 62 (2019).

¹⁰ Povzeto po 'Blockchain vs. Cryptocurrency', zebpay, 18. oktober 2021, URL: <https://zebpay.com/blog/blockchain-vs-cryptocurrency/> [10. 7. 2022].

¹¹ Povzeto po Adam Hayes, 'What Is a Blockchain?', Investopedia, 24. junij 2022, URL: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp> [10. 7. 2022].

¹² Po mnenju Mihm (2017) in Carstens (2018) bitcoin hitro postaja resnična okoljska katastrofa, vendar je potrebno opozoriti, da se za takšnimi trditvami lahko skrivajo prikrite obtožbe, da je poraba električne energije kriptovalut manj legitimna ali družbeno manj vredna kot poraba električne energije v šolah, bolnišnicah, gospodinjstvih in pisarnah, ipd..

Glej 'Bitcoin Freeloads on Institutions' Trust, Warns BIS', Financial Times, URL: <https://www.ft.com/content/47127c32-0b35-11e8-839d-41ca06376bf2>; Diego Zuluaga, 'Why Bitcoin Is Not an Environmental Catastrophe', CATO Institute, 4. september 2018, URL: <https://www.cato.org/blog/why-bitcoin-not-environmental-catastrophe>; Stephen Mihm, 'Bitcoin Is a High-Tech Dinosaur Soon to Be Extinct', Bloomberg, *Opinion*, 31. december 2013, URL: <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2013-12-31/bitcoin-is-a-high-tech-dinosaur-soon-to-be-extinct> [10. 7. 2022].

¹³ Povzeto po Jon Truby, 'Decarbonizing Bitcoin: Law and Policy Choices for Reducing the Energy Consumption of Blockchain Technologies and Digital Currencies', *Energy Research & Social Science*, št. 44 (2018); Pasquale Giungato et al., 'Current Trends in Sustainability of Bitcoins and Related Blockchain Technology', *Sustainability* 9, št. 12 (2017).

¹⁴ Na splošno je rudarjenje kriptovalut avtomatiziran (konkurenčni) postopek, ki preverja in dodaja nove transakcije v verigo blokov za kriptovaluto, ki uporablja metodo dokazila o delu (PoW). Nagrada za reševanje teh zapletenih matematičnih problemov je sprostitev nekaterih novih kriptovalut rudarju ali transakcijska provizija, zaradi česar je rudarjenje potencialno donosen podvig. Povzeto po 'Crypto Mining', PC mag, URL: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/crypto-mining> [10. 7. 2022].

¹⁵ Po poročilih analitika Bitcoinov Vriessa, je porast Bitcoinov v dveh mesecih povzročil povečanje ocenjenega letnega izčrpanja energije s 25 TWh na 30 TWh, kar je enako porabi energije več kot 19 evropskih držav (Dwyer & Malone, 2014) in približno 0,7 odstotka celotne potrebe energije v ZDA, kar je enako porabi energije 2,8 milijona ameriških gospodinjstev

sproščanje emisij CO₂¹⁶ v ozračje, ter posledično prispeva k skupnim učinkom globalnega segrevanja.¹⁷ Glede na študijo skupine iz Univerze na Havajih Manoa bi lahko samo **Bitcoin**, če nadaljuje svojo pot, **ustvaril zadostne količine emisij CO₂ za dvig globalnih temperatur na(d) 2°C v manj kot treh desetletjih.**¹⁸

Namreč, število Bitcoinov, ki jih je mogoče »izkopati«, je omejeno - in več kot je Bitcoinov izkopanih, bolj zapleteni so matematični problemi, katerih rešitev je potrebna za njihovo uspešno pridobivanje.¹⁹ Tako računalniki potrebujejo več moči za obdelavo več informacij in s tem več dela za reševanje kompleksnih matematičnih problemov, ki omogočajo pridobivanje novih Bitcoinov,²⁰ posledično pa zahtevajo tudi več energije.²¹

Čeprav ni neposrednega načina za izračun, **koliko energije se porabi za rudarjenje ali transakcije kriptovalut**, je mogoče številko oceniti na podlagi delovanja omrežja in porabe komercialno dostopnih rudarskih naprav.²² *Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index* ocenjuje, da Bitcoin, ki je le ena izmed kriptovalut, porabi približno 82,97 TWh (teravatnih ur) električne energije na leto.²³ Ocena spletnega mesta za analitiko kriptovalut *Digiconomist* postavlja številko na 131,91 TWh električne energije na leto.²⁴ Ethereum, drugo največje omrežje kriptovalut, naj bi porabil 62,87 TWh električne energije na leto.²⁵

(Atkin, 2017); študija, objavljena v *Joule*, je pokazala, da rudarstvo Bitcoinov porabi neverjetnih 2,55 gigavatov, kar je enako energiji, ki jo letno porabi Irska.

Povzeto po Modesta Egiyi in Grace Ofoegbu, 'Cryptocurrency and Climate Change: An Overview', *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)* 11, št. 3 (2020), str. 19; Emily Atkin, 'The Environmental Case Against Bitcoin', *The New Republic*, URL: <https://newrepublic.com/article/146099/environmental-case-bitcoin> [10. 7. 2022]; David Malone in K.J. O'Dwyer, *Bitcoin Mining and Its Energy Footprint* (2014); Truby, op. cit. 13.

¹⁶ Povzeto po Nathan Reiff, 'What's the Environmental Impact of Cryptocurrency?', *Investopedia*, 9. julij 2022, URL: <https://www.investopedia.com/tech/whats-environmental-impact-cryptocurrency/> [10. 7. 2022].

¹⁷ Študija, objavljena v *Nature Climate Change*, je prav tako pokazala, da poleg vpliva kriptovalut na globalno segrevanje emisije iz prometnega sektorja, stanovanj in hrane največ prispevajo k nenehnim neugodnim podnebnim spremembam.

Glej Egiyi in Ofoegbu, op. cit. 15, str. 20.

¹⁸ Povzeto po Camilo Mora et al., 'Bitcoin Emissions Alone Could Push Global Warming above 2°C', *Nature Climate Change* 8 (2018); Egiyi in Ofoegbu, op. cit. 15, str. str. 18.

¹⁹ Sistem je bil zgrajen na način, ki je podoben rudarjenju naravnih virov, in sicer stroški in prizadevanja naraščajo, ko sistem doseže končno mejo virov.

Glej Truby, op. cit. 13, str. 2. Glej tudi Jeff Spross, 'Is Bitcoin Worth the Energy? (Analysis)', *The Week*, 11. december 2017, URL: <https://theweek.com/articles/742253/bitcoin-worth-energy> [10. 7. 2022].

²⁰ Natančneje, ko se dobava novih »kovancev« upočasni, je posledica PoW postopka, da se mora računalniški napor za njihovo rudarjenje nujno povečati, kar zahteva vedno večje količine električne energije. Tako »čudna matematika« zagotavljanja kriptovalut, ki temelji na procesu PoW, ustvarja intenzivno rabo virov električne energije kar lahko povzroči negativne - in naraščajoče - okoljske in zdravstvene stroške. *Giungato* demonstrira, da je bil Bitcoinov sistem zasnovan tako, da bo v prihodnosti zahteval še večjo računalniško moč, in posledično porabo električne energije, prav tako pa bo z višjo vrednostjo Bitcoina, večja tudi spodbuda za njegovo rudarjenje.

Povzeto po Andrew Goodkind, Benjamin Jones in Robert Berrens, 'Cryptodamages: Monetary Value Estimates of the Air Pollution and Human Health Impacts of Cryptocurrency Mining', *Energy Research & Social Science* 59 (2020); Hughes et al., op. cit. 9, str. 14-18; Egiyi in Ofoegbu, op. cit. 15, str. 19-20.

²¹ Povzeto po Egiyi in Ofoegbu, op. cit. 15, str. 19.

²² Vendar je določanje ogljičnega odtisa kriptovalut zahtevno, saj se skupno število kriptovalut dnevno spreminja in jim ni mogoče slediti.

Povzeto po Arshad Maheen, 'Are Cryptocurrencies Harming the Environment?', *Earth.org*, 6. februar 2020, URL: <https://earth.org/are-cryptocurrencies-harming-the-environment/> [10. 7. 2022].

²³ Glej 'Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index', *University of Cambridge*, URL: <https://ccaf.io/cbeci/index/comparisons> [10. 7. 2022].

²⁴ Glej 'Bitcoin Energy Consumption Index', *Digiconomist*, URL: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> [10. 7. 2022].

²⁵ Glej 'Ethereum Energy Consumption Index', *Digiconomist*, URL: <https://digiconomist.net/ethereum-energy-consumption> [10. 7. 2022].

Izračun **ogljičnega odtisa kriptovalut(e)** je bolj zapleten.²⁶ Izraz ogljični odtis (angleško »carbon footprint«) je mogoče opredeliti kot »količino plinastih emisij, ki so pomembne za podnebne spremembe (plini z učinkom tople grede)²⁷ in so povezane s človeško proizvodnjo ali porabo«. ²⁸ Ogljični odtis je sicer mogoče izračunati in ovrednotiti,²⁹ vendar je zaradi volatlnosti kriptovalut težko določiti njihov točen ogljični odtis. Namreč zaradi same narave Bitcoina - oziroma njegove decentraliziranosti in anonimnosti - je težko natančno ugotoviti, kolikšen delež električne energije, ki jo porabi Bitcoin izvira iz obnovljivih virov energije. Globalno se ocene o uporabi obnovljivih virov energije gibljejo od približno 25 % do 75 %.³⁰ *Coinshares*, podjetje za upravljanje in analizo sredstev v kriptovalutah, navaja, da je 74,1 % električne energije, ki jo porabi Bitcoin, proizvedene iz obnovljivih virov, zaradi česar je »bolj usmerjen v obnovljive vire energije kot skoraj katera koli druga velika industrija na svetu«. ³¹ Vendar pa študija Univerze v Cambridgeu ugotavlja, da čeprav ima 76 % rudarjev v svoji energetski mešanici obnovljive vire energije, le 39 % energije, ki jo porabijo ti rudarski obrati, prihaja iz obnovljivih virov, premog pa predstavlja 38 % virov energije rudarjev.³² Novejši trendi sicer kažejo, da rudarjenje kriptovalut iz dneva v dan postaja bolj zeleno. Glede na raziskavo, ki jo je objavil Svet za rudarjenje Bitcoinov (ang. *Bitcoin Mining Council*), se ocenjuje, da 58,5 % energije svetovnega sektorja rudarjenja Bitcoinov napajajo obnovljivi viri,³³ pri čemer se predvideva, da bo - glede na inherentno spodbudo rudarjev, da zmanjšajo stroške energije in dejstvo, da je čista energija najcenejši vir energije v nekaterih državah - delež zelene energije hitro naraščal, še zlasti v državah, ki si močno prizadevajo za

²⁶ Poraba energije ni enakovredna emisijam ogljika. Obstaja pomembna razlika med tem, koliko energije sistem porabi in koliko ogljika odda. Medtem ko je določanje porabe energije razmeroma preprosto, pa emisij ogljika ni mogoče izračunati, ne da bi poznali natančno mešanico energije – to je sestavo različnih virov energije, ki se uporablja za rudarjenje kriptovalut. Glej Nic Carter, *How Much Energy Does Bitcoin Actually Consume?*, Harvard Business Review, 5. maj 2021, URL: <https://hbr.org/2021/05/how-much-energy-does-bitcoin-actually-consume> [13. 7. 2022].

²⁷ Ogljični odtis upošteva sedem TPG iz Kjotskega protokola: ogljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄), dušikov oksid (N₂O), hidrofluorogljikvodiki (HFC), perfluorogljikvodiki (PFC), žveplov heksafluorid (SF₆) in dušikov trifluorid ((NF₃)₃). Glej António Miguel Rosado da Cruz et al., *Blockchain-Based Traceability of Carbon Footprint: A Solidity Smart Contract for Ethereum*, 2020, str. 258.

²⁸ Povzeto po T. Wiedmann in J. Minx, 'A Definition of Carbon Footprint', in C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends* (Hauppauge NY, USA: Nova Science Publishers, 2008), str. 1–11.

²⁹ Različni TGP v ozračju trajajo različno dolgo in absorbirajo različne količine toplote. Ogljični odtis merimo v tonah ekvivalenta CO₂ (tj. CO₂e), kar omogoča opis različnih TGP v skupni enoti. Glej 'Greenhouse Gases', Copernicus, URL: <https://climate.copernicus.eu/greenhouse-gases> [10. 7. 2022].

³⁰ Jones, docent za ekonomijo na Univerzi v Novi Mehiki, čigar raziskave vključujejo okoljski vpliv rudarjenja kriptovalut, ocenjuje, da – kolikor lahko ugotovimo - se še vedno uporabljajo večinoma fosilna goriva, vendar se to razlikuje glede na sezonske čase in tudi od države do države, zato so podane tako različne ocene. Na primer na Norveškem, kjer imajo dostop do vodne energije in drugih obnovljivih virov energije, so rudarji bitcoinov v državi bolj okolju prijazni kot praktično povsod drugje na svetu, saj obnovljivi viri energije predstavljajo 100 % zmogljivosti Norveške za proizvodnjo električne energije.

Povzeto po Jon Huang, Claire O'Neill in Hiroko Tabuchi, *Bitcoin Uses More Electricity Than Many Countries. How Is That Possible?*, The New York Times, 3. september 2021, URL: <https://www.nytimes.com/interactive/2021/09/03/climate/bitcoin-carbon-footprint-electricity.html> [13. 7. 2022]; in Aakanksha Chaturvedi, *Earth Day-How much renewable energy does Bitcoin mining use*, BusinessToday.In, 22. april 2022, URL: <https://www.businesstoday.in/crypto/story/earth-day-how-much-renewable-energy-does-bitcoin-mining-use-330875-2022-04-22> [13. 7. 2022].

Glej tudi Sean Stein Smith, *Crypto Power Usage Is Helping To Spur Renewable Energy Investments*, Forbes, 5. junij 2022, URL: <https://www.forbes.com/sites/seansteinsmith/2022/06/05/crypto-power-usage-is-helping-to-spur-renewable-energy-investments/?sh=5c2bbc9e2cb6> [13. 7. 2022].

³¹ Povzeto po Irfan Umair, 'Bitcoin Is an Energy Hog. Where Is All That Electricity Coming From?', Vox, 18. junij 2019, URL: <https://www.vox.com/2019/6/18/18642645/bitcoin-energy-price-renewable-china> [10. 7. 2022].

³² Glej Apolline Blandin et al., 'University of Cambridge: 3rd Global Cryptoasset Benchmarking Study' (CCAF publications, 2020), URL: <https://www.jbs.cam.ac.uk/faculty-research/centres/alternative-finance/publications/3rd-global-cryptoasset-benchmarking-study/> [10. 7. 2022].

³³ Povzeto po Aakanksha Chaturvedi, op. cit. 30.

dekarbonizacijo.³⁴ Prav tako se zagovarja, da lahko kriptosredstva pomagajo spodbuditi inovacije zelene energije.³⁵

Različne organizacije so tako podale različne ocene, in sicer študija iz leta 2019 v znanstveni reviji *Joule* ocenjuje, da se letne emisije CO₂ zaradi dejavnost rudarjenja Bitcoinov gibljejo med 22 in 22.9 Mt (metričnih ton) CO₂,³⁶ medtem ko *Digiconomist* to številko ocenjuje na 73.13 Mt CO₂ za dejavnost rudarjenja Bitcoina.³⁷

Okoljska nevarnost glede uporabe kriptovalut tako izhaja iz velikega ogljičnega odtisa (in okoljske obremenitve), ki ga povzroča tako majhen delež svetovnih brezgotovinskih transakcij, kakor tudi iz njihovega potenciala za splošno vključitev v številne tehnologije.³⁸ Poleg tega je trenutno v uporabi na tisoče drugih kriptovalut poleg Bitcoina, ki še naprej rastejo v priljubljenosti, kar še dodatno povečuje pritisk na svetovno porabo energije.³⁹

Poleg tega ima tudi sama strojna oprema, ki se uporablja za rudarjenje, svoje neizogibne negativne vplive na okolje, saj ustvarja znatne elektronske odpadke.⁴⁰ Namreč rudarji kriptovalut neprestano vodijo skladišča, polna visoko namenske strojne opreme,⁴¹ saj je trenutno zaradi zapletenosti računskih problemov za rudarjenje potrebna specializirana oprema, znana kot *Application Specific Integrated Circuit* (ASIC).⁴² Razen tega imajo rudarski obrati velike količine strojne opreme, ki jo je treba ohladiti, zaradi česar se porablja ogromne količine vode.⁴³

Glede na to, da ni neposrednega načina za izračun, koliko energije porabi posamezna kriptovaluta oziroma iz kakšnih virov prihaja ta energija, ter je težko določiti, kakšen je njen ogljični odtis, javno dostopne informacije pa so zgolj predvidevanja, ki so na drugi strani še različna, je te informacije za vzeti s kančkom dvoma in skepticizma. Rudarjenje kriptovalut absolutno porabi precejšnje količine moči in energije, vendar to zgreši širšo in pomembnejšo točko - ali gre pri kriptovalutah navsezadnje nujno za slabo porabo energije oziroma ali večji problem, kot koliko energije zahtevajo kriptovalute, predstavlja vprašanje, kakšen je vir te energije? *Hatton*, vodja IT pri Greenpeace U.K., je v intervjuju za CNBC dejal, da je pomembnejši vidik, da »v veliki meri napajamo tehnologijo 21. stoletja z viri energije iz 19.

³⁴ Povzeto po Bill Kemp, Pierre Samaties, Feroz Sanaulla in Christine Vaughan, Implications of the crypto economy for the electric system, Roland Berger, 4. april 2022, URL: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/How-crypto-mining-will-transform-the-energy-industry.html> [13. 7. 2022].

³⁵ Čeprav se na prvi pogled zdi paradoksalno, lahko vse večja moč, ki jo uporablja kriptoindustrija, sčasoma dejansko utre pot učinkovitejšim in bolj zelenim rešitvam. Glej Sean Stein Smith, op. cit. 30.

³⁶ Povzeto po Christian Stoll, Lena Klaaßen, in Ulrich Gallersdörfer, 'The Carbon Footprint of Bitcoin', *Joule* 3 (2019).

³⁷ Glej 'Bitcoin Energy Consumption Index', op. cit. 24.

³⁸ Povzeto po Truby, op. cit. 13.

³⁹ Povzeto po Maheen, op. cit. 22.

⁴⁰ Po podatkih Digiconomista omrežje Bitcoin vsako leto ustvari približno 35.23 kt elektronskih odpadkov.

Glej 'Bitcoin Energy Consumption Index', op. cit. 24. Glej tudi Renee Cho, 'What Can We Do About the Growing E-Waste Problem?', Columbia Climate School, 27. avgust 2018, URL: <https://news.climate.columbia.edu/2018/08/27/growing-e-waste-problem/> [10. 7. 2022].

⁴¹ Prvotno je bil za rudarjenje potreben le dostop do električne energije, računalniška strojna oprema, povezava z internetom / omrežjem in velik odmerek podjetniškega duha. Glej Richard Adams, Beth Kewell in Glenn Parry, 'Blockchain for Good? Digital Ledger Technology and Sustainable Development Goals', v *Handbook of Sustainability and Social Science Research*, (Cham: Springer International Publishing, 2018), str. 127–140.

⁴² Povzeto po Eginy in Ofoegbu, op. cit. 15, str. 20.

⁴³ Greenidge - nekdanja elektrarna na premog v Dresdnu v New Yorku, ki se je preusmerila na zemeljski plin in začela rudariti Bitcoin - za hlajenje vsak dan črpa do 526 172 238 litrov sveže vode iz jezera Seneca, ki jo nato izpusti za približno 30 do 50°F višjo temperaturo od povprečne temperature jezera, kar ogroža divje živali in ekologijo jezera.

Povzeto po Renee Cho, 'Bitcoin's Impacts on Climate and the Environment', Columbia Climate School, 20. september 2021, URL: <https://news.climate.columbia.edu/2021/09/20/bitcoins-impacts-on-climate-and-the-environment/> [10. 7. 2022].

stoletja.«⁴⁴ Ker se bo povpraševanje po naprednejši in zmogljivejši računalniški moči v prihodnjih desetletjih neizogibno povečalo, bi moralo biti iskanje rešitev za spodbujanje obnovljive in trajnostne energije za vse sektorje trenutna prednostna naloga.⁴⁵

Pomembno je tudi omeniti, da - kljub ugotovitvam, da v primerjavi z drugimi običajnimi digitalnimi denarnimi ali finančnimi dejavnostmi poraba električne energije za rudarjenje Bitcoinov od leta 2015 narašča⁴⁶ - tradicionalni mednarodni finančni sistem zahteva bistveno več energije kot omrežje Bitcoin.⁴⁷ Namreč, tradicionalna plačilna omrežja imajo običajno velike korporativne strukture, pri čemer vsi različni deli, ki sestavljajo to celotno globalno bančno omrežje – bančni podatkovni centri, podatkovni centri kartičnega omrežja, bankomati in bančne podružnice – porabijo veliko energije za omogočanje transakcij.⁴⁸ Prav tako po poročanju *Bloomberg* tradicionalni finančni sektor zagotavlja financiranje nekaterih okolju najbolj škodljivih projektov.⁴⁹

Prav tako je tudi tradicionalno rudarjenje zlata ekološko zelo destruktivno. *Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index* ocenjuje, da rudarjenje zlata porabi približno 131 TWH električne energije na leto (porabo Bitcoina ocenjujejo na 85,74 TWh električne energije na leto).⁵⁰ Nadalje je to industrijski sektor, ki je močno odvisen od fosilnih goriv. Celo glavna lobistična veja industrije, *Svetovni svet za zlato*, je priznal ogromen ogljični odtis in v nedavnem poročilu poudaril, da se morajo emisije industrije v naslednjih 30 letih zmanjšati za 80 %, da bi dosegli cilje Pariškega podnebnega sporazuma.⁵¹

Vsaka velika industrija prav tako porabi velike količine električne energije, pri čemer ta primerjava nima namena ponujati opravičil ali izgovorov oziroma dajati dvomov o drugih panogah, temveč želi poudariti, da sta poraba in uporaba energije dejstvo, ki ga mora vsaka industrija znati utemeljiti. Z drugimi besedami, treba je odgovoriti na vprašanje, ali je moč in potencial, ki ga imajo kriptovalute, vreden tega? To odpira vrata obsežnejšim vprašanjem, ki bi jih bilo treba obravnavati, in sicer, katera energetska vprašanja bi morali imeti v mislih vlagatelji in oblikovalci politik, ko se pogovori o energiji in kriptovalutah še naprej razvijajo?⁵² Odločitev, za katere dobrine in storitve je »vredno« porabiti ta sredstva, je navsezadnje v resnici vprašanje vrednot.⁵³

⁴⁴ Povzeto po Ryan Browne, 'Bitcoin's Wild Ride Renews Worries about Its Massive Carbon Footprint', CNBC, 5. februar 2021, URL: <https://www.cnbc.com/2021/02/05/bitcoin-btc-surge-renews-worries-about-its-massive-carbon-footprint.html> [10. 7. 2022].

⁴⁵ K temu strmi tudi pobuda *Crypto Climate Accord*, ki jo podpira 40 projektov, s ciljem, da bi blockchain do leta 2025 deloval na 100-odstotno obnovljivo energijo in da bi celotna industrija kriptovalut do leta 2040 dosegla neto ničelne emisije. Glej 'Make Crypto Green', Crypto Climate, URL: <https://cryptoclimate.org> [10. 7. 2022].

⁴⁶ Povzeto po Egiji in Ofoegbu, op. cit. 15, str. 16.

⁴⁷ Glej na primer Graeme Massie, 'Bitcoin Mining Actually Uses Less Energy than Traditional Banking, New Report Claims', Independent, 18. maj 2021, URL: <https://www.independent.co.uk/tech/bitcoin-mining-environment-climate-crypto-b1849211.html> [10. 7. 2022]; Joseph Hall, 'Banking Uses 56 Times More Energy than Bitcoin: Valuechain Report', Coin Telegraph, 16. junij 2022, URL: <https://cointelegraph.com/news/banking-uses-56-times-more-energy-than-bitcoin-valuechain-report> [10. 7. 2022].

⁴⁸ Povzeto po Zuluaga, op. cit. 12.

⁴⁹ Glej Todd Gillespie, 'Banks Keep Funneling Billions Into Polluting Energy Projects', Bloomberg, 10. december 2020, URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-12-10/banks-keep-funneling-billions-into-polluting-energy-projects#xj4y7vzkg> [10. 7. 2022].

⁵⁰ Glej 'Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index', op. cit. 23.

⁵¹ Glej 'New Findings from the World Gold Council Highlight Gold Mining's Opportunity to Achieve Net-Zero via Energy Transition', World Gold Council, 9. december 2020, URL: <https://www.gold.org/news-and-events/press-releases/gold-and-climate-change-the-energy-transition-press-release> [10. 7. 2022].

⁵² Povzeto po Sean Stein Smith, op. cit. 30.

⁵³ Za več o tem glej Nic Carter, op. cit. 26.

4 Dekarbonizacija kriptovalut

Argumenti o vplivu Bitcoin (in nekaterih drugih priljubljenih kriptovalut) na podnebje zakrivajo, da se **širši ekosistem kriptovalut premika proti čistejši, bolj zeleni in bolj trajnostni prihodnosti, ki bo povzročila znatno nižje emisije CO₂.**⁵⁴

Alternativni mehanizmi

Po besedah *Rollinsa*, raziskovalca, ki je izvedel študijo o vplivih kriptovalut na okolje, je kljub dejstvu, da je kriptovaluta inovativna in zanimiva tehnologija, njen sistem rudarjenja treba spremeniti.⁵⁵ Namreč sistem dokazila o delu (PoW) ali obljuba nagrade, potem ko rudar reši matematične probleme, je ključna spodbuda nekaterih modelov kriptovalut, ki je tudi odgovorna za njihovo energijsko porabo.

Nasprotno pa se nekatere alternativne kriptovalute naslednje generacije (kot so *Cardano*, *Polkadot*, *Nano*, *EOS*, *Cosmos*, itn.) zanašajo na model soglasja dokazila vložka (PoS), ki validatorjem omogoča potrjevanje transakcij glede na vloženi delež.⁵⁶ Ker PoS zahteva znatno nižje zahteve glede strojne opreme kot PoW, je veliko manj energetsko intenziven; pričakuje pa se, da bo energija, potrebna za omogočanje varnih transakcij, v prihodnosti le še upadala.⁵⁷

To je razvidno tudi iz lansiranja *Ethereum 2.0* in njegovega prehoda iz modela PoW⁵⁸ na model PoS. Nekateri modeli napovedovanja kažejo, da bo *Ethereum 2.0* bolj energetsko učinkovit kot modeli PoW, saj bi naj s prehodom na model PoS zmanjšal svojo porabo energije za 99,95% v le nekaj mesecih.⁵⁹ Rezultati tega prehoda se že kažejo, saj omrežje Ethereum porabi skoraj 100 Twh manj kot omrežje Bitcoin.⁶⁰ Vendar, medtem ko obstajajo alternative in je PoW le ena od razpoložljivih metod za potrjevanje transakcij s kriptovalutami, je to metoda, ki še vedno prevladuje ter se še naprej uporablja v prvotnem Bitcoinu, kjer se verjetnost uspešnega rudarjenja poveča za količino porabljenega računalniškega dela.⁶¹

⁵⁴ Povzeto po Stephen Stonberg, 'How Blockchain and Cryptocurrencies Can Help Build a Greener Future', World Economic Forum, 17. junij 2021, URL: <https://www.weforum.org/agenda/2021/06/how-blockchain-and-cryptocurrencies-can-help-build-a-greener-future> [10. 7. 2022].

⁵⁵ Povzeto po Egiji in Ofoegbu, op. cit. 15, str. 20.

⁵⁶ Povzeto po Brian Nibley, Proof of Stake: A process used to validate crypto transactions through staking, Business Insider, 8. julij 2022, URL: https://www-businessinsider-com.cdn.ampproject.org/v/s/www.businessinsider.com/personal-finance/proof-of-stake?amp=&_gsa=1&_js_v=a9&usqp=mq331AQKKAFAQrABIIACAaw%3D%3D#amp_tf=From%20%251%24s&aoh=16576584372920&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&am=&amshare=https%3A%2F%2Fwww.businessinsider.com%2Fpersonal-finance%2Fproof-of-stake [13. 7. 2022].

⁵⁷ Na primer, omrežje Cardano porabi 6 GWh energije, kar je le del celotne porabe energije Bitcoin.

Glej Browne, op. cit. 44.

⁵⁸ PoW se nanaša na decentraliziran sistem, ki poganja omrežje Bitcoin, pri čemer model zahteva ogromne količine energije za potrjevanje transakcij in pridobivanje novih kriptovalut.

⁵⁹ Povzeto po Andrew Hayward, 'Ethereum Crypto Will Soon Be 99.95% More Environmentally Friendly — Here's How', Tom's guide, 20. maj 2021, URL: <https://www.tomsguide.com/news/ethereum-crypto-will-soon-be-9995-more-environmentally-friendly-heres-how> [10. 7. 2022].

⁶⁰ Povzeto po Gian Volpicelli, 'A Blockchain Tweak Could Fix Crypto's Colossal Energy Problem', Wired, 23. marec 2021, URL: <https://www.wired.co.uk/article/blockchain-cryptocurrency-energy-use> [10. 7. 2022].

⁶¹ Povzeto po Truby, op. cit. 13.

V zadnjih letih vse več »kripto farm« prehaja na trajnostno energijo. Na primer na Islandiji in tudi v Quebecu v Kanadi je zaradi nižjih stroškov električne energije⁶² in nižjih temperatur (za hlajenje strojne opreme) zgrajenih veliko kripto farm. Njihovo električno energijo večinoma pridobivajo iz hidroelektrarn oziroma obnovljivih geotermalnih virov, ki tudi oddajajo veliko manj CO₂ kot elektrarne na premog ali plin.⁶³ Poleg tega Islandija sodeluje tudi v sistemu trgovanja z emisijami Evropske unije.⁶⁴

Drug dejavnik, ki ga je treba upoštevati, je, da kripto rudarji vedno bolj uporabljajo odvečno električno energijo, ki bi sicer šla v nič. Na primer, Sichuan na Kitajskem trpi zaradi presežka energije, ki ga ni mogoče uporabiti po optimalnih cenah. Namesto da bi zapravljali to moč, lahko flota rudarjev izkoristi to presežno energijo.⁶⁵ Kljub temu Kitajska ponuja manj spodbuden pogled, saj še vedno skoraj polovico električne energije proizvede iz premoga. Zato se zagovarja, da okoljski vpliv kriptovalut, ki zahtevajo veliko električne energije, ni posledica njihove programske arhitekture, ampak energetskih politik v državah, kjer rudarji delujejo.⁶⁶

Politike in regulatorna ureditev

Ker se cene električne energije med državami zelo razlikujejo, se rudarji navadno nahajajo v državah, kjer je elektrika primerljivo poceni, saj je tako rudarjenje bolj donosno (namreč, cena kriptovalut je po vsem svetu enaka). Okoljski vpliv energetsko potratnih kriptovalut je tako močno odvisen od energetskih politik, kjer poteka rudarjenje, zato so raziskovalci predlagali, da bi lahko bila bolj neposredna obdavčitev rudarjenja koristna za zmanjšanje skupnih emisij.⁶⁷

Prav tako se pojavljajo ideje o regulatorni ureditvi oziroma postavitvi okvirja urejanja modelov tehnologije blockchain za okoljske namene, kakor tudi ideje o obdavčitvi, vendar je to odvisno od številnih vprašanj, kot so ali so kriptovalute denar oziroma ali se lahko obdavčijo digitalne valute kot blago ali vrednostni papirji.⁶⁸

Ker potencial kriptovalut ni zanemarljiv, se danes iščejo številne ideje za njihovo dekarbonizacijo. Da bi to rešili, je 19. marca 2021 26 tehnoloških podjetij v Evropi podpisalo zavezo o razvoju »zelenih digitalnih rešitev« za pomoč svetu pri spopadanju s podnebnimi spremembami, z omejevanjem emisij CO₂ in digitalno preobrazbo ključnih gospodarskih sektorjev. Istočasno so evropske države podpisale zavezo, da bodo podpirale tako imenovane »čiste digitalne tehnologije«.⁶⁹ Države so se med drugim zaobljubile, da bodo zgradile omrežja

⁶² Glej 'Electricity Price Statistics', Eurostat, URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics [10. 7. 2022].

⁶³ Medtem ko je splošni vpliv hidroelektrarn na okolje sporen, obstaja soglasje, da je njihov ogljični odtis predstavlja le delček odtisov elektrarn na plin in premog.

Glej na primer 'Environmental Impacts of Hydroelectric Power', Union of Concerned Scientists, 5. marec 2013, URL: <https://www.ucsusa.org/resources/environmental-impacts-hydroelectric-power#.W4VqC85KiUk> [10. 7. 2022].

⁶⁴ Povzeto po Alice Feng, 'Is cryptomining harming the environment?', PSCI Princeton, 27. februar 2021, URL: <https://psci.princeton.edu/tips/2021/2/27/is-cryptomining-harming-the-environment> [10. 7. 2022].

⁶⁵ Povzeto po Thierry Sanjuan in Rémi Béreau, 'The Three Gorges Dam: Between State Power, Technical Immensity, and Regional Implications', *Hérodote* 102, št. 3 (2001): str. 19–56.

⁶⁶ Povzeto po Zuluaga, op. cit. 12.

⁶⁷ Povzeto po Shangrong Jiang et al., *Policy Assessments for the Carbon Emission Flows and Sustainability of Bitcoin Blockchain Operation in China*, 2020. Glej tudi Feng, op. cit. 53.

⁶⁸ Povzeto po Truby, op. cit. 13, str. 5.

Ministrstvo za finance Republike Slovenije je 4. februarja 2022 v javno obravnavo poslalo nov predlog Zakona o davku od virtualnih valut, med katere spadajo tudi kriptovalute. Predlog zakona je dosegljiv na spletni strani eUprava, URL: <https://e-uprava.gov.si/drzava-in-druzba/e-demokracija/predlogi-predpisov/predlog-predpisa.html?id=13434> [28. 7. 2022].

⁶⁹ Glej 'Tech Companies Sign Pact to Tackle Climate Change', Earth.org, 22. marec 2021, URL: <https://earth.org/technology-companies-sign-pact-to-tackle-climate-change/> [10. 7. 2022].

5G in 6G, hkrati pa podpirale tehnologijo veriženja blokov, kvantno računalništvo in umetno inteligenco.⁷⁰ Zato je treba razmisliti o prihodnji uporabi tehnologije blockchain, na podlagi katere deluje Bitcoin.

5 Blockchain: neobičajna rešitev za zmanjšanje globalnega segrevanja?

Reševanje podnebne krize postaja industrija razcveta; vir znatne gospodarske rasti v različnih sektorjih,⁷¹ ki navdihuje iskanje rešitev tudi z uporabo novih tehnologij. Pri tem pa se za pospešitev ukrepanja pri vprašanjih, kot so podnebne spremembe in izguba biotske raznovrstnosti, se vse več poudarka daje na uporabo digitalne tehnologije, pri čemer se blockchain prebija v ospredje.⁷²

Kot navedeno, blockchain ni omejen le na kriptovalute, temveč se uporablja na številnih področjih, kot so na primer pametne pogodbe, zaščita intelektualne lastnine, sledljivost v dobavni verigi, identifikacija potrdil, mednarodna plačila, finančne storitve in evidence, internet stvari (IoT), kakor tudi sledenje trajnosti izdelkov, spremljanje onesnaževanja v realnem času, distribucije električne energije in enakovrednega trgovanja, ter podobno,⁷³ saj lahko blockchain bistveno izboljša preglednost, odgovornost in sledljivost, ter pomaga zagotoviti natančnejše, zanesljive, standardizirane in lahko dostopne podatke,⁷⁴ Zaradi prednosti, ki jih tehnologija ponuja, se zagovarja, da lahko pomaga zmanjšati sedanje ravni TPG, ki so posledica dejavnosti, kot so na primer tovarniško kmetovanje, živinoreja in krčenje gozdov, saj se lahko uporablja za sledenje ogljikovemu odtisu dejavnosti, izdelkov in organizacij.⁷⁵ Tudi po mnenju *Radka*, vodje oddelka UNEP za energijo in podnebje, lahko tehnologija veriženja blokov igra vlogo v podnebni krizi tako, da omogoča natančnejše spremljanje obremenitve, ustvarjanje in distribucijo v omrežju z učinkovito uporabo podatkov.⁷⁶ V nadaljevanju so predstavljeni posamezni primeri uporabe blockchaine, ki poudarjajo potencial te tehnologije za naslavljanje okoljskih oziroma podnebnih izzivov.

Sledenje trajnosti izdelkov in zmanjšanje ogljičnega odtisa

Prizadevanja za boj proti podnebnim spremembam se osredotočajo zlasti na zmanjšanje znanih vzrokov, kot je koncentracija ogljikovega dioksida (CO₂) in drugih toplogrednih plinov (TGP) v ozračju. Eden glavnih vzrokov podnebnih sprememb je tako imenovani ogljični odtis človeštva.⁷⁷ Za oceno ogljičnega odtisa dejavnosti oziroma izdelka v vrednostni verigi pa je treba izmeriti in shraniti informacije o emisijah ogljika na vsakem koraku življenjskega cikla izdelka, od zasnove ali proizvodnje do transporta, skladiščenja, itd.⁷⁸ Za to se pogosto uporablja tehnologija *blockchain*, ki omogoča boljši izračun, sledenje in poročanje o ogljičnem odtisu (ali o zmanjšanju emisij TPG) po celotni vrednostni verigi, vključno s proizvajalci, dobavitelji,

⁷⁰ Povzeto po Maheen, op. cit. 22.

⁷¹ Povzeto po Bram Büscher in Rob Fletcher, 'Under Pressure: Conceptualising Political Ecologies of Green Wars', *Conservation and Society*, 6 (2018): str. 105–13.

⁷² Tudi Evropska komisija namerava uporabiti inovacije v tehnologiji blockchain za pomoč v boju proti podnebnim spremembam. Glej 'Blockchain for Climate Action', European Commission, URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/blockchain-climate-action> [10. 7. 2022].

⁷³ Povzeto po 'In Battle against Climate Crisis, Don't Overlook the Blockchain', UN Environment Programme, 25. januar 2022, URL: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/battle-against-climate-crisis-dont-overlook-blockchain> [10. 7. 2022]; Iuon-Chang Lin in Tzu-Chun Liao, 'A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges', *International Journal of Network Security* 19, št. 5 (2017): str. 653–59; Stonberg, op. cit. 54.

⁷⁴ Povzeto po European Commission, op. cit. 72.

⁷⁵ Povzeto po António Miguel Rosado da Cruz et al., op. cit. 27, str. 258.

⁷⁶ Povzeto po UN Environment Programme, op. cit. 73.

⁷⁷ Povzeto po Egiyi in Ofoegbu, op. cit. 15, str. 17.

⁷⁸ Povzeto po Rosado da Cruz et al., op. cit. 27, str. 259.

distributerji in potrošniki. Zagotavlja lahko takojšnjo avtentikacijo, preverjanje podatkov v realnem času in jasne zapise podatkov.⁷⁹

Nadalje tehnologija blockchain omogoča izmenjavo informacij med podjetji in končnimi potrošniki. Namreč, boj proti podnebnim spremembam bo zahteval velik premik v globalnih potrošniških navadah,⁸⁰ saj tudi posamezniki kot potrošniki prispevamo k ogljičnemu odtisu. Vendar, da lahko posamezniki (in pa tudi organizacije) sprejemajo okoljsko ozaveščene odločitve, morajo biti seznanjeni z ogljičnim odtisom izdelkov, ki jih kupujejo, kar pa je mogoče le, če vsako podjetje spremlja in deli ogljični odtis svojih izdelkov.⁸¹

Skupnosti za obnovljivo energijo in energetska sodelovanje

Več podjetij je začelo izkoriščati potencial blockchaina za energetska sodelovanja, saj tehnologija omogoča decentralizacijo energetskega trga in lahko posamezna prizadevanja spremeni v omrežno prizadevanje.⁸² Posamezniki in druge zainteresirane strani se namreč vse bolj povezujejo v tako imenovane skupnosti za obnovljivo energijo, ter pri energetskem prehodu sodelujejo tako, da vlagajo v proizvodnjo, prodajo in distribucijo energije iz obnovljivih virov. Takšne skupnosti običajno uporabljajo fotovoltaične sisteme na strehah javnih in zasebnih zgradb, ki so povezane z mikro omrežjem. Ti modeli energetskih sistemov predstavljajo decentralizirano električno omrežje, v katerem porabniki energije postanejo tudi proizvajalci, optimizacija in trgovanje z odvečno energijo, proizvedeno v mikro omrežjih, pa se pogosto izvaja s pomočjo tehnologije blockchain (primeri takšnih platform so med drugim *SunContract*,⁸³ *PowerLedger*,⁸⁴ *Sun Exchange*⁸⁵, *Brooklyn Microgrid Project*⁸⁶ in podobno).⁸⁷ Takšni sistemi opolnomočijo posameznike, da lahko vplivajo na trg električne energije, tako, da sami izberejo vir električne energije in določajo njeno ceno. Prav tako lahko pomagajo zmanjšati stroške transporta energije in tudi emisije TGP, saj lahko pospešijo uporabo obnovljivih virov energije ter odmik od netrajnostnih subvencij za električno energijo. Po poročilu UNEP/SAF lahko tehnologija blockchain zagotovi izboljšave tudi tako, da razvijalcem projektov za obnovljivo energijo, vlagateljem in kupcem omogoči sodelovanje na skupni platformi z uveljavljenimi mednarodnimi standardi za potrebno skrbnost in skladnost, saj to projekti obnovljivih virov energije pogosto ustavljeni zaradi izpada financiranja, visokih investicijskih stroškov in pomanjkanja likvidnosti.⁸⁸

⁷⁹ Povzeto po European Commission, op. cit. 72.

⁸⁰ Povzeto po Stonberg, op. cit. 54.

⁸¹ Povzeto po Rosado da Cruz et al., op. cit. 27, str. 258.

⁸² Povzeto po European Commission, op. cit. 72.

⁸³ Glej 'Suncontract', URL: <https://suncontract.org/si/> [10. 7. 2022].

⁸⁴ Podjetje *PowerLedger* je vzpostavilo pilotni projekt v indijski zvezni državi Uttar Pradesh, ki je lastnikom stanovanj s solarnimi moduli omogočil prodajo električne energije drugim v omrežju, določanje cen v realnem času in izvajanje transakcij prek blockchaina.

Povzeto po UN Environment Programme, op. cit. 73.

Glej tudi 'Powerledger', URL: <https://www.powerledger.io> [10. 7. 2022].

⁸⁵ *Sun Exchange* omogoča vsakomur, ki ima internetno povezavo, da prek spleta kupi sončne celice in jih odda v najem podjetjem, bolnišnicam, šolam in drugim organizacijam v Afriki. Za čezmejna plačila uporablja blockchain, tako da med upravičenci in vlagatelji ni posrednikov. Z njihovimi sončnimi instalacijami so organizacije zmanjšale svoje stroške energije za 20-30 odstotkov in ta sredstva so lahko preusmerile v svojo osnovno ponudbo, vključno s kakovostnim izobraževanjem za otroke, pozitivnim življenjskim okoljem za starejše prebivalce in skrbjo za ranljive divje živali.

Povzeto po UN Environment Programme, op. cit. 73.

Glej tudi 'Sunexchange', URL: <https://thesunexchange.com> [10. 7. 2022].

⁸⁶ Glej 'Brooklyn Microgrid', URL: <https://www.brooklyn.energy> [10. 7. 2022].

⁸⁷ Povzeto po Erica Svetec et al., *Blockchain Application in Renewable Energy Microgrids: An Overview of Existing Technology towards Creating Climate - Resilient and Energy Independent Communities*, 2019.

⁸⁸ Povzeto po UN Environment Programme, op. cit. 73.

Potencial zelenih pametnih pogodb je zlasti v zmožnosti blockchaina za smiselno interakcijo s podatki o stanju resničnega sveta, vključno z okoljem. Razvoj v zadnjih letih je namreč omogočil, da lahko t. i. »entitete« podatke (npr. nabore kmetijskih podatkov, vremenske vzorce ali odčitke senzorjev interneta stvari (IoT)) posredujejo neposredno v verige blokov. Pametne pogodbe so tako lahko močno orodje za spodbujanje sodelovanja v globalnih zelenih pobudah, saj nam omogočajo, da oblikujemo globalno dostopne in popolnoma avtomatizirane sisteme spodbud,⁸⁹ ki lahko neposredno nagradijo posameznike,⁹⁰ podjetja in vlade za sodelovanje v trajnostnih praksah kot so regenerativno kmetijstvo,⁹¹ izravnave ogljika; prav tako lahko omogočajo preverjanje, ali so dodeljena sredstva dejansko imela resničen učinek in bila namensko porabljena (npr. za pogozdovanje); nudijo pomoč pri (za)varovanju pridelka;⁹² in podobno.⁹³

6 Vendar ... ali za to res potrebujemo blockchain?

Pomislek marsikoga je, zakaj blockchain in ne navadna baza podatkov?

Ena ključnih razlik med tipično bazo podatkov in blockchainom je, kako so podatki strukturirani. Baza podatkov običajno strukturira svoje podatke v tabele, medtem ko blockchain strukturira podatke v skupine oziroma t. i. bloke, ki hranijo nize informacij. Bloki imajo določene kapacitete shranjevanja in se, ko so napolnjeni, zaprejo in povežejo s predhodno izpolnjenim blokom ter tako tvorijo verigo podatkov (znano kot veriga blokov).⁹⁴ Vsak blok v verigi dobi točen časovni žig, ko je dodan v verigo. Ta podatkovna struktura tako naredi ireverzibilno časovnico podatkov, če se izvaja v decentralizirani naravi.⁹⁵

Torej, preprosti odgovor je, da blockchain ni nujno potreben v vseh primerih. Ta tehnologija resda nudi določene prednosti, kot so preglednost, varnost, nespremenljivost, trajnost, sledljivost, transparentnost, disintermediacija in druge, vendar je za to potrebna velika

⁸⁹ Blockchain namreč zagotavlja varnost zapisa podatkov in ustvarja zaupanje brez potrebe po zaupanja vredni tretji osebi. Povzeto po Hayes, op. cit. 11.

⁹⁰ Na primer s finančnimi spodbudami za zavestno potrošnje (potrošniki lahko npr. samodejno prejema plačila ali kazni na podlagi svojih potrošniških navad). Projekt *NetObjex* v izbrane hotele namešča IoT naprave za spremljanje porabe vode in energije gostov. Prek IoT lahko pametne pogodbe komunicirajo z dobljenimi podatki ter samodejno izračunajo in nagradijo goste na podlagi njihove metrike porabe. Glej 'NetObjex Integrates Chainlink Oracles To Power Its IoT-Based Automation Engine', NetObjex (Blog), URL: <https://www.netobjex.com/netobjex-integrates-chainlink-oracles-to-power-its-iot-based-automation-engine/> [10. 7. 2022].

⁹¹ Eden izmed načinov, na katerega lahko dandanes pametne pogodbe pripomorejo v boju proti podnebnim spremembam, je omogočanje programov regenerativnega kmetijstva. Ti vključujejo prizadevanja za spodbujanje skupnosti po vsem svetu, da zmanjšajo svoje ogljične odtise z bolj trajnostnimi praksami rabe zemljišč. Namreč, pametne pogodbe, ki lahko komunicirajo s podatki iz resničnega sveta, omogočajo samodejno izdajanje nagrad ljudem, ki upravljajo s temi zemljišči. Na primer kampanja *Green World* ustvarja pametne pogodbe, ki uporabljajo satelitske podatke za samodejno razdeljevanje nagrad ljudem, ki uspešno regenerirajo zemljišča (izplačila se zgodijo na podlagi podatkov, ki jih entitete črpajo iz satelitskih slik; to sproži pametne pogodbe, zgrajene na verigi blokov, ki zagotavljajo, da ljudje na terenu pošteno in pregledno zaslužijo nagrade). Glej 'Green World', URL: <http://greenworld.org> [10. 7. 2022].

⁹² Pametne pogodbe nudijo tudi (za)varovanje pred tveganjem izgube pridelka. Na primer zavarovalniški projekti, kot sta *Arbol* in *Etherisc*, kmetom po vsem svetu ponujajo zavarovanje pridelka z uporabo pametnih pogodb (kmetje sklenejo zavarovanje ter vnaprej določijo pogoje za izvedbo pogodbe (npr. določijo količina padavin), ter se nato zanesejo na entitete za spremljanje vremenskih vzorcev; če omrežje entitete poroča, da je določena metrika izpolnjena, kmet samodejno prejme izplačilo.) Povzeto po Stonberg, op. cit. 54. Glej tudi William Foxley, 'Chainlink to Provide Data for Farming Insurance Startup Arbol', Coin Desk, 19. avgust 2020, URL: <https://www.coindesk.com/tech/2020/08/19/chainlink-to-provide-data-for-farming-insurance-startup-arbol/> [10. 7. 2022].

⁹³ Ibidem.

⁹⁴ Vse nove informacije, ki sledijo dodanemu bloku, se prevedejo v nov blok, ki bo nato prav tako dodan v verigo.

⁹⁵ Povzeto po Hayes, op. cit. 11.

decentralizacija. V kolikor te decentralizacije ni, lahko tudi blockchain hitro izgubi svoje prednosti in pomen (na primer, v kolikor zgolj eno podjetje hrani podatke na blockchainu lahko to podjetje - zaradi centraliziranosti⁹⁶ oziroma pomanjkanja decentralizacije - kot edini ali večinski validator manipulira s samim blockchainom, ter tako zaobide nespremenljivost in trajnost, ki bi jo naj nudil blockchain). Tako je potencial blockchaine zlasti v njegovi decentraliziranosti ter v vlogi skupnosti, ki prinaša pravičnost in varnost. Namreč, ostale prednosti, kot so preglednost, sledljivost in transparentnost, je mogoče zagotoviti tudi z navadnimi bazami podatkov.

Tako - kljub obljubam o preoblikovanju nepreglednega sveta podnebnih »financ«, zagotavljanju rešitev za pripravljenost na katastrofe za lokalne skupnosti in izboljšanju upravljanja naravnih virov - družbeni in politični stroški ter koristi nastajajočih blockchain aplikacij (zaenkrat) ostajajo dvoumni.⁹⁷

7 Sklep

Kot je opisano v tem prispevku, **koncept kriptovalute in tehnologija, ki stoji za njo, sama po sebi ne ogroža okolja, težava pa izhaja iz pretiranih (strojnih in energetskih) potreb, potrebnih za njeno obdelavo.**

Sklepamo lahko, da so bila poročila o negativnem vplivu kriptovalut na podnebne spremembe, kakor tudi obljube o rešitvi okoljskih problemov s pomočjo tehnologije blockchain, močno pretirani oziroma usmerjeni v skrajnosti. Pregled porabe električne energije kriptovalut, kakor tudi njihovega ogljičnega odtisa namreč kaže, da je poraba energije Bitcoina primerljiva porabi energije tradicionalnih posredniških plačilnih sistemov in rudarjenju zlata. Prav tako je potrebno opozoriti, da se poroča o ogromnih porabah energije, pri čemer pa se zanemarljivo dejstvo, da se kriptovalute (kakor tudi sama tehnologija blockchain) trenutno v večini primerov uporabljajo onkraj svojega mišljenega primera uporabe - tj. kot decentraliziran plačilni sistem – saj so postale špekulativno sredstvo investiranja, zaradi česar je večina transakcij izvedena z namenom njihovega trgovanja. Poleg tega ti argumenti o negativnem vplivu nekaterih priljubljenih kriptovalut na podnebje zakrivajo, da se širši ekosistem kriptovalut nove generacije premika proti čistejši, bolj zeleni in bolj trajnostni prihodnosti, ki bo povzročila znatno nižje emisije CO₂. Nenazadnje ni dokazov, da imajo kriptovalute zunanje okoljske učinke, ki presegajo tiste, ki jih je mogoče pripisati kateremu koli uporabniku električne energije, kjer je električne energija neučinkovita.

Ker se bo povpraševanje po naprednejši in zmogljivejši računalniški moči v prihodnjih desetletjih neizogibno povečalo, bi moralo biti iskanje rešitev za spodbujanje obnovljive in trajnostne energije za vse sektorje trenutna prednostna naloga. Pri tem se ocenjuje, da bodo regulatorna ureditev in energetske politike ključni za naslavljanje izzivov, ki jih prinaša nova tehnologija. Ker se blockchain in sorodne digitalne tehnologije hitro razvijajo, morajo oblikovalci politik prilagoditi tudi predpise, da bi spodbudili razvoj prihodnjih energetskih sistemov in hkrati ublažili okoljska tveganja.

⁹⁶ Na številnih forumih o blockchainu se pogosto razpravlja, da model PoS, ki je sicer energijsko manj potraten, vodi do centralizacije. Glej na primer Gisele Schout, 'Centralization of Stake in PoS', Medium, 14. marec 2020, URL: <https://medium.com/stakin/centralization-of-stake-in-pos-f7ccb8f8254>; Sage D. Young, 'Will a Proof-of-Stake Ethereum Lead to More Centralization?', Coin Desk, 18. maj 2022, URL: <https://www.coindesk.com/layer2/2022/05/18/will-a-proof-of-stake-ethereum-lead-to-more-centralization/> [10. 7. 2022].

⁹⁷ Povzeto po Howson, P., Climate Crises and Crypto-Colonialism: Conjuring Value on the Blockchain Frontiers of the Global South, *Frontiers in Blockchain* 3 (2020), str. 1.

Čeprav so pred nami zagotovo izzivi, imajo kriptovalute, kakor tudi blockchain potencial, da nas popeljeta proti veliko bolj zelenemu planetu, pri čemer nas razprave spodbujajo, da pospešimo prehod na čiste vire energije, hkrati pa nam zagotavljajo orodja za to.

8 Viri in literatura

Adams, Richard, Beth Kewell, in Glenn Parry. 'Blockchain for Good? Digital Ledger Technology and Sustainable Development Goals'. V Handbook of Sustainability and Social Science Research, str. 127–40. Cham: Springer International Publishing, 2018.

Ashford, Kate. 'What Is Cryptocurrency?' Forbes, 6. junij 2022. URL: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-cryptocurrency/> [10. 7. 2022].

Atkin, Emily. 'The Environmental Case Against Bitcoin'. The New Republic, URL: <https://newrepublic.com/article/146099/environmental-case-bitcoin> [10. 7. 2022].

Blandin, Apolline, Gina Dr. Pieters, Yue Wu, Thomas Eisermann, Anton Dek, Sean Taylor in Damaris Njoki. 'University of Cambridge: 3rd Global Cryptoasset Benchmarking Study'. CCAF publications, September 2020.

Blockchain vs Cryptocurrency, Zebpay, 18. oktober 2021. URL: <https://zebpay.com/blog/blockchain-vs-cryptocurrency/> [10. 7. 2022].

Brooklyn Microgrid, URL: <https://www.brooklyn.energy> [10. 7. 2022].

Browne, Ryan. 'Bitcoin's Wild Ride Renews Worries about Its Massive Carbon Footprint'. CNBC, 5. februar 2021. URL: <https://www.cnbc.com/2021/02/05/bitcoin-btc-surge-renews-worries-about-its-massive-carbon-footprint.html> [10. 7. 2022].

Büscher, Bram in Rob Fletcher. 'Under Pressure: Conceptualising Political Ecologies of Green Wars'. Conservation and Society, 6 (2018): str. 105–13.

Carter Nic, How Much Energy Does Bitcoin Actually Consume?, Harvard Business Review, 5. maj 2021, URL: <https://hbr.org/2021/05/how-much-energy-does-bitcoin-actually-consume> [13. 7. 2022].

Chaturvedi Aakanksha, Earth Day-How much renewable energy does Bitcoin mining use, BusinessToday.In, 22. april 2022, URL: <https://www.businesstoday.in/crypto/story/earth-day-how-much-renewable-energy-does-bitcoin-mining-use-330875-2022-04-22> [13. 7. 2022].

Cho, Renee. 'Bitcoin's Impacts on Climate and the Environment'. Columbia Climate School, 20. september 2021. URL: <https://news.climate.columbia.edu/2021/09/20/bitcoins-impacts-on-climate-and-the-environment/> [10. 7. 2022].

Copernicus. 'Greenhouse Gases', URL: <https://climate.copernicus.eu/greenhouse-gases> [10. 7. 2022].

Crypto Climate. 'Make Crypto Green', URL: <https://cryptoclimate.org> [10. 7. 2022].

Daly, Lyle. 'How Many Cryptocurrencies Are There?' The Motley Fool, 27. junij 2022. <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/how-many-cryptocurrencies-are-there/> [10. 7. 2022].

Digiconomist. 'Bitcoin Energy Consumption Index', URL: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> [10. 7. 2022].

Digiconomist. 'Ethereum Energy Consumption Index', URL: <https://digiconomist.net/ethereum-energy-consumption> [10. 7. 2022].

Earth.org. 'Tech Companies Sign Pact to Tackle Climate Change', 22. marec 2021. URL: <https://earth.org/technology-companies-sign-pact-to-tackle-climate-change/> [10. 7. 2022].

Egiyi, Modesta, in Grace Ofoegbu. 'Cryptocurrency and Climate Change: An Overview' 11 (2020): str. 15–22.

eUprava Republika Slovenija, Predlog predpisa, Zakon o davku od virtualnih valut, URL: <https://e-uprava.gov.si/drzava-in-druzba/e-demokracija/predlogi-predpisov/predlog-predpisa.html?id=13434> [28. 7. 2022].

European Commission. 'Blockchain for Climate Action', URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/blockchain-climate-action> [10. 7. 2022].

European Environmental Agency. 'Climate Change Is One of the Biggest Challenges of Our Times', URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/climate-change-is-one-of> [10. 7. 2022].

Eurostat. 'Electricity Price Statistics', URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics [10. 7. 2022].

Feng, Alice. 'Is cryptomining harming the environment?' PSCI Princeton, 27. februar 2021. URL: <https://psci.princeton.edu/tips/2021/2/27/is-cryptomining-harming-the-environment> [10. 7. 2022].

Financial Times. 'Bitcoin Freeloads on Institutions' Trust, Warns BIS', URL: <https://www.ft.com/content/47127c32-0b35-11e8-839d-41ca06376bf2> [10. 7. 2022].

Foxley, William. 'Chainlink to Provide Data for Farming Insurance Startup Arbol'. Coin Desk, 19. avgust 2020. URL: <https://www.coindesk.com/tech/2020/08/19/chainlink-to-provide-data-for-farming-insurance-startup-arbol/> [10. 7. 2022].

Gillespie, Todd. 'Banks Keep Funneling Billions Into Polluting Energy Projects'. Bloomberg, 10. december 2020. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-12-10/banks-keep-funneling-billions-into-polluting-energy-projects#xj4y7vzkg> [10. 7. 2022].

Giungato, Pasquale, Roberto Rana, Angela Tarabella, in Caterina Tricase. 'Current Trends in Sustainability of Bitcoins and Related Blockchain Technology'. Sustainability 9, št. 12 (2017).

Goodkind, Andrew, Benjamin Jones, in Robert Berrens. 'Cryptodamages: Monetary Value Estimates of the Air Pollution and Human Health Impacts of Cryptocurrency Mining'. Energy Research & Social Science 59 (1. januar 2020).

Green World, URL: <http://greenworld.org> [10. 7. 2022].

Hall, Joseph. 'Banking Uses 56 Times More Energy than Bitcoin: Valuechain Report'. Coin Telegraph, 16. junij 2022. URL: <https://cointelegraph.com/news/banking-uses-56-times-more-energy-than-bitcoin-valuechain-report> [10. 7. 2022].

Hankin Aaron, 'How bitcoin has failed to achieve Satoshi Nakamoto's original intent, in one chart', MarketWatch, 1. november 2018, URL: <https://www.marketwatch.com/story/how-bitcoin-has-failed-to-achieve-satoshi-nakamotos-original-intent-in-one-chart-2018-11-01> [10. 7. 2022]

Hayes, Adam. 'What Is a Blockchain?' Investopedia, 24. junij 2022. URL: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp> [10. 7. 2022].

Hayward, Andrew. 'Ethereum Crypto Will Soon Be 99.95% More Environmentally Friendly Here's How'. Tom's guide, 20. maj 2021. URL: <https://www.tomsguide.com/news/ethereum-crypto-will-soon-be-9995-more-environmentally-friendly-heres-how> [10. 7. 2022].

Howson, Peter. 'Climate Crises and Crypto-Colonialism: Conjuring Value on the Blockchain Frontiers of the Global South'. *Frontiers in Blockchain* 3 (20. april 2020).

Huang Jon, O'Neill Claire in Tabuchi Hiroko, Bitcoin Uses More Electricity Than Many Countries. How Is That Possible?, *The New York Times*, 3. september 2021, URL: <https://www.nytimes.com/interactive/2021/09/03/climate/bitcoin-carbon-footprint-electricity.html> [13. 7. 2022]

Hughes, Alex, Andrew Park, Jan Kietzmann, in Chris Archer-Brown. 'Beyond Bitcoin: What Blockchain and Distributed Ledger Technologies Mean for Firms'. *Business Horizons* 62 (1. februar 2019).

Jiang, Shangrong, Yuze Li, Quanying Lu, Yongmiao Hong, Dabo Guan, Yu Xiong in Shouyang Wang. *Policy Assessments for the Carbon Emission Flows and Sustainability of Bitcoin Blockchain Operation in China*, 2020.

Kemp Bill, Pierre Samaties, Feroz Sanaula in Christine Vaughan, Implications of the crypto economy for the electric system, Roland Berger, 4. april 2022, URL: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/How-crypto-mining-will-transform-the-energy-industry.html> [13. 7. 2022].

Liebkind Joe, 'Bitcoin Years Later: Was the Nakamoto White Paper Right?', *Investopedia*, 20. maj 2022, URL: <https://www.investopedia.com/tech/return-nakamoto-white-paper-bitcoins-10th-birthday/> [10. 7. 2022].

Lin, Iuon-Chang in Tzu-Chun Liao. 'A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges'. *International Journal of Network Security* 19, št. 5 (2017): str. 653–59.

Maheen, Arshad. 'Are Cryptocurrencies Harming the Environment?' *Earth.org*, 6. februar 2020. URL: <https://earth.org/are-cryptocurrencies-harming-the-environment/> [10. 7. 2022].

Malone, David in K.J. O'Dwyer. *Bitcoin Mining and Its Energy Footprint*, 2014.

Massie, Graeme. 'Bitcoin Mining Actually Uses Less Energy than Traditional Banking, New Report Claims'. *Independent*, 18. maj 2021. URL: <https://www.independent.co.uk/tech/bitcoin-mining-environment-climate-crypto-b1849211.html> [10. 7. 2022].

Mihm, Stephen. 'Bitcoin Is a High-Tech Dinosaur Soon to Be Extinct'. *Bloomberg. Opinion.*, 31. december 2013. URL: <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2013-12-31/bitcoin-is-a-high-tech-dinosaur-soon-to-be-extinct> [10. 7. 2022].

Mora, Camilo, Randi Rollins, Katie Taladay, Michael Kantar, Mason Chock, Mio Shimada in Erik Franklin. 'Bitcoin Emissions Alone Could Push Global Warming above 2°C'. *Nature Climate Change* 8 (2018).

Nakamoto Satoshi, *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> [10. 7. 2022].

NASA Earth observatory. 'World of Change: Global Temperatures', URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures> [10. 7. 2022].

National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies. 'GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP V4)'. URL: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/> [10. 7. 2022].

NetObjex (Blog). 'NetObjex Integrates Chainlink Oracles to Power Its IoT-Based Automation Engine', URL: <https://www.netobjex.com/netobjex-integrates-chainlink-oracles-to-power-its-iot-based-automation-engine/> [10. 7. 2022].

Nibley Brian, Proof of Stake: A process used to validate crypto transactions through staking, Business Insider, 8. julij 2022, URL: https://www-businessinsider-com.cdn.ampproject.org/v/s/www.businessinsider.com/personal-finance/proof-of-stake?amp=&_gsa=1&_js_v=a9&usqp=mq331AQKKAFQArABIICAw%3D%3D#amp_tf=From%20%251%24s&aoh=16576584372920&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&am=&share=https%3A%2F%2Fwww.businessinsider.com%2Fpersonal-finance%2Fproof-of-stake [13. 7. 2022].

PC mag. 'Crypto Mining', URL: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/crypto-mining> [10. 7. 2022].

Powerledger, URL: <https://www.powerledger.io> [10. 7. 2022].

Reiff, Nathan. 'What's the Environmental Impact of Cryptocurrency?' Investopedia, 9. julij 2022. URL: <https://www.investopedia.com/tech/whats-environmental-impact-cryptocurrency/> [10. 7. 2022].

Rosado da Cruz, António Miguel, Francisco Santos, Paulo Mendes in Estrela Cruz. Blockchain-Based Traceability of Carbon Footprint: A Solidity Smart Contract for Ethereum, 2020.

Sanjuan, Thierry in Rémi Béreau. 'The Three Gorges Dam: Between State Power, Technical Immensity, and Regional Implications'. Hérodote 102, št. 3 (2001): str. 19–56.

Schout, Gisele. 'Centralization of Stake in PoS'. Medium, 14. marec 2020. URL: <https://medium.com/stakin/centralization-of-stake-in-pos-f7ccb8f8254> [10. 7. 2022].

Smith Sean Stein, Crypto Power Usage Is Helping To Spur Renewable Energy Investments, Forbes, 5. junij 2022, URL: <https://www.forbes.com/sites/seansteinsmith/2022/06/05/crypto-power-usage-is-helping-to-spur-renewable-energy-investments/?sh=5c2bbc9e2cb6> [13. 7. 2022].

Spross, Jeff. 'Is Bitcoin Worth the Energy? (Analysis)'. The Week, 11. december 2017. URL: <https://theweek.com/articles/742253/bitcoin-worth-energy> [10. 7. 2022].

Stoll, Christian, Lena Klaaßen in Ulrich Gallersdörfer. 'The Carbon Footprint of Bitcoin'. Joule 3 (1. junij 2019).

Stonberg, Stephen. 'How Blockchain and Cryptocurrencies Can Help Build a Greener Future'. World Economic Forum, 17. junij 2021. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2021/06/how-blockchain-and-cryptocurrencies-can-help-build-a-greener-future> [10. 7. 2022].

Suncontract, URL: <https://suncontract.org/si/> [10. 7. 2022].

Sunexchange, URL: <https://thesunexchange.com> [10. 7. 2022].

Svetec Erica, Lucija Nad, Robert Pašičko in Boris Pavlin. Blockchain Application in Renewable Energy Microgrids: An Overview of Existing Technology towards Creating Climate - Resilient and Energy Independent Communities, 2019.

Taskinsoy, John. 'Blockchain: An Unorthodox Solution to Reduce Global Warming'. PSN: Exchange Rates & Currency (Comparative) (Topic), 2019.

Truby, Jon. 'Decarbonizing Bitcoin: Law and Policy Choices for Reducing the Energy Consumption of Blockchain Technologies and Digital Currencies'. *Energy Research & Social Science* 44 (1. julij 2018).

Umair, Irfan. 'Bitcoin Is an Energy Hog. Where Is All That Electricity Coming From?' *Vox*, 18. junij 2019. URL: <https://www.vox.com/2019/6/18/18642645/bitcoin-energy-price-renewable-china> [10. 7. 2022].

UN Environment Programme. 'In Battle against Climate Crisis, Don't Overlook the Blockchain', 25. januar 2022. URL: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/battle-against-climate-crisis-dont-overlook-blockchain> [10. 7. 2022].

Union of Concerned Scientists. 'Environmental Impacts of Hydroelectric Power', 5. marec 2013. URL: <https://www.ucsusa.org/resources/environmental-impacts-hydroelectric-power#.W4VqC85KiUk> [10. 7. 2022].

University of Cambridge. 'Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index', URL: <https://ccaf.io/cbeci/index/comparisons> [10. 7. 2022].

Volpicelli, Gian. 'A Blockchain Tweak Could Fix Crypto's Colossal Energy Problem'. *Wired*, 23. marec 2021. URL: <https://www.wired.co.uk/article/blockchain-cryptocurrency-energy-use> [10. 7. 2022].

What Can We Do About the Growing E-Waste Problem?, Columbia Climate School, 27. avgust 2018. URL: <https://news.climate.columbia.edu/2018/08/27/growing-e-waste-problem/> [10. 7. 2022].

Wiedmann, T., and J. Minx. 'A Definition of Carbon Footprint'. In C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends*, Hauppauge NY, USA: Nova Science Publishers, 2008 (str. 1-11).

World Gold Council. 'New Findings from the World Gold Council Highlight Gold Mining's Opportunity to Achieve Net-Zero via Energy Transition', 9. december 2020. URL: <https://www.gold.org/news-and-events/press-releases/gold-and-climate-change-the-energy-transition-press-release> [10. 7. 2022].

Young, Sage D. 'Will a Proof-of-Stake Ethereum Lead to More Centralization?' *Coin Desk*, 18. maj 2022. URL: <https://www.coindesk.com/layer2/2022/05/18/will-a-proof-of-stake-ethereum-lead-to-more-centralization/> [10. 7. 2022].

Zuluaga, Diego. 'Why Bitcoin Is Not an Environmental Catastrophe'. *CATO AT LIBERTY*, 4. september 2018. URL: <https://www.cato.org/blog/why-bitcoin-not-environmental-catastrophe> [10. 7. 2022].