



Helmikuu 2023

Bitcoin energia- teollisuuden muutosvoimana

Miksi ja miten bitcoinlounhinta voi edistää energiamurrosta?

Coinmotion Research

Tutkimuksia, selvityksiä ja julkaisuja

1 • 2023

Kirjoittajat: Jaran Mellerud ja Anders Helseth

Suomentanut ja muokannut: Thomas Brand



“Bitcoin voi luoda miljardeille ihmisille arvoa tarjoamalla uuden, valtiosta riippumattoman, kestäväen rahajärjestelmän. Tämä on paljon tärkeämpää kuin siihen liittyvä energiankulutus. Lisäksi monet louhijat keskittyvät yhä enemmän vähentämään toiminnastaan syntyviä hiilidioksidipäästöjä ostamalla päästöoikeuksia, turvautumalla uusiutuvaan energiaan, suosimalla uusiutuvaan energiaan perustuvia louhintapaikkoja ja louhimalla muutoin hukkaan joutuvalla energialla, kuten ylimääräisellä vesivoimalla ja muutoin soihdutettavalla maakaasulla. Pidemmällä aikavälillä Bitcoinin hiilipäästöjen määrä (ja sen myötä Bitcoinin absoluuttiset hiilipäästöt) vähenee, kun uusiutuvien energialähteiden kehitys jatkuu ja maat pyrkivät irtautumaan hiilestä energiajärjestelmien tasolla.”

– **Nic Carter & Ross Stevens**, *Bitcoin Net Zero*¹

“Bitcoin-verkko kuluttaa energiaa, jotta se pysyy turvallisena. – Bitcoin on ratkaissut [luottamuksen ongelman] siten, että kaksi osapuolta voi suorittaa liiketoimia ilman, että ne varmistavat ja luottavat toisiinsa. Pankin kaltaista kolmatta osapuolta ei tarvita. Mekanismi vaatii kuitenkin toimiakseen sähköä. Tässä kuvaan astuvat bitcoinlouhijat. Louhijat käyttävät sähköä ja saavat korvauksena työstä bitcoinia. Louhinnan rahoittajat edellyttävät, että louhinnassa käytetään halvinta energiaa, joka se on määritelmän mukaan sähköä, jolla ei ole parempaa käyttöä. Bitcoin toimii tässä tapauksessa taloudellisena akkana. Se, millä ei muuten olisi ollut juurikaan paikallisesti arvoa, muuttuu taloudelliseksi hyödykkeeksi, jota voidaan käyttää maailmanlaajuisesti. Louhijoiden erittäin joustava kysyntä voi optimoida sähkön paikallista tarjontaa ja kysyntää, mikä voi nopeuttaa energiamurrosta parantamalla uusien uusiutuviin energialähteisiin liittyvien hankkeiden kokonaistaloudellisuutta.”

– **Kjell Inge Røkke**, *kirje Aker ASA:n osakkeenomistajille*²

¹ [NYDIG: Bitcoin Net Zero](#)

² [Seetee: Kirje Aker ASA:n osakkeenomistajille](#)

Sisällysluettelo

[Nic Carterin esipuhe](#)

[Tiivistelmä](#)

[1. Miksi ja miten Bitcoin kuluttaa energiaa?](#)

[1.1 Energiankulutus on Bitcoinin perustavanlaatuisen ja tärkeä piirre](#)

[1.2 Bitcoinlouhijat ovat ainutlaatuisia energiankuluttajia](#)

[1.2.1 Hintaherkkyys](#)

[1.2.2 Toiminnan keskeytettävyyden](#)

[1.2.3 Paikkariippumattomuus](#)

[1.2.4 Moduulirakenteisuus](#)

[1.2.5 Vaivattomasti siirrettävissä ja liikuteltavissa](#)

[2. Sähköverkkojen vahvistaminen bitcoinlouhinnan avulla](#)

[3. Uusiutuvan energian kokonaistaloudellisuuden parantaminen bitcoinlouhinnan avulla](#)

[4. Maakaasun soihduttamisen vähentäminen bitcoinlouhinnan avulla](#)

[5. Bitcoinlouhinnan tuottaman hukkalämmön talteenotto ja uudelleenkäyttö](#)

[6. Bitcoinlouhinnan tulevaisuus](#)



Nic Carterin esipuhe



Bitcoinlounhinta saattaa olla yksi maailman epäreilusti parjatuimmista toimialoista. Se edustaa kahta rohkeaa ajatusta, jotka loukkaavat syvästi länsimaita hallitsevia Davosin teknokraatteja: ensinnäkin sitä, että maailmanlaajuinen kestävä rahajärjestelmä on mahdollinen ja toivottava, ja toiseksi sitä, että energiantuotanto ja -kulutus ei ole moraalisesti väärin.

Siksi ei liene yllätys, että suhteellisen pieni toimiala (bitcoinlounhijat ansaitsivat viime vuonna noin 10 miljardin dollarin tulot) joutuu keskuspankkiirien, poliittisten päättäjien ja valtionpäämiesten suhteettoman kovan arvostelun kohteeksi. Lounhijat ovat olleet hitaita vastaamaan, ja tähän asti lounhijat ovat pitkälti olleet puolustuskanalla. Bitcoinlounhinnan

– sekä toimialaa että sen taloustiedettä – ymmärrettävyyttä parantavien välineiden lisääntymisen, avoimuuden kasvun ja lounhijoiden liiketoimintamallien kehityksen myötä on kuitenkin käynyt selväksi, että tosiasioille on tilausta. Bitcoinlounhinnan puolustaminen ei ole mielikuvituksellisten tarinoiden tai utopististen tulevaisuudenkuvien keksimistä, vaan kyse on yksinkertaisesti siitä, että esitellään joukko totuuksia toimialan tämänhetkisestä kehitysvaiheesta. Arcanen tiimi esittelee tutkimuksessaan kiitettävällä tavalla bitcoinlounhinnan realiteetit. He ovat tämän kasvavan toimialan eturintamassa.

Washingtonin, Brysselin ja Lontoon valtaapitävien mielet on vallannut vaarallinen kultti: uusmalthusilaisuudeksi kutsuttu oppi. Sen kannattajat uskovat, että vain talouslasku (*degrowth*) – joka on siis vain kiertoilmaus ihmisten köyhtymiselle, yhteiskunnan rappeutumiselle ja romahdukselle – riittää torjumaan resurssikilpailun ja ilmastonmuutoksen. Näiden ihmisten mukaan ihmisille energiantuotanto ja -kulutus ovat muistuttavat syntiä. Heidän mukaansa niukkuudesta päästään eroon nuukailemalla ja talouskurilla. Heille on pyhäinhäväistys ehdottaa, että kasvu ja innovaatiot voisivat olla parempi tie pois niukkuudesta.³

Bitcoinin vastustajat väittävät energiankulutuksen olevan pahasta. He politisoivat energiankulutuksen ja jättävät valtioiden virkamieskoneiston päätettäväksi, kuka saa käyttää energiaa ja miten. Bitcoinaajat kamppailevat tässä haastavassa ympäristössä. Bitcoinaajien on

³ Huom. TB – Tai kuten Per Bylund on [sanonut](#): ”Mikä aiheuttaa köyhyyttä? Ei mikään. Se on alkutila, oletusarvo ja lähtökohta. Todellinen kysymys on se, mikä saa aikaan vaurauden?”



epäreilulla tavalla perusteltava työntodistepohjaisen loushintaprosessin tärkeys – erityisesti suhteessa muihin ”edullisempiin” fiat-järjestelmiin, kuten varantodistejärjestelmään – ja bitcoinaajien tehtäväksi on jätetty Bitcoin-järjestelmän resurssikustannusten laskeminen.

Tässä raportissa Arcanen tiimi ei vain vastaa esitettyyn kritiikkiin, vaan esittää myös myönteisen ja rehellisen näkemyksen bitcoinlouhinnasta. Tiedämme, että nykyisin bitcoinlouhinta on suhteettoman vähähiilistä – paljon vähäpäästöisempää kuin käytännössä mikään muu teollisuudenala. Bitcoinlouhijat ovat edelläkävijöitä joustavan kuormituksen toteuttamismalleissa, joihin energiaverkkoja pyörittävät tahot eivät ole koskaan ennen törmänneet. Louhijat eivät suinkaan rasita energiajärjestelmiä, vaan tarjoavat arvokkaita tuotteita – eräänlaisia vakuutuksia – yhä epävakaammille uusiutuviin energialähteisiin nojaaville sähköverkoille. Louhinnan armottoman vapaat markkinat pakottavat toimijat luomaan ja kehittämään joitakin tämän ajan luovimmista energiateollisuuden liiketoimintamalleista, kuten energiamittarin takana tapahtuvaa samapaikkaisuuteen pohjautuvaa sijoittautumista muutoin kannattamattomien uusiutuvien energialähteiden kanssa, ja muutoin soihdutettavan maakaasun hyödyntämistä loushinnan energialähteenä.

Arcanen huolellisesti esittämät perustelut osoittavat loushijoiden kiihdyttävän uusiutuviin energialähteisiin siirtymistä, parantavan muutoin taloudellisesti hankalassa asemassa olevien uusiutuvien energialähteiden kokonaistaloudellisuutta, edistävän uudelleenhyödynnettävän energiainfrastruktuurin kehittämistä, tehostavan kasvihuonepäästöjen vähentämistä (kuten maakaasun hukkapolttoa eli soihduttamista) ja tasapainottavan hankalasti hallittavia tuuli- ja aurinkoenergiaverkkoja, joissa aurinko- ja tuulivoiman vaihtelevuus saattaa aiheuttaa monenlaisia pulmia. Todistamme bitcoinlouhinnan ja energiateollisuuden jatkuvaa vuoropuhelua ja yhteistyötä.



Tiivistelmä

Bitcoinlounhinta on saanut osakseen paljon kritiikkiä sen suhteellisen suureksi koetun energiankulutuksen vuoksi. Arvostelu perustuu pitkälti oletukseen, jonka mukaan bitcoinlounhinta ei saa energijärjestelmissä aikaan juuri minkäänlaisia myönteisiä ulkoisvaikutuksia. Lounhinta on siis tästä näkökulmasta tarkasteluna yksinomaan energiasyöppöä ja turhaa toimintaa, joka johtaa pahimmillaan uusiutumattoman energian käytön lisääntymiseen. Kriitikot ovatkin innokkaita yhdistämään Bitcoin-verkon laskentatehon, sähkönkulutuksen ja ilmastopäästöt toisiinsa, mutta tosiasiaa kysymys bitcoinlounhinnasta, sen tarkoituksesta ja sen ulkoisvaikutuksista on huomattavasti monisyisempi.

Monet lounhinnan kovimmista kritikoista eivät kuitenkaan ymmärrä riittävässä määrin Bitcoinia tai energijärjestelmien toimintaa. Tässä Arcane Researchin tuottamassa ja [Cowan](#) tukemassa [raportissa](#) osoitetaan, miten bitcoinlounhinta voi vaikuttaa myönteisesti energijärjestelmien kehitykseen.

Raportissa myönnetään, että suurin osa lounhintatoiminnasta ei tällä hetkellä toimi tässä raportissa esitetyin tavoin. Kirjoittajat kuitenkin uskovat, että lounhinta tulee väistämättä siirtymään enenevässä määrin tässä kuvailtuun suuntaan. Ammattimainen bitcoinlounhinta on vielä varsin nuori ja kehittymätön toimiala suhteessa moniin muihin talouden ja teollisuuden aloihin. Bitcoinin merkittävästi noussut hinta yhdistettynä lounhintalaitteiden tuotannon pullonkauloihin teki lounhinnasta erittäin kannattavaa liiketoimintaa 2020-luvun alkupuolella. Näin ollen useiden lounhijoiden päätavoite oli vielä joitakin vuosia sitten vain hankkia ja kytkeä mahdollisimman monta lounhintalaitetta verkkoon, sähkökustannuksista viis. Bitcoinin hinnan voimakkaasti noustessa näytti olevan tärkeintä lounhia mahdollisimman hyvillä laitteilla mahdollisimman paljon, koska sen hintahan ei voi juurikaan laskea (tai energiakustannukset nousta), vai mitä?

Sähkökustannusten sivuuttaminen ei ole lounhijoiden näkökulmasta kestävä tapa toimia, vaikka yksittäisten lounhijoiden näkökulmasta näin saattaakin olla eri aikoina ollakin mielekästä toimia. Tietyissä olosuhteissa ja sijainneissa toimivilla bitcoinlounhijoilla ei välttämättä ole kovinkaan suurta huolta energiamarkkinoiden häiriöistä, mutta myöskään niiden operaatiot eivät voi jatkua ajasta ikuisuuteen.⁴ Lisääntyvä kilpailu heikentää ajan mittaan jopa nousumarkkinoilla lounhinnan katteita. Tämä puolestaan pakottaa lounhijat kiinnittämään erityistä huomiota kustannusrakenteeseen, jossa tärkein yksittäinen tekijä on lounhinnassa käytetyn sähkön hinta. Lisäksi lounhinta on suhdanneherkkä toimiala, eikä se ole kaikissa olosuhteissa kovin kannattavaa.

⁴ Niin sanotut sähköverkosta kokonaan irti olevat (off-grid) bitcoinlounhijat saattavat kohdata muita haasteita, jotka voivat pitkään jatkuessaan vaarantaa niiden pitkäaikaisen kannattavuuden tai koko liiketoimintamallin. Esimerkiksi epävakaisissa maissa toimivat tai yllättävän kilpailullisen sähkön ostajan kohtaavat bitcoinlounhijat saattavat mennä nurin, jos niillä ei ole kykyä skaalata ja hajauttaa liiketoimintaansa riittävän nopeasti.



Laskusuhdanteiden aikana, kuten kesällä 2022, louhinnan katteiden silmiinpistävä sulaminen pakottaa louhijat toimimaan luovasti sähkökustannusten leikkaamiseksi. Louhijoiden kannalta helpoin tapa sähkökustannusten alentamiseksi on tehdä yhteistyötä energiateollisuuden kanssa joidenkin kaikkein kiireellisimpien energiamarkkinoihin, -teollisuuteen ja -tuotantoon liittyvien haasteiden ratkaisemiseksi.

Käsitlemme johdannon jälkeen lyhyesti neljää energiatoimialan kysymystä, joissa bitcoinlouhijat voivat myönteisesti edesauttaa energiajärjestelmien kestävyyttä ja/tai parantaa (uusiutuvan) energiantuotannon kokonaistaloudellisuutta.

1. Sähköverkkojen vahvistaminen bitcoinlouhinnan avulla.
2. Uusiutuvan energian kokonaistaloudellisuuden parantaminen bitcoinlouhinnan avulla.
3. Maakaasun soihduttamisen vähentäminen bitcoinlouhinnan avulla.
4. Bitcoinlouhinnan tuottaman hukkalämmön talteenotto ja uudelleenkäyttö.

Suomenkielisen raportin valmistellut Thomas Brand kiittää lämpimästi Arcane Researchiä ja alkuperäisen englanninkielisen raportin kirjoittanutta Anders Helsethiä oikeudesta tuottaa ja jaella mukaelma hänen ja Jaran Mellerudin viime vuonna julkaisemasta bitcoinlouhintaa käsittelevästä [tutkimuksesta](#). Suomenkieliseen versioon on koottu vain lyhyesti tärkeimmät nostoja Arcanen tutkimusraportista, mutta kiinnostuneille suosittelemme koko alkuperäisen raportin lukemista.

Arcane Research on osa norjalaista First North -listattua [Arcane Crypto](#) -monialakonsernia. Arcane Crypto on erikoistunut kryptomarkkinainfrastruktuurin ja kryptovaroihin liittyvien palveluiden kehittämiseen. Arcane Research tekee puolestaan lohkoketjuteknologiaa, avoimia kryptojärjestelmiä ja bitcoinia koskevaa tutkimusta.

Arcane Researchin tutkimuksen julkaisemista tuki brittiläinen [Cowa](#). Cowa on yksi Euroopan suurimmista lohkoketjuinfrastruktuuriin ja bitcoinlouhintaan erikoistuneista toimijoista. Yhtiön datakeskukset pyörivät täysin vesivoiman varassa. Cowa pyörittää Euroopan suurimpia Salamaverkko-operaatioita.



1. Miksi ja miten Bitcoin kuluttaa energiaa?

Bitcoinlouhinnan ja siihen liittyvän työntodisteen ymmärtäminen edellyttää vähintään pintapuolista ymmärrystä Bitcoinista. Karkeasti ottaen Bitcoin-lohkoketjua voidaan tarkastella hajautettuna tietokantana tai tilikirjana, joka koostuu solmuiksi ja louhijoiksi⁵ kutsuttujen toimijoiden (eli käytännössä tietokoneiden) muodostamasta vertaisverkosta. Tässä osiossa selitämme seikat, jotka ovat välttämättömiä Bitcoinin ja louhinnan ymmärtämiseksi.

1.1 Energiankulutus on Bitcoinin perustavanlaatuinen ja tärkeä piirre

Bitcoin on solmuiksi kutsuttujen tietokoneiden muodostama verkko. Solmut viestivät keskenään Internetin välityksellä. Periaatteessa solmut voivat viestiä keskenään mitä tahansa. Käytännössä kaikki muut solmut käytännössä kuitenkin sivuuttavat sinut, mikäli et noudata Bitcoin-verkon konsensussääntöjä. Bitcoinin konsensussäännöt pitävät sisällään lukuisia teknisiä vaatimuksia sille, millä pelissäännöllä on pelattava, mikäli mieli olla verkon jäsen – ja sääntöjä rikkovia verkko ei konsensuksen vuoksi kunnioita, vaan heidät suljetaan verkosta.

Bitcoin on kokoelma tarkkapiirteisiä konsensussääntöjä ilman hallitsijaa tai johtajaa. Bitcoinia ei pyöritä sellainen taho, joka voisi yksipuolisesti muuttaa verkkoa pyörittäviin ohjelmistoihin tai niiden noudattamiin protokollasääntöjä. Siksi voidaan sanoa, että tosiasiasa Bitcoinia ei hallitse kukaan muu kuin sitä käyttävät. Arkipäiväisestä elämästä on todella vaikea löytää konkreettista esimerkkiä, jonka avulla Bitcoinin hajautettua hallintomallia olisi helppo kuvata. Se ei nimittäin noudata sitä perinteistä ajatusta, että kaiken takana on aina joku, joka lopulta päättää asioiden oikean laidan. Satoshi Nakamoto, joka esitti Bitcoin-protokollan ajatuksen vuonna 2008 julkaisemassaan teknisessä kuvauksessa⁶, tunnisti nämä haasteet jo alusta alkaen ja suunnitteli ylätasolla ratkaisun siihen, miten arvoa voidaan siirtää ilman luotettavia osapuolia.

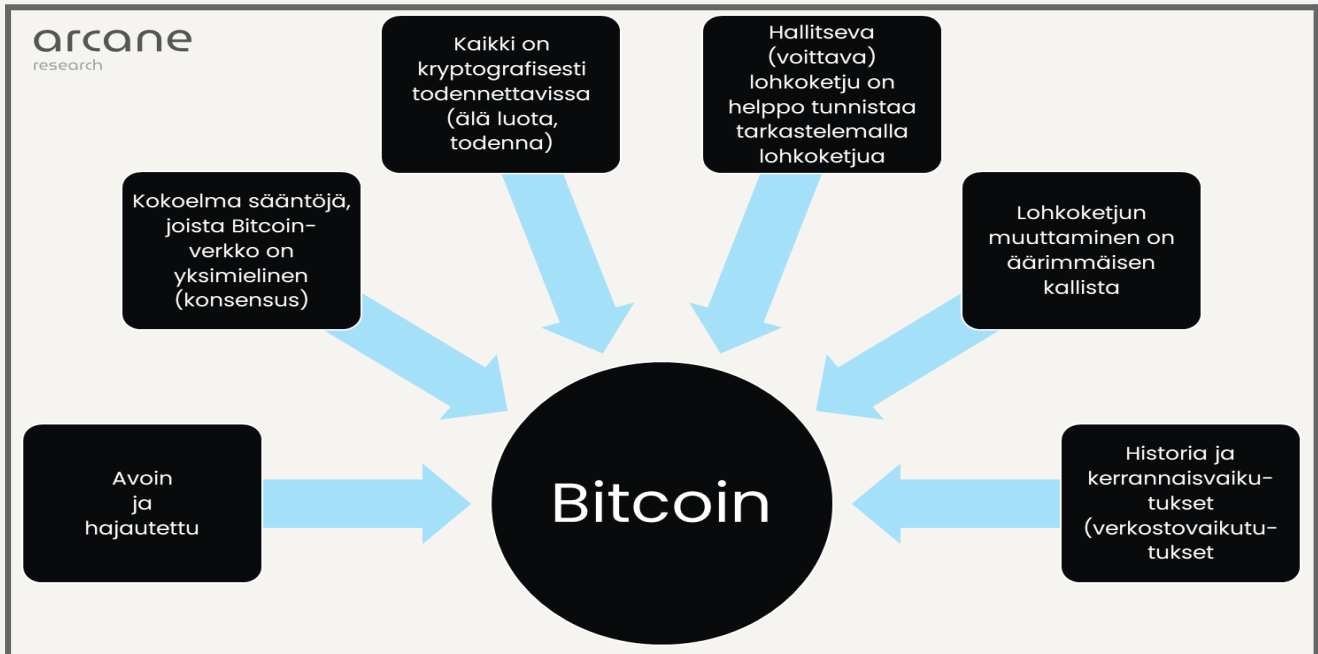
Bitcoinin hallintomallissa ohjelmistokehittäjien, louhijoiden, solmujen, sijoittajien, palveluntarjoajien ja muiden osapuolien kannustimet ovat pitkällä aikavälillä samat, vaikka välillä tasapaino

⁵ Täyssolmut vahvistavat kaikki Bitcoin-lohkoketjuun kirjatut tapahtumat, koska ne pitävät hallussaan omaa kopiotaan Bitcoin-lohkoketjusta. Kaikki louhijat ovat täyssolmuja, mutta kaikki täyssolmut eivät ole louhijoita. Louhijan on pakko pyörittää täyssolmuja. Täyssolmut ovat Bitcoinin hallintomallin keskiössä, kuten Pierre Rochard on [huomauttanut](#). Louhijoilla on roolinsa, mutta pohjimmiltaan ne ovat "palkkasotureita".

⁶ Satoshi Nakamoto (2008). [Bitcoin: Sähköinen käteisjärjestelmä vertaisverkossa](#). White paper.



saattaakin hetkellisesti järkkyä. Tämä koettiin niin sanotun lohkokokosodan aikana, kun louhijat kuvittelivat hallitsevansa Bitcoinia.⁷



Kuvio 1. Lukuisten ominaisuuksien ja verkostovaikutusten yhdistelmä tekee Bitcoinista Bitcoinin.

Bitcoin-verkon konsensussäännöt ovat vain joukko tietokonekoodiksi muutettuja sääntöjä, joita ihmiset haluavat vapaaehtoisesti noudattaa. Ei ole olemassa mitään pakottavaa syytä tai luonnonlakia, joka pakottaisi solmun noudattamaan Bitcoin-verkon sääntöjä. Kannustimet yhdistettynä verkon hajautuneisuuteen kuitenkin varmistavat Bitcoin-verkon toiminnan ja konsensussäännöt takaavat sen pysyvyyden.

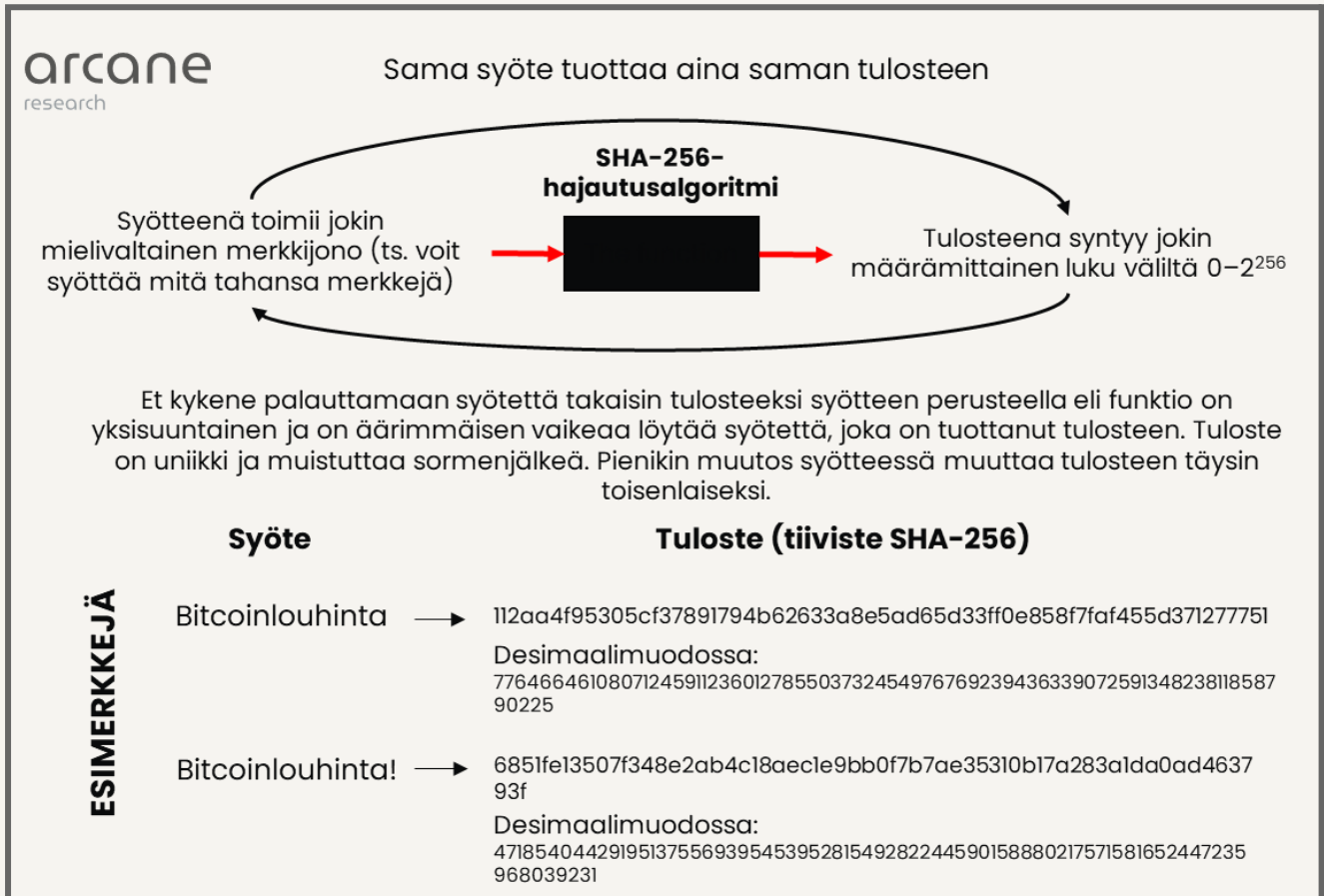
Bitcoin-verkon tehtävät voidaan jakaa **kahteen pääryhmään**. Ne ovat kaikessa yksinkertaisuudessaan seuraavat:

1. Millä tahansa ajanhetkellä varmistaa, että kaikki uudet ja aiemmat liiketoimet (transaktiot) noudattavat Bitcoin-protokollaan kirjattuja sääntöjä. Tämä suoritetaan kryptografisesti konsensussääntöjä noudattaen.
2. Bitcoin-lohkoketjuun kirjattujen liiketoimien ajallisen järjestyksen varmistaminen on elintärkeää Bitcoin-verkon kannalta, jotta kukaan ei voi kupata järjestelmästä hänelle kuulumatonta etua. Bitcoin-verkko on ratkaissut valtavan tehtävän liiketoimien ajallisesta järjestämisestä hajautetusti turvautumalla työntodisteeseen.

⁷ Jonathan Bier (2021). [Lohkokosota: Taistelu Bitcoinin protokollasääntöjen hallinnasta](#). Suom. Thomas Brand & Remu Karhulahti. Consensus Network.



Bitcoin-verkko hyödyntää tiivistefunktiota nokkelalla tavalla, jotta osallistujat voivat todistaa työn ja siten järjestellä siirtotapahtumat aikajärjestykseen. Bitcoin siis luo energiaa kuluttamalla väärentämättömän, ehdottoman varman historian – ajallisesti järjestettyjen lohkojen menneisyyden – työntodisteen avulla.



Kuvio 2. Bitcoinin hyödyntämän SHA-256-hajautus-/tiivistealgoritmin toiminta yksinkertaistettusti.⁸

Bitcoin-verkko järjestee liiketoimet erämäiseksi rakenteeksi. Yksittäisistä liiketoimista koostettuihin eriin viitataan käytännön syistä lohkoina ja jokainen Bitcoin-lohkoketjuun liitetty lohko sisältää dataa. Uuden lohkon tuottamiseksi, jonka Bitcoin-verkko hyväksyy kelvollisena, louhijan on toimitettava ehdotuksessaan kelvollinen lohkon otsake, joka koostuu edellisen lohkon merkkijonosta koostuva tiiviste, uusista siirtotapahtumista tuotettu tiiviste, aikaleima,

⁸ Voit tehdä muunnoksia tällä [työkalulla](#).



vaikeustaso, lohkon versio ja nonssi⁹. Bitcoin-protokollaa noudattavat louhijat laskevat tiivisteet yksisuuntaisella tiivistefunktiolla (SHA-256-tiivistealgoritmi) siten, että tiivistefunktion tulosteesta pyritään kylmästi etsimään ja kokeilemaan kaikki mahdolliset syötteet ja louhija tarkistaa, syntyykö sama tiiviste. Louhija siis syöttää tuottamansa merkkijonon SHA-256-tiivistealgoritmiin ja vahvistaa ehdottamansa lohkon tiivistearvon.

Kaikkia lohkon otsakkeessa olevia tietoja voidaan pitää nonssia lukuun ottamatta annettuina, eli ne on lisättävä tai laskettava vain kerran. Kelvollisen lohkon otsakkeen tuottaminen edellyttää sellaisen tiivistearvon löytämistä eli sellaisen nonssin arvaamista, joka on alle vaikeusasteen mukaisen kohdearvon. Nonssi on numero väliltä 0–2³², ja "oikean" nonssin löytäminen onnistuu vain tekemällä työtä eli arvaamalla. Oikean nonssin löytäminen todistaa sen, että louhija on nähnyt paljon vaivaa arvaamalla suuren määrän numeroita, eli se toimii todisteena työstä (eli työntodisteena).

Bitcoinlouhinta on prosessi, jossa tietokoneiden avulla etsitään yrityksen ja erehdyksen kautta nonssia, joka tuottaa kelvollisen lohkon otsakkeen. Mitä useampia numeroita kykenet arvaamaan, sitä suuremmat mahdollisuudet louhijalla on arvata kelvollinen nonssi.

Louhijat eivät tee työtä hyvää hyvyttään. Bitcoin kannustaa louhijoita louhimaan palkitsemalla voittajalouhijan. Bitcoin tuottaa noin 10 minuutin välein uuden kelvollisen lohkon ja uuden kelvollisen lohkon tuottanut saa palkkioksi työstään uusia bitcoineja (lohkotuki) ja lohkon koottujen transaktioiden siirtokulut (vaihteleva osuus). Jokaisesta uudesta lohkoista oikean nonssin ensimmäisenä arvaavalle bitcoinlouhijalle Bitcoin-protokolla vapauttaa tällä hetkellä kiinteän 6,25 bitcoinin palkkion. Tämä lohkotueksi kutsuttu palkkio puoliintuu joka neljäs vuosi, ja seuraavan puoliintumisen on määrä tapahtua maaliskuun 2024 loppupuolella. Louhijat eivät siis varsinaisesti luo uutta bitcoinia (koska bitcoinit ovat oikeastaan jo olemassa), vaan louhijat tuottavat uusia lohkoja tuottamalla tiivisteitä.¹⁰

Bitcoinlouhintaan kuluva työmäärä lasketaan tiivisteinä sekunnissa. Yksinkertaisesti sanottuna se mittaa sitä, kuinka monta nonssia louhijat kykenevät tarkistamaan sekunnissa. Tiivisteiden tuottamisen kustannukset koostuvat pääomakustannuksista (CAPEX) ja operatiivisista menoista (OPEX). Operatiivisista menoista tärkein on sähkön hinta.

⁹ Nonssi, jota kutsutaan toisinaan myös suolaksi, saattaa kuulostaa kummalliselta, mutta se ei ole kummallinen. Bitcoinin tapauksessa nonssi on yksinkertaisesti 32-bittinen numero. Nonssien hakuavaruus on näin ollen noin neljä miljoonaa, koska $2^{32} = 4\,294\,967\,296$. Eli louhija voi luoda yli neljä miljoonaa ainutlaatuista tiivistearvoa lohkolle, jossa mitään muita arvoja ei muuteta. Esimerkiksi [Antminer S19 XP Hyd](#) -louhintalaitteen laskentateho on korkeimmillaan 255 Th/s. Louhintalaitte tuottaa siis yli 150 miljoonaa tiivistettä sekunnissa.

¹⁰ Tätä voi verrata kullon louhintaan. Kaivosyhtiöt tai huuhtajat eivät luo tai tuota uutta kultaa, vaan ne ottavat jo olemassaolevan kullon talteen kultakerrostumista tekemällä työtä.

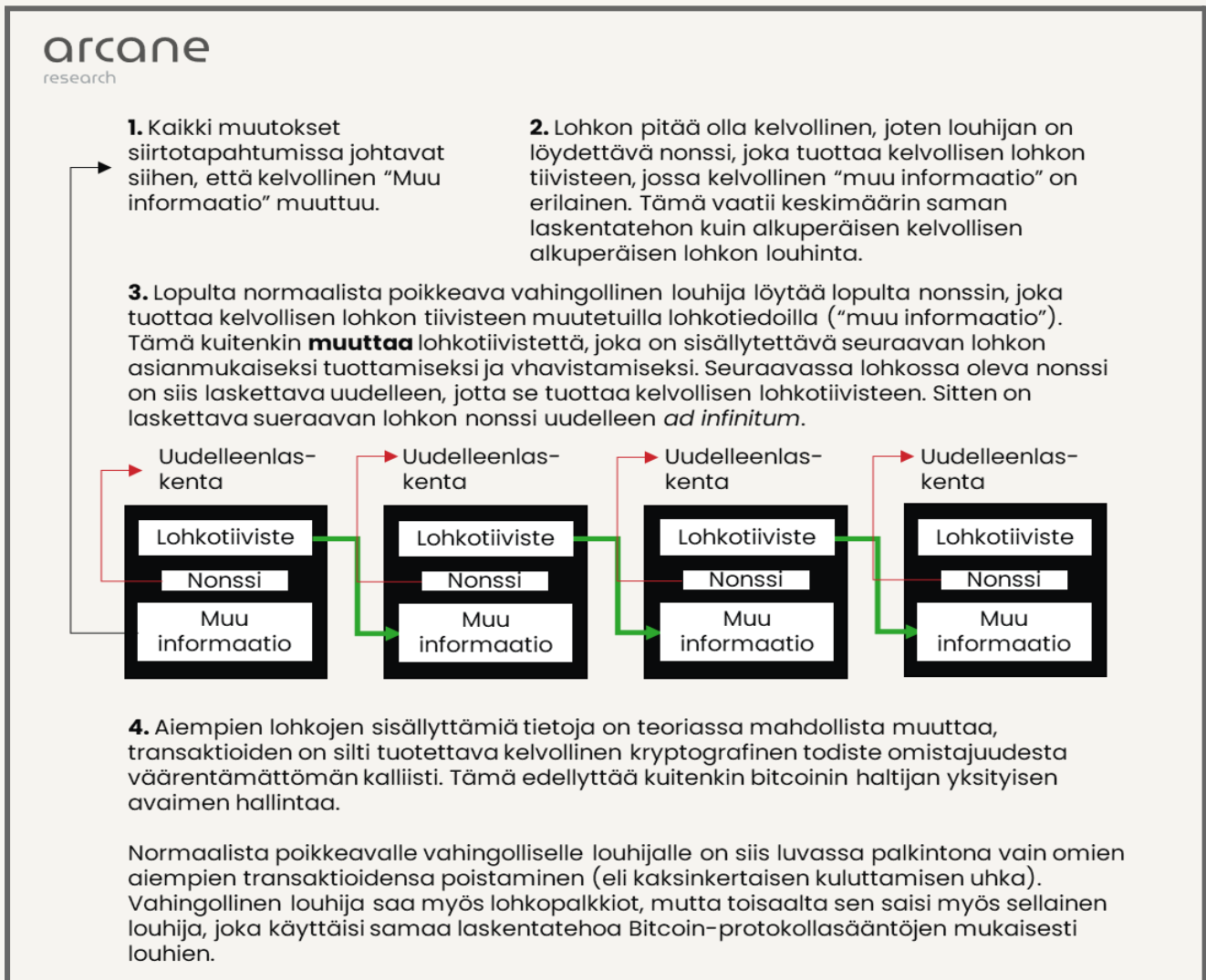


Bitcoin-verkon turvallisuutta voidaan mitata sillä, kuinka kallista on saada enemmistö verkon laskentatehosta. Työn määrällä eli louhinnan määrällä on siis keskeinen merkitys Bitcoin-verkon turvallisuudelle, koska mitä enemmän tiivistelaskentaa verkon turvana on, sitä turvallisempi Bitcoin-lohkoketju on. Louhinnan avulla varmistetaan ketjun eheys, muuttumattomuus ja identtisyys.

Bitcoin-verkko hyväksyy lohkon, jos se täyttää seuraavat ominaisuudet:

1. Tarkistetaan, onko edellinen lohko, johon uusi lohko viittaa, olemassa ja onko se kelvollinen.
2. Tarkistetaan, että lohkon aikaleima on suurempi kuin edellisen lohkon aikaleima ja alle kahden tunnin päässä tulevaisuudessa.
3. Tarkistetaan, että lohkoon liittyvä todiste on kelvollinen (tuottaa alle kynnyksarvon jäävän tiivisteen)
4. Tarkistetaan, että jokainen yksittäinen siirto on aito, eli että siirretyt bitcoinit siirretään osoitteista, joiden saldo on riittävän suuri tämän transaktion toteuttamiseksi.

Mikäli Bitcoin-lohkoketjusta lähetetään useita kilpailevia, mutta muutoin kelvollisia versioita, verkko valitsee ohjelmallisesti pisimmän ketjun, joka sisältää suurimman määrän työntodistetta. Mikäli jokin taho haluaisi itse luoda pisimmän lohkoketjun, sillä on oltava hallussaan yli puolet Bitcoin-verkon laskentatehosta (tätä kutsutaan usein 51 prosentin hyökkäykseksi).



Kuvio 3. Bitcoin-lohkoketjussa viittaus edellisen lohkon tiivisteseen luo lohkoketjun, jonka muuttaminen on äärimmäisen kallista ja riskikästä.

Riippumatta siitä, kenellä on enemmistö verkon laskentatehosta, kelvollinen ja kelvollinen liiketoimi edellyttää hyväksyttävää kryptografista todistusta. On siis olemassa selvät rajat sille, mitä laskentatehoa hallitseva toimija voi todellisuudessa tehdä Bitcoin-lohkoketjulle.

Bitcoin-verkkoa vastaan toteutettavan 51 prosentin hyökkäyksen myötä on mahdollista:

- Peruuttaa sellaisia aiemmin kelvollisiksi määriteltyjä maksuja sellaisista osoitteista, joiden yksityiset avaimet ovat hyökkääjän hallussa.
- Viedä louhintapalkkion mennessään (jonka hyökkääjä olisi saattanut saada myös toimiessaan "toivottavalla" Bitcoin-protokollan sääntöjen mukaisesti).

Bitcoin-verkkoa vastaan "hyökkämisestä" saatava hyöty rajoittuu siis aiempien maksutapahtumien peruuttamiseen, mikä luo niin sanotun kaksinkertaisen kuluttamisen ongelman, eli hyökkääjä voisi kuluttaa saman bitcoininsa useamman kerran.

Tällaisen 51 prosentin hyökkäyksen tekemisen kustannukset riippuvat suoraan siitä, kuinka paljon verkolla on laskentatehoa käytössään. Mitä enemmän lounhintaa, sitä kalliimpaa on tehdä 51 prosentin hyökkäys – ja sitä turvallisempi Bitcoin-verkko kokonaisuudessaan on. Kun tähän lisätään se tosiasia, että kaikki peukaloidusta lohkosta eteenpäin tuotetut lohkot on käytännössä luotavat uudelleen eli löydettävä uusi kelvollinen nonssi, 51 prosentin hyökkäys on erittäin kallista ja vaivalloista.

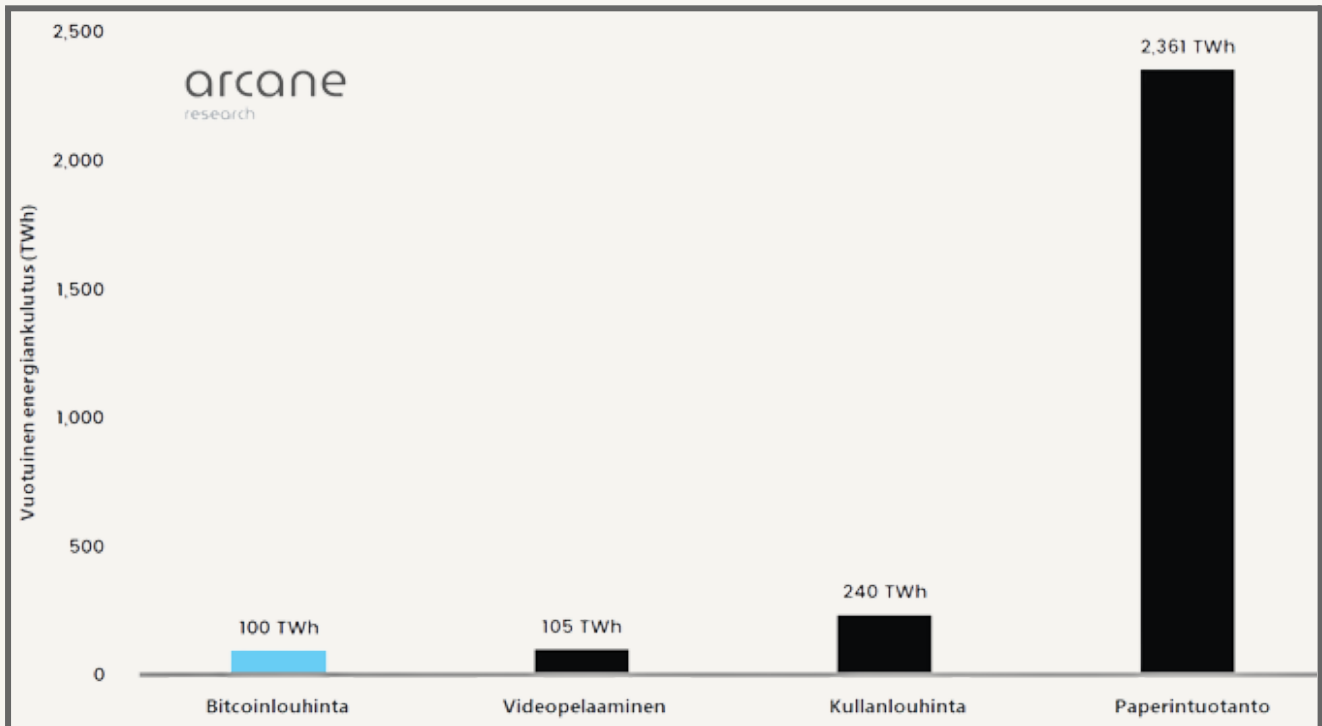
1.2 Bitcoinlouhijat ovat ainutlaatuisia energiankuluttajia

Bitcoinlounhinta on kehittynyt valtavasti muutaman viime vuoden aikana lyhyen historiansa aikana. Ytimeltään bitcoinlounhinta on pysynyt samanlaisena aina niistä ajoista kuin Satoshi Nakamoton louhi Bitcoin-lohkoketjun alkulohkon: lounhinnassa on käytännössä kyse maailmanlaajuisista arpajaisista, jossa osallistujat – lounhijat – yrittävät arvata tietyt ehdot täyttävän satunnaisluvun ja mitä enemmän sinulla on laskentatehoa, sitä enemmän sinulla on arpajaislippuja. Bitcoinlounhinta sai alkunsa tavallisten pöytä tietokoneiden suorittimilla tehdystä soololounhinnasta, kun nörtit ja muut harrastelijat halusivat kokeilla, miten taianomainen internet-raha toimii. Louhijoita oli vähän ja verkon laskentatehon mataluuden ansiosta vaikeusasteeseen ei ollut kovinkaan korkea, joten kilpailu oli melko tasaväkistä. Viime vuosina bitcoinlounhinta on ammattimaistunut ja institutionalisoitunut suurin askelin kohti teollisen mittakaavan erillislaitoksia, jotka on täytetty ASIC-lounhintalaitteiksi kutsutuilla erikoistietokoneilla. Samaan aikaan myös niin sanotuista lounhintasyndikaateista (tai -altaista) on tullut oletusarvoinen tapa lounhia kannattavammin, jolloin ansaitut lohkopalkkiot jaetaan syndikaatin jäsenten kesken.

Bitcoinlounhinnan energiankulutus on kasvanut huomattavasti Bitcoin-verkon kasvun myötä, se on edelleen maailmanlaajuisesti tarkasteltuna suhteellisen merkityksetöntä toimintaa. Bitcoin-lounhintaverkko kuluttaa eri arvioiden mukaan noin 100–266 TWh¹¹ vuodessa eli noin 0,06–0,16 prosenttia koko maailman energiankulutuksesta.¹² Bitcoin-verkko siis kuluttaa energiaa suunnilleen saman verran kuin YouTube ja tietokonepelit. Bitcoinlounhinnan energiankulutusta voidaan lisäksi verrata muihin, perinteisempiin energiasyöppöihin teollisuudenaloihin, kuten paperintuotantoon, joka kuluttaa 24-kertaisesti enemmän energiaa kuin globaali raha- ja arvonsiirtoverkko Bitcoin.

¹¹ [Hashrate Index: Bitcoin Mining Energy Consumption Index](#)

¹² [Our World in Data: Energy Production and Consumption](#)



Kuvio 4. Energiankulutus: Bitcoinlouhinta verrattuna muihin kuluttajiin ja teollisuudenaloihin.¹³
Lähde: Hashrate Index¹⁴, BMC¹⁵, Braiins¹⁶, Galaxy Digital¹⁷, IEA¹⁸

Useimmat ihmiset eivät suhtautu bitcoinlouhintaan vain yhtenä energiasyöppönä toimialana muiden joukossa, mutta bitcoinlouhinnassa on yksi merkittävä ero muihin toimialoihin verrattuna: bitcoinlouhijat ovat ainutlaatuisen loistavia sen suhteen, milloin ja missä ne kuluttavat energiaa laskentatehon synnyttämiseksi. Esittelemme seuraavaksi viisi bitcoinlouhinnan sähkönkulutukseen liittyvää piirrettä, joiden vuoksi louhijat ovat ainutlaatuisen joustavia sähkönkuluttajia.

¹³ Huom. TB: Tämänhetkiset arviot Bitcoinin energiankulutuksesta vaihtelevat noin 115–275 TWh/v välillä, jonka lisäksi arvioiduissa ala- ja ylärajoissa on suurta hajontaa. Eräissä Bitcoinia perinteiseen finanssipalvelujärjestelmään vertailevassa [tutkimuksessa](#) on arvioitu, että Bitcoinin energiankulutus saattaisi olla tällä hetkellä "vain" 80,7 TWh ja tulevaisuudessa tietyt oletukset huomioiden huomattavasti tätä matalampi ilman, että Bitcoin-protokollaan tehdään mitään muutoksia. Erot energiankulutuksen arvioissa johtuvat metodologiasta ja siitä, millaisia oletuksia muun muassa louhijoiden sijainneista ja käytettävissä olevista louhintalaitteista tehdään.

¹⁴ [Hashrate Index: Bitcoin Mining Energy Consumption Index](#)

¹⁵ [Bitcoin Mining Council: Global Bitcoin Mining Data Review Q3 2022](#)

¹⁶ [Braiins: So You Think Bitcoin Mining is Wasteful?](#)

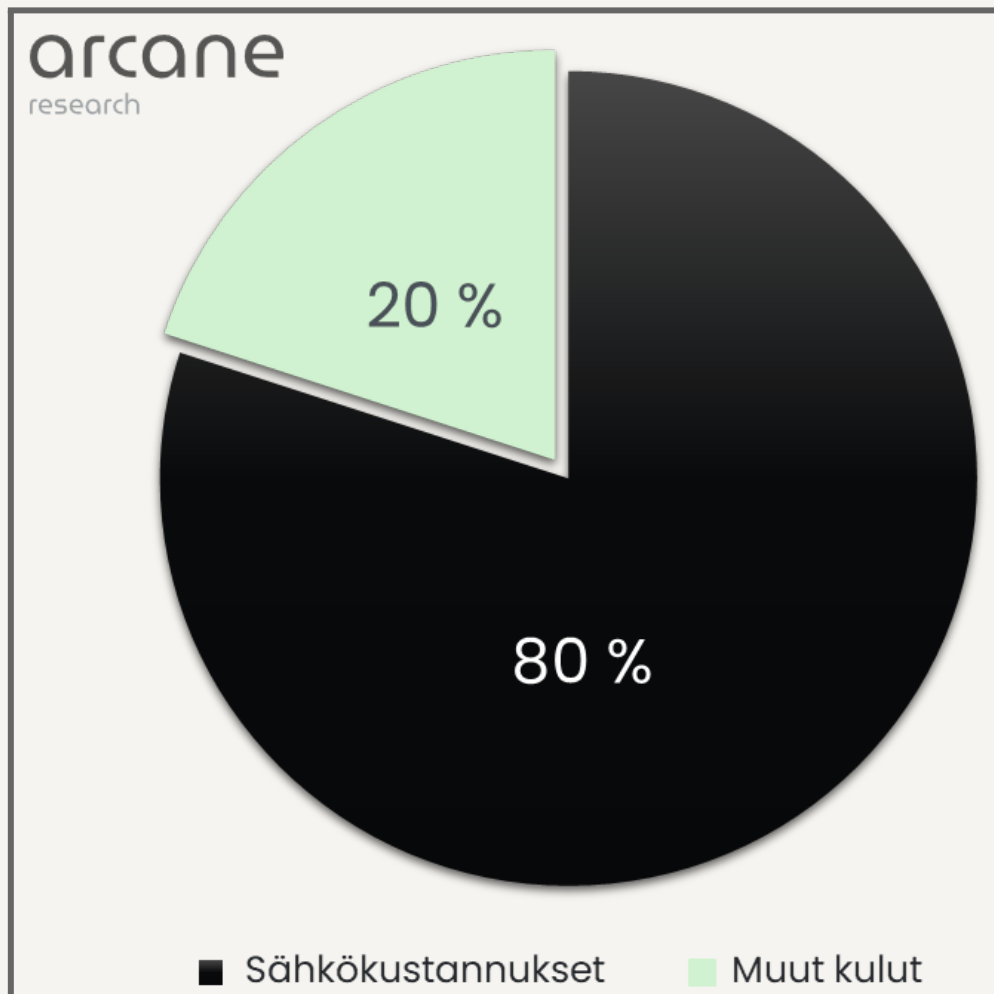
¹⁷ [Galaxy Digital Research: On Bitcoin's Energy Consumption – A Quantitative Approach to a Subjective Question](#)

¹⁸ [The International Energy Agency: Pulp and Paper](#)



1.2.1 Hintaherkkyys

Sähkön osuus bitcoinlouhinnan käyttökustannusrakenteesta on noin 80 prosenttia.¹⁹ Sähkö on louhintaprosessin kannalta tärkein tuotantopanos, koska jos sähköä ei ole tarjolla tai tuotettavissa, louhinta on käytännössä nykymuotoisessa teollisessa mittakaavassa mahdotonta. Sähkön tärkeyden vuoksi katsomme louhinnan olevan tapa jalostaa sähköä: louhija siirtää sähköä louhintalaitteisiin, jotka jalostavat sähkön bitcoineiksi (ja vapauttavat samalla (hukka)lämpöä louhinnan sivutuotteena).



Kuvio 5. Bitcoinlouhinnan liiketoimintakulujen rakenne. Lähde: Cambridgen yliopisto²⁰

Bitcoinlouhinta on maailmanlaajuinen markkina, ja kaikki markkinoille pääsyn esteet ovat hyvin matalat, jonka vuoksi toimiala muistuttaa täydellisesti kilpailtua markkinaa ja kilpailu on äärimmäisen kovaa (kaikki louhijat kohtaavat toiminnan ammattimaisuudesta riippumatta

¹⁹ [University of Cambridge: 3rd Global Cryptoasset Benchmarking Study](#)

²⁰ [University of Cambridge: 3rd Global Cryptoasset Benchmarking Study](#)

hyperkilpailullisen toimintaympäristön). Ainoa keino säilyttää kilpailukyky pidemmällä aikavälillä on minimoida kustannukset. Sähkö on niin merkittävä osa louhijan kustannusrakennetta, että louhijoilla on hyvin suuri kannustin reagoida sähkön hinnan muutoksiin mukauttamalla sähkönkulutusta tai siirtämällä toimintansa parempaan energiaympäristöön. Esimerkkinä bitcoinlouhinnan hintaherkkyydestä voidaan mainita, että norjalaiset louhijat reagoivat sähkön hinnan nousuun maan eteläosissa siirtämällä toimintansa pohjoisemmaksi, missä sähkö on edullisempaa.²¹

1.2.2 Toiminnan keskeytettävyyys

Bitcoinlouhija "myy" turvallisuuspalveluita Bitcoin-verkolle eli käytännössä laskentateholla tuotettuja tiivisteitä. Louhijoiden tuottamat tiivisteet ovat toisistaan riippumattomia, joten louhija voi keskeyttää tiivistetuotannon ja energiankulutuksensa milloin tahansa. Se voi paitsi keskeyttää kulutuksensa, mutta lisäksi se voi säätää tuotantoaan ja kulutustaan hyvin hienojakoisesti ylös- tai alaspäin kilowattien tarkkuudella. Bitcoinlouhinta on helposti keskeytettävissä ja energian hintaan reagoivaa kuormitusta, louhinta on ihanteellinen kysyntäjouston luomiseksi ja energiajärjestelmien vahvistamiseksi. Tähän seikkaan pureudumme hieman myöhemmin.

1.2.3 Paikkariippumattomuus

Useimmat muut energiaa paljon kuluttavat toimialat tuottavat pääsääntöisesti fyysisiä reaali maailman tuotteita, joiden tuotanto on vain osa niiden elinkaarta. Tärkeintä on saada hyödykkeet toimitettua seuraavalle arvoketjun osalle. Bitcoinlouhijat tuottavat puolestaan tiivisteitä, jotka ovat Internetin välityksellä myytävä datatuote. Bitcoinlouhinta voidaan käynnistää käytännössä missä tahansa paikassa, josta on saatavissa edullista energiaa ja Internet-yhteys. Bitcoinlouhinnan sijainnista riippumaton luonne takaa sen, että energiankuluttaja – louhija – on sijoitettavissa energialähteen välittömään läheisyyteen. Louhijat ovat muutoin aiemmin hukkaan heitettyjen energiaresurssien viime käden ostajia, minkä vuoksi muun muassa öljyteollisuudessa on ryhdytty louhimaan bitcoinia muutoin soihdutetulla maakaasulla. Tätäkin seikkaa käsitellään tässä tiivistelmässä hieman myöhemmin.

1.2.4 Moduulirakenteisuus

Bitcoinlouhintaan erikoistuneet ASIC-erikoistietokoneet kuluttavat noin 1–7 kW.²² Näitä erikoiskoneita on mahdollista yhdistellä eri määriä eri kuormitustasoille. Sillä, haluaako energiaa bitcoinlouhijoille myytä taho louhintakuormaksi 5 MW, 20 MW vai 100 MW, ei ole mitään

²¹ [Arcane Research: Bitcoin mining around the world – Norway](#), [Arcane Research: Bitcoin mining around the world – Georgia](#), [Hashrate Index: Bitcoin mining around the world – Sweden](#)

²² [ASIC Miner Value: Miners profitability](#)



merkitystä: kaikki kuormakoot on mahdollista toteuttaa yksinkertaisesti muuttamalla louhintalaitteiden tyyppiä ja määriä.

Bitcoinlouhinnan modulaarirakenteisuus mahdollistaa sen, että bitcoinlouhintakuorma on mahdollista suunnitella hyvin tarkoin vastaamaan käytettävissä olevaa energiantuotantokapasiteettia. Tämä on erityisen tärkeää, kun bitcoinlouhinnan kuormaa sovitetaan yhteen muutoin hukkaan joutuvan uusiutuvan energiantuottajan ylimääräisen tuotantokapasiteetin kanssa sen kokonaistaloudellisuuden parantamiseksi. Tarkastelemme tätä seikkaa myöhemmin.

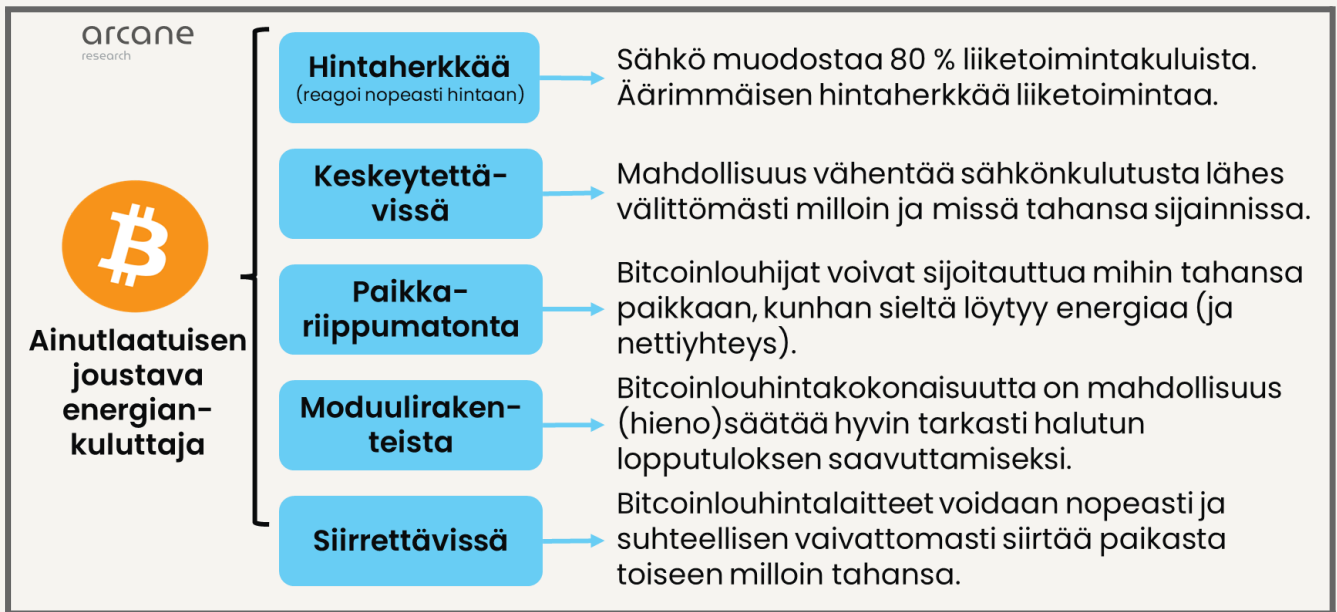
1.2.5 Vaivattomasti siirrettävissä ja liikuteltavissa

Bitcoinlouhintakuorma voidaan suunnitella ja toteuttaa tietyillä tavoin sen vaivattoman siirtämisen varmistamiseksi. Erikoisvalmisteisten kuljetuskonttien täyttäminen louhintalaitteilla on ollut yksi viime vuosien kasvava trendi, koska se vaikuttaa olevan yksi parhaista keinoista optimoida louhintalaitteiden käyttö ja siirrettävyys. Tällaiset konttiratkaisut on suunniteltu plug-and-play-periaatetta noudattaen, ja ne voidaan tarvittaessa siirtää nopeasti sijainnista toiseen.

Esimerkkinä louhinnan rakenteellisesta siirtymästä oli vuosittainen louhijoiden muuttoliike Kiinassa. Kiinalaiset louhijat siirsivät louhintalaitteitaan Kiinassa eri alueiden välillä, koska etenkin kiinalaisille louhijoille tärkeässä vesivoimassa oli merkittäviä eroja vuodenajan mukaan.²³

Bitcoinlouhinnan siirrettävyyden ansiosta louhintalaitteet on helppo siirtää tietyssä paikassa sijaitsevan ylimääräisen energian imemiseksi bitcoinlouhijoiden käyttöön ja sieltä edelleen toiseen paikkaan, jos energiaa ei ole enää järkevillä ehdoilla tarjolla aiemmassa paikassa.

²³ [University of Cambridge: New data reveals timeline of China's bitcoin mining exodus](#)



Kuvio 6. Bitcoinlouninnan energiankulutuksen erityispiirteet. Lähde: Arcane Research

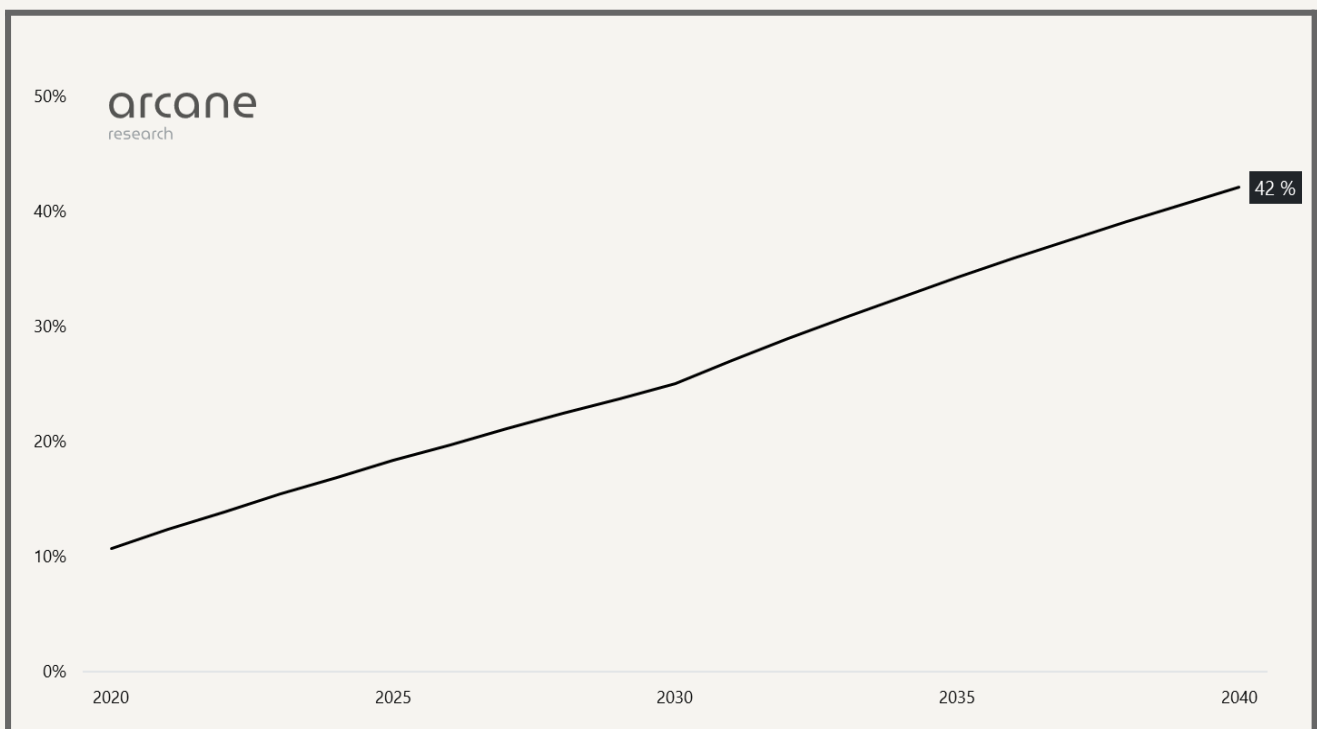
Näiden energiankulutukseen liittyvien ominaisuuksien vuoksi bitcoinlouninta voi olla energiateollisuuden ja -markkinoiden työkalu, jonka avulla voidaan yrittää ratkaista joitakin suurimpia energiaan liittyviä haasteita. Bitcoinlouninta voi vahvistaa sähköverkkoja, parantaa uusiutuvan energian kokonaistaloudellisuutta, vähentää maakaasun soihduttamista ja alentaa lämmityskustannuksia hyödyntämällä (hukka)lämpöä uudelleen.



2. Sähköverkkojen vahvistaminen bitcoinlouhinnan avulla

Sähköjärjestelmissä kysynnän ja tarjonnan on aina oltava tasapainossa, sillä pienikin epäsuhta voi vaikuttaa järjestelmän luotettavuuteen. Historiallisesti fossiilisiin polttoaineisiin perustuva tarjonta on taannut suurimman osan tarvittavasta joustavuudesta säätämällä sähköntuotantoa odotetun kysynnän mukaan.

Yksi nykypäivän suurimmista energia-alan haasteista on korvata sähköverkkojen menetetty joustavuus, joka johtuu vaihtelevien tuuli- ja aurinkoenergian kaltaisten ei-säädettävissä olevien energialähteiden osuuden kasvusta. Kysyntäjoustopuue tulee korostumaan tulevaisuuden energijärjestelmässä, kun uusiutuvien käyttö kasvaa ja joustavaa kapasiteettia poistuu (tai sitä ei ole käytössä riittävästi). Tuuli- ja aurinkoenergian yleistyminen kasvattaa säätövoiman tarvetta. Kansainvälisen energijärjestön (IEA) kestävä kehityksen skenaariossa tuuli- ja aurinkoenergian osuus maailmanlaajuisesta sähköntuotannosta kasvaa 11 prosentista vuonna 2020 jopa 42 prosenttiin vuonna 2040.

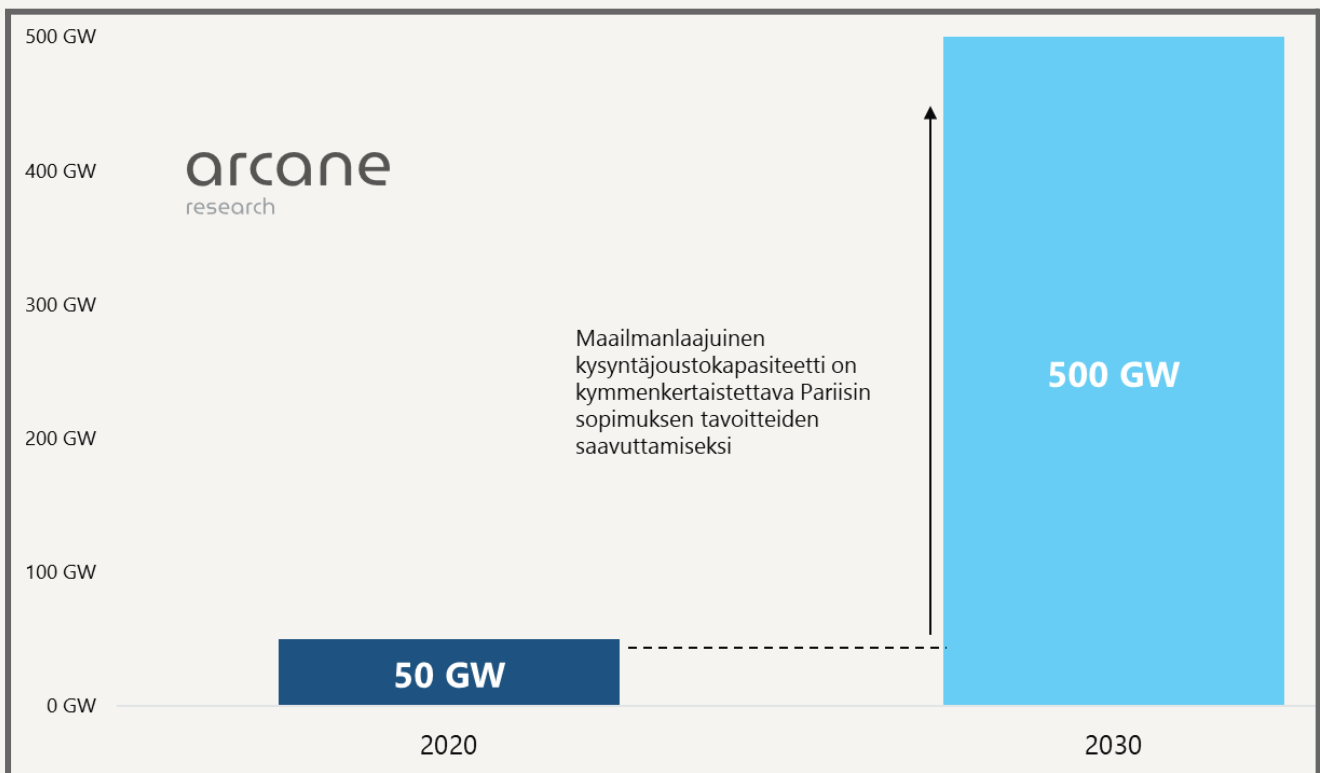


Kuvio 7. Tuuli- ja aurinkovoiman yhteenlaskettu osuus maailman energiantuotannosta. Lähde: IEA (Sustainable Development Scenario)²⁴

²⁴ [IEA: Electricity generation by fuel and scenario, 2018-2040](#)



Tuuli- ja aurinkoenergian lisääntyminen kasvattaa tarvetta sähkön kysynnän joustolle, koska tarjonta on epävakaata ja hallitsematonta. Tätä joustavaa sähkönkysyntää kutsutaan kysyntäjoustoksi ja sen tavoitteena on muovata energiajärjestelmän kuormituskäyrää. Kysyntäjoustolla on suuri merkitys niin energiapolitiikalle kuin myös markkinatoimijoille. Kansainvälisen energiajärjestön mukaan meidän on kyettävä kymmenkertaistamaan kysyntäjouaston määrä vuoteen 2030 mennessä Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi.






Kuvio 8. Vuonna 2030 tarvittava kysyntäjoustokapasiteetti IEA:n esittämän Net Zero -skenaarion mukaan. Lähde: IEA (Net Zero Scenario)²⁵

Bitcoinlounhinta on paras vaihtoehto kysyntäjouaston luomiseksi, koska louhinnassa reagoitinkustannukset ovat matalat, muuttuneisiin tarjontaolosuhteisiin voidaan reagoida välittömästi tarvittavalla tarkkuudella (granulariteetti) ja sähkön kysyntä on jatkuva.

²⁵ [IEA: Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector](#)



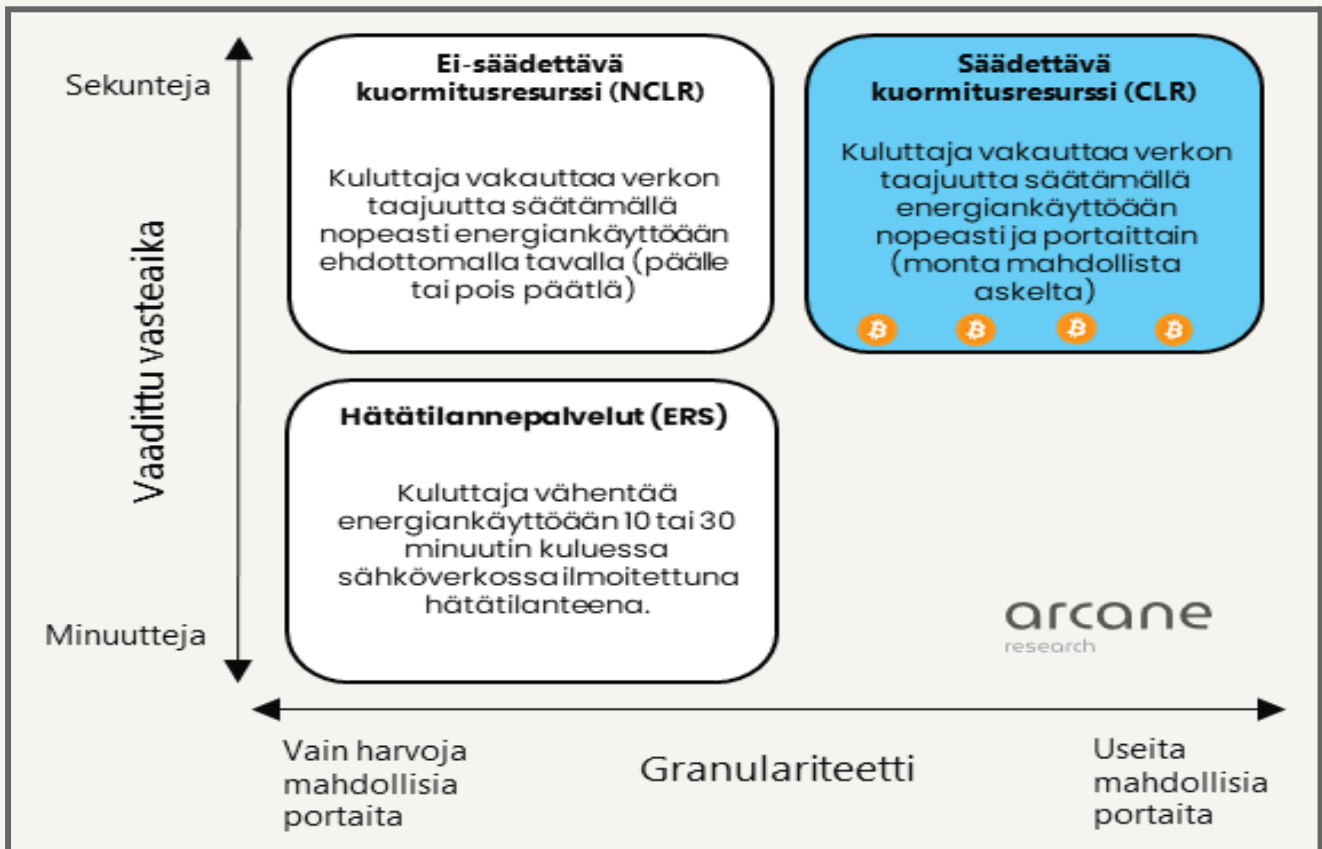
arcane research	Reagoinnin hinta	Reagoinnin nopeus	Saatavuus	Kulutuksen granulariteetti
Bitcoinlouhija 	Matala	Nopea	Korkea	Korkea
Datakeskus 	Korkea	Nopea	Korkea	Kohtalainen
Terästehdas 	Kohtalainen	Hidas	Matala	Matala

Kuvio 9. Toiminnan keskeytettävyyden vertailu: Bitcoinlouhinta vs. datakeskus vs. terästehdas. Lähde: Arcane Research

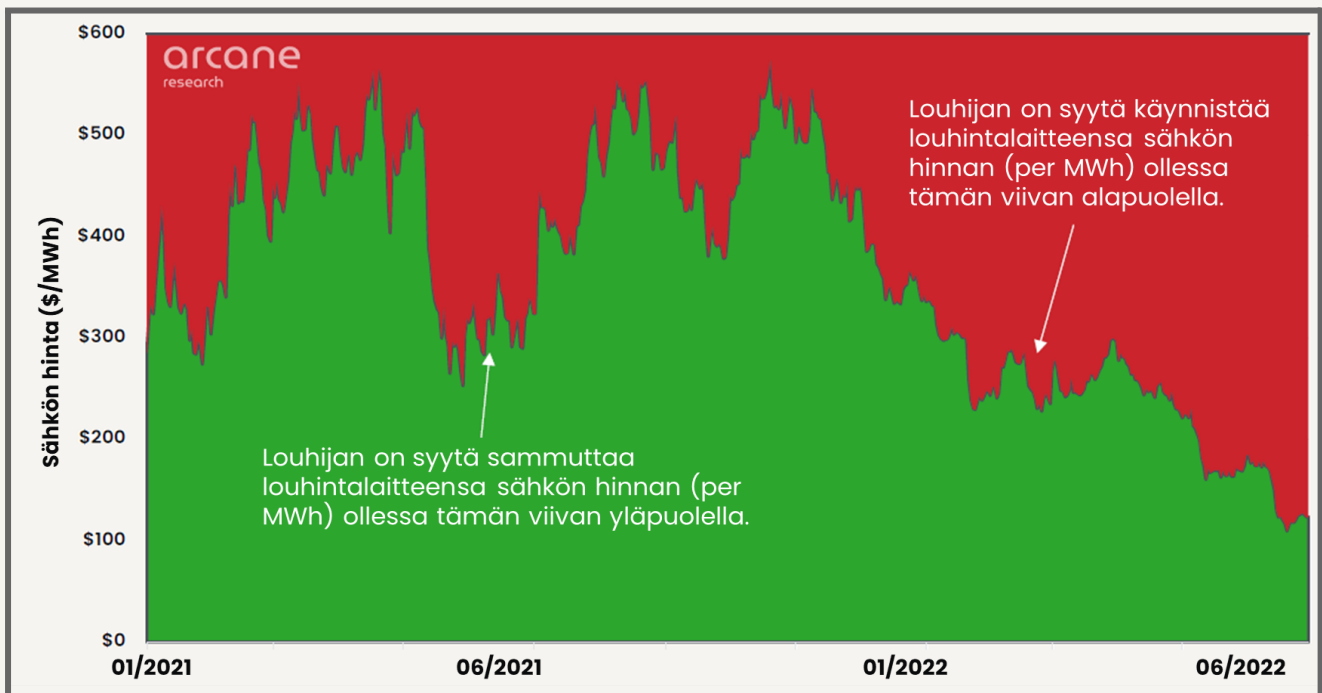
Bitcoinlouhinnan hyödyntäminen kysyntäjoustopoteknologiana ei ole vain mahdollisuus, vaan sen hyödyntäminen kysyntäjoustopotossa on jo käynnissä. Texasissa Yhdysvalloissa toimivassa ERCOT-energiajärjestelmässä bitcoinlouhijat tarjoavat kysyntäjoustopottoa, joka vahvistaa muutoin herkkää tuuli- ja aurinkoenergiaan vahvasti nojaavaa sähköverkkoa. Myös muut toimialat tarjoavat Texasissa kysyntäjoustopottoa, mutta tähän mennessä verkkoa hallinnoivat viranomaiset ovat sallineet vain bitcoinlouhijoiden osallistua edistyneimpiin kysyntäjoustopottojärjestelyihin.



Kuvio 10. Texasin osavaltion ERCOT-sähköverkon erityishaasteet. Lähde: Arcane Research



Kuvio 11. Kysyntäjouston tyypit ERCOT-sähköverkossa. Lähde: ERCOT

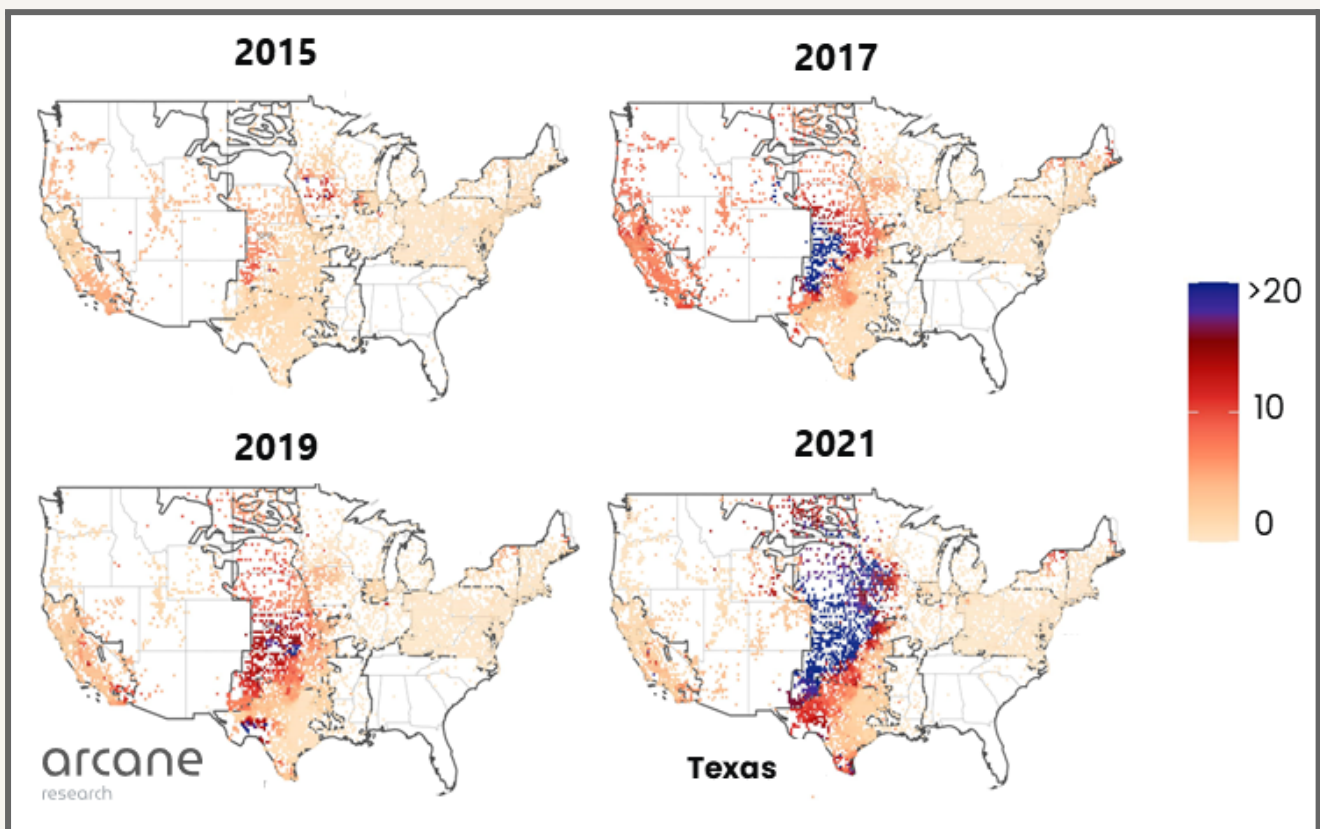


Kuvio 12. Bitcoinlouhinta: Reagoinnin hintatasot ja raja-arvot (bitcoinlouhintalaitteiden sulkemisen vaihtoehtokustannus).



3. Uusiutuvan energian kokonais- taloudellisuuden parantaminen bitcoinlounhinnan avulla

Tuuli- ja aurinkoenergian kasvu energijärjestelmissä energiamurroksen myötä johtaa siihen, että energiaa menee aiempaa enemmän myös hukkaan, koska uusiutuvan energian tuotanto on luonteeltaan vaihtelevaa ja ennakoimatonta. Energian hukkaaminen on taloudellinen rasite ja haaste, joka voi pahimmillaan uhata uusiutuvan energian hankkeiden edistymistä ja rajoittaa siten sen kasvua tulevaisuudessa. Varastointi ei yksinään ole ratkaisu, koska uusiutuvia energialähteitä voi olla mielekästä rakentaa myös alueille, joissa energiainfrastruktuuri on muutoin varsin vaatimatonta.²⁶



Kuvio 13. Negatiiviset energiahinnat Yhdysvalloissa vuosina 2015–2021. Lähde: Berkeley Labin EMP-yksikkö²⁷

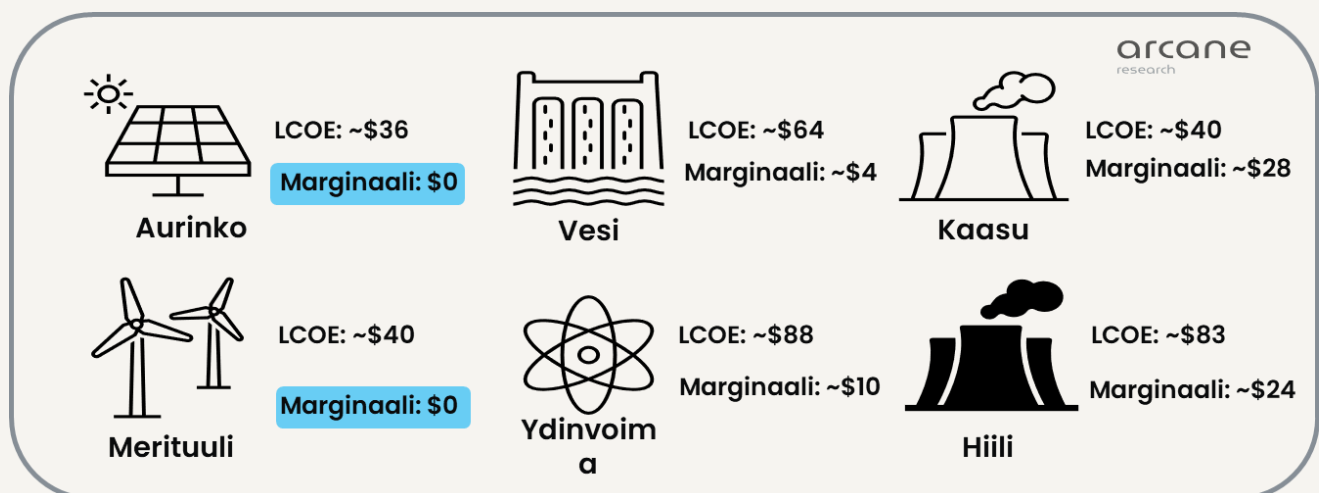
²⁶ [MIT Technology Review: Gorillas, militias, and Bitcoin: Why Congo's most famous national park is betting big on crypto](#)

²⁷ [Electricity Markets & Policy, Advances in Applied Energy: Plentiful electricity turns wholesale prices negative](#)



Yllä olevasta Yhdysvaltain kartasta käy ilmi, kuinka negatiivisten sähkönhintojen esiintymistiheys on kasvanut Yhdysvaltojen keskiosassa vuodesta 2015 vuoteen 2021, sillä tällä tuulisella alueella tuulivoima on edistynyt harppauksin. Negatiivisilla sähköhinnoilla on tuhoisa vaikutus tuuli- ja aurinkoenergiainhankeiden tuloihin.

Bitcoinlounhinta on luonteeltaan paikkariippumatonta, keskeytettävää ja modulaarista, jonka vuoksi lounhijat ovat täydellisiä muutoin hukkaan heitetyn (uusiutuvan) energian ostajia. Bitcoinlounhijat voivat hakeutua alueille, joilla on ylimääräistä tuuli- ja aurinkoenergiaa, ja rakentaa juuri sen kokoisen datakeskuksen, joka on tarpeen ylimääräisen energian kuluttamiseksi. Bitcoinlounhintakuorman sijoittaminen etäällä muista energian kuluttajista sijaitsevien tuuli- ja aurinkovoimaloiden viereen ehkäisee energian tuhlaamista ja parantaa näiden hankeiden menestymisen mahdollisuuksia.



Kuvio 14. Energialähteiden kustannusprofiilit (USD/MWh) Yhdysvalloissa. Lähde: Yhdysvaltain energiahallinto

Bitcoinlounhinnasta voi tulla olennaisempi osa energiamurrosta kuin useimmat ihmiset tällä hetkellä tajuaavatkaan, koska tuuli- ja aurinkoenergiainhankeiden tulevaisuuden menestys (ja kannattavuus) riippuu bitcoinlounhijoiden kaltaisista joustavista energiankuluttajista, jotka voivat ostaa ylimääräistä energiaa ennen tai jälkeen muiden ostajien ja/tai hankkeen edistymisen.



Ajatuskoe: Leipuri ja leivän rajaton ostaja²⁸

Eräänä päivänä erääseen leipomoon lampsii henkilö. Hänellä on leipurille ehdotus. "Olen valmis ostamaan tietyn määrän leipää joka päivä", henkilö toteaa leipurille.

Leipuri pohtii ehdotusta hetken.

"Hmm... Voisin kyllä myydä sinulle leipää tietyn määrän joka päivä. Tilanne on nyt kuitenkin se, että leipomoni on hyvin pieni. Sesonkiaikoina kysyntä ylittää tarjonnan ja en välttämättä pysty toimittamaan sinulle haluamaasi määrää leipää joka päivä... ja... ja...", leipuri sanoo hieman hermostuneesti.

"Älä huoli. Poikkeusaikoina sinun ei tarvitse myydä minulle leipää, vaan voit myydä ne jollekulle muulle. Sinulla on **optio** myydä minulle leipää eli oikeus, mutta ei velvollisuutta. Minä ostan kuitenkin joka tapauksessa tarvittaessa vaikka kaikki leivät. Sovitaanko näin?", ostaja sanoo leipurille.

"Kuulostaa reilulta", leipuri sanoo ostajalle.

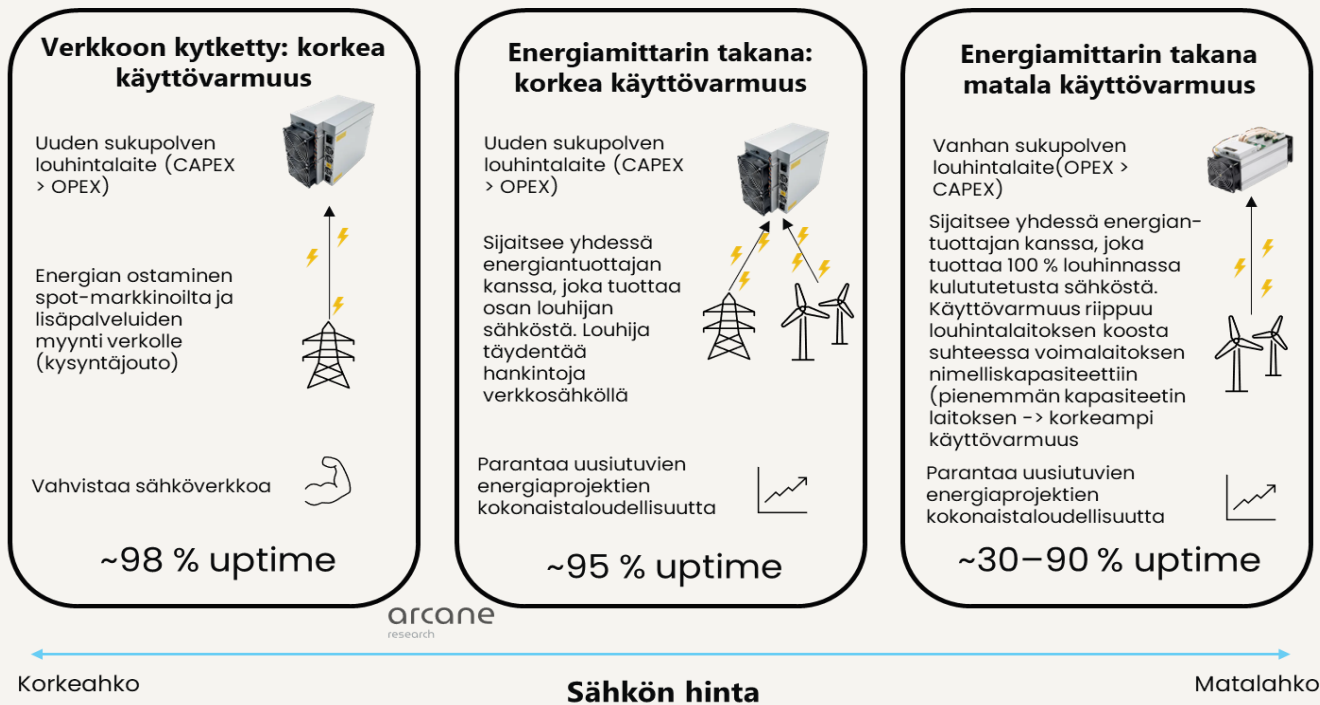
"Sovitaan vielä niin, että ostan aina päivän päätteeksi kaikki jäljelle jääneet leivät. Näin pääset niistä ainakin eroon", ostaja huomauttaa.

"Sovittu!", leipuri sanoo.

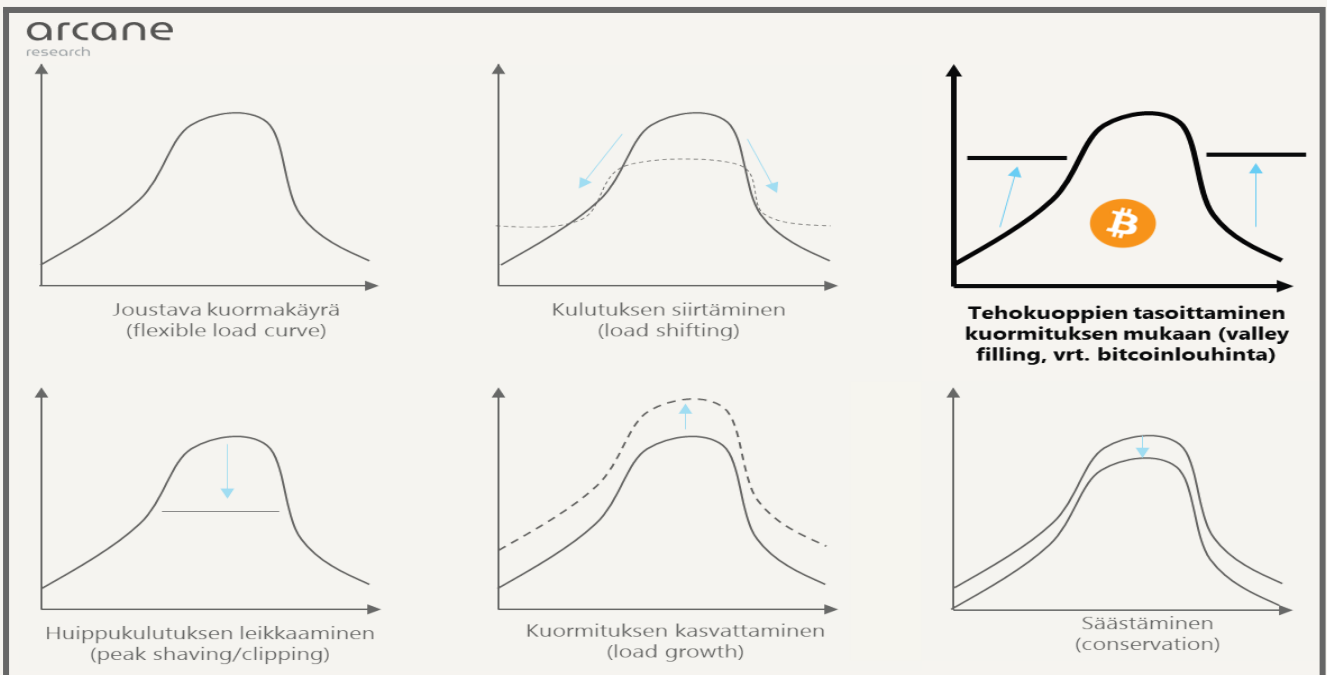
Loistava diili leipurille – ja leivän rajattomalle ostajalle.

Tätä on bitcoinloughinta.

²⁸ Ajatuskokeen [esitti](#) amerikkalainen filosofi Troy Cross lokakuussa 2022.



Kuvio 15. Kolme vaihtoehtoista toimintamallia, kun louhinnassa hyödynnetään uusiutuvia energianlähteitä. Lähde: ERCOT, Shaun Connell ja Ray Cline (Lancium)²⁹, Rich Goodwin (Cormint)



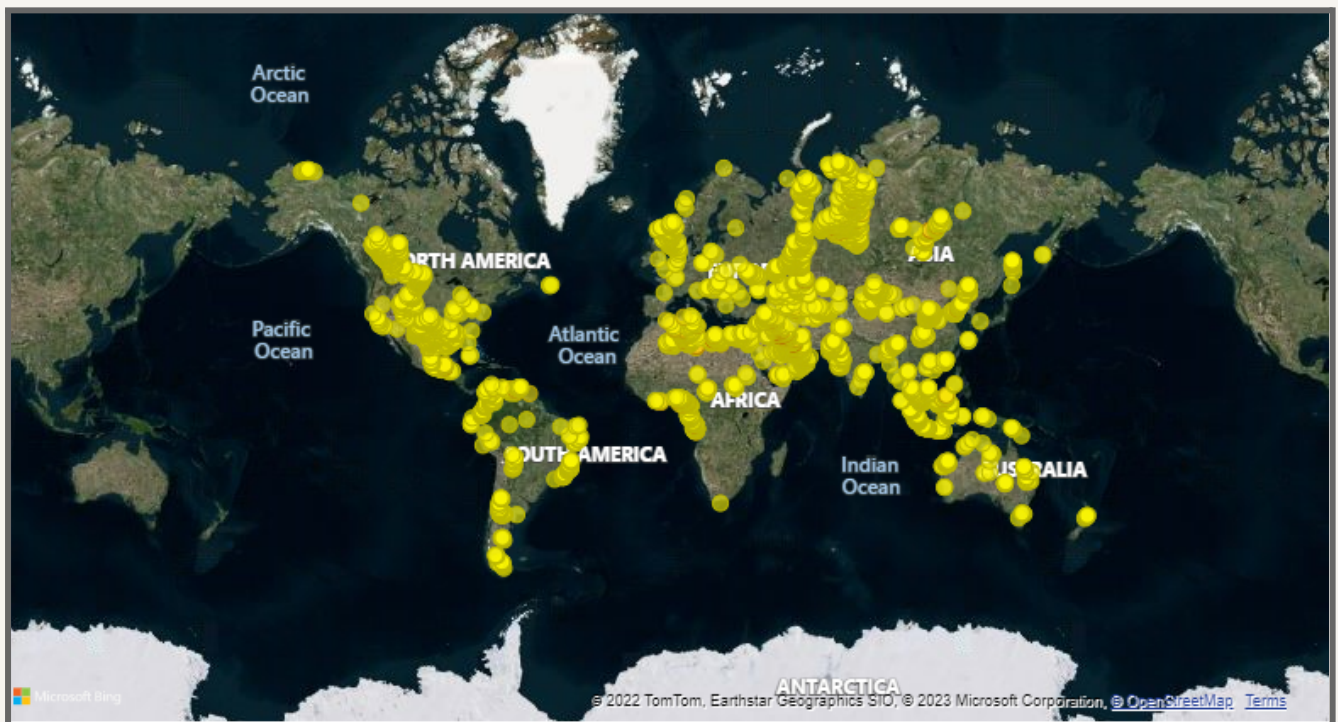
Kuvio 16. Bitcoinlouhinnan vaikutukset energian kysyntään ja kysynnän hallintaan. Lähde: Shaun Connell (Lancium)

²⁹ [On the Brink with Castle Island: Stabilizing the Grid with Bitcoin Mining with Ray Cline and Shaun Connell](#)



4. Maakaasun soihduttamisen vähentäminen bitcoinlouhinnan avulla

Maakaasua syntyy öljynporauksen sivutuotteena. Tämän vapautuvan maakaasun hyödyntäminen ei ole aina taloudellisesti kannattavaa öljyntuottajien näkökulmasta, jonka vuoksi ne usein päätyvät polttamaan kaasun paikan päällä prosessissa, jota kutsutaan soihdutukseksi. Maakaasun, joka koostuu lähes kokonaan metaanista³⁰, elinkaaripäästöt ovat olleet Euroopassa suhteellisen hyvin hallinnassa, mutta näin ei ole kaikkialla maailmassa.³¹



Kuvio 17. Soihdutuksen aiheuttamat yksittäiset lämpöjäljet ympäri maailmaa vuonna 2021.³² Suurimpia soihduttajia ovat Venäjä, Irak, Iran, Yhdysvallat, Venezuela, Algeria ja Nigeria.³³ Lähde: Maailmanpankki³⁴

³⁰ Metaani on 20 vuoden lämmityskertoimella tarkasteltuna 28-kertaa ja 100 vuoden lämpökertoimella tarkasteltuna 84-kertaa CO₂:sta voimakkaampi kasvihuonekaasu. Bitcoinlouhinnan näkökulmasta biologisista metaanilähteistä esimerkiksi maatalous, orgaaniset jätteet (ja niiden käsittely) ja jopa suoalueet saattavat olla mielekkäitä louhintapaikkoja oikein kehitettyinä ja käytettyinä. Ks. esim. [Boundary Electricin suolaitos](#).

³¹ [Suomen Kaasuyhdistys: Metaanipäästöt](#)

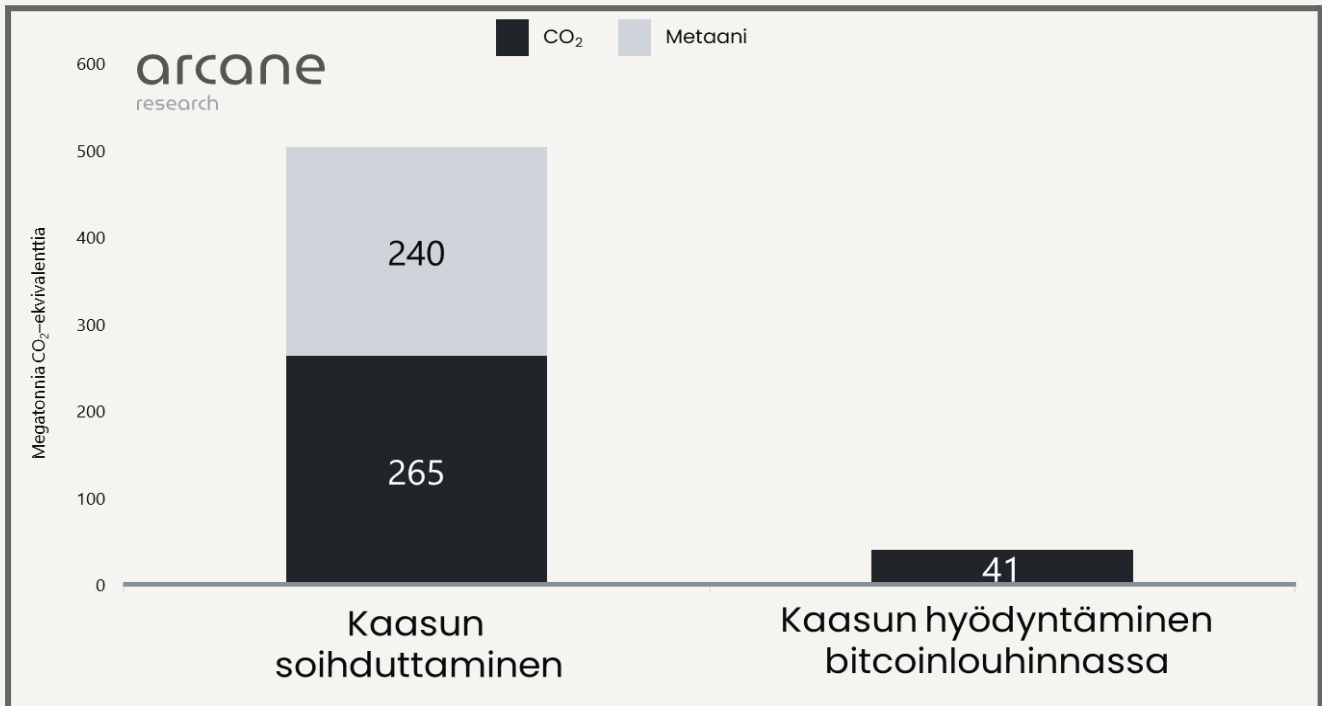
³² Maailmanpankki on laskenut tietyillä oletuksilla, että vuonna soihdutetun maakaasun markkinahinta olisi ollut vuonna 2021 noin 16 miljardia dollaria. Soihdutuksesta syntyi Maailmanpankin laskelmien mukaan päästöjä noin 382,7 miljoonaa tonnia CO₂-ekviv. Vuonna 2021 Suomen, Ruotsin, Tanskan ja Norjan kasvihuonepäästöt olivat yhteensä noin 1471 miljoonaa tonnia CO₂-ekviv.

³³ [GGFR & Maailmanpankki: 2022 Global Gas Flaring Tracker Report](#)

³⁴ [Maailmanpankki: Individual Flare Sites - Gas Flaring Volumes](#)

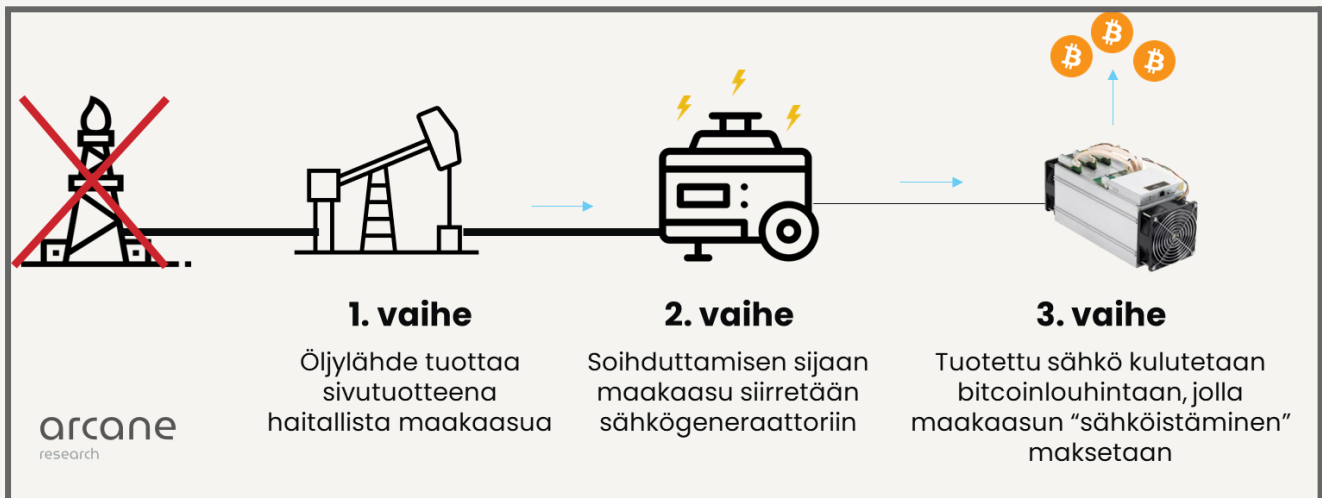


Kaasun soihduttaminen on hukkaa; se aiheuttaa ilmastopäästöjä ilman, että siitä olisi kuitenkaan mitään varsinaista hyötyä kenellekään. Lisäksi soihdutuksessa vapautuu enemmän voimakasta metaaniksi kutsuttua kasvihuonekaasua kuin kaasun hallitussa polttamisessa sähkögeneraattorissa.



Kuvio 18. Hiilidioksidipäästöt kaasua poltettaessa vs. bitcoinlouhinnassa. Lähde: Maailmanpankki, CoinShares

Bitcoinlounhinta on osoittautunut ylivoimaiseksi teknologiaksi, jonka avulla maakaasun soihduttamisen tarvetta on mahdollista vähentää. Bitcoinlounhinnan paikkariippumattomuus, modulaarisuus ja siirrettävyys mahdollistavat sen, että bitcoinlounhinta voidaan tuoda sinne, missä öljynporaus tapahtuu. Bitcoinlounhija voi asettaa öljynporauslaitoksen välittömään läheisyyteen, jolloin öljynporauksen sivutuotteena vapautuva maakaasu voidaan ottaa talteen ja soihdutuksen tarvetta vähentää.

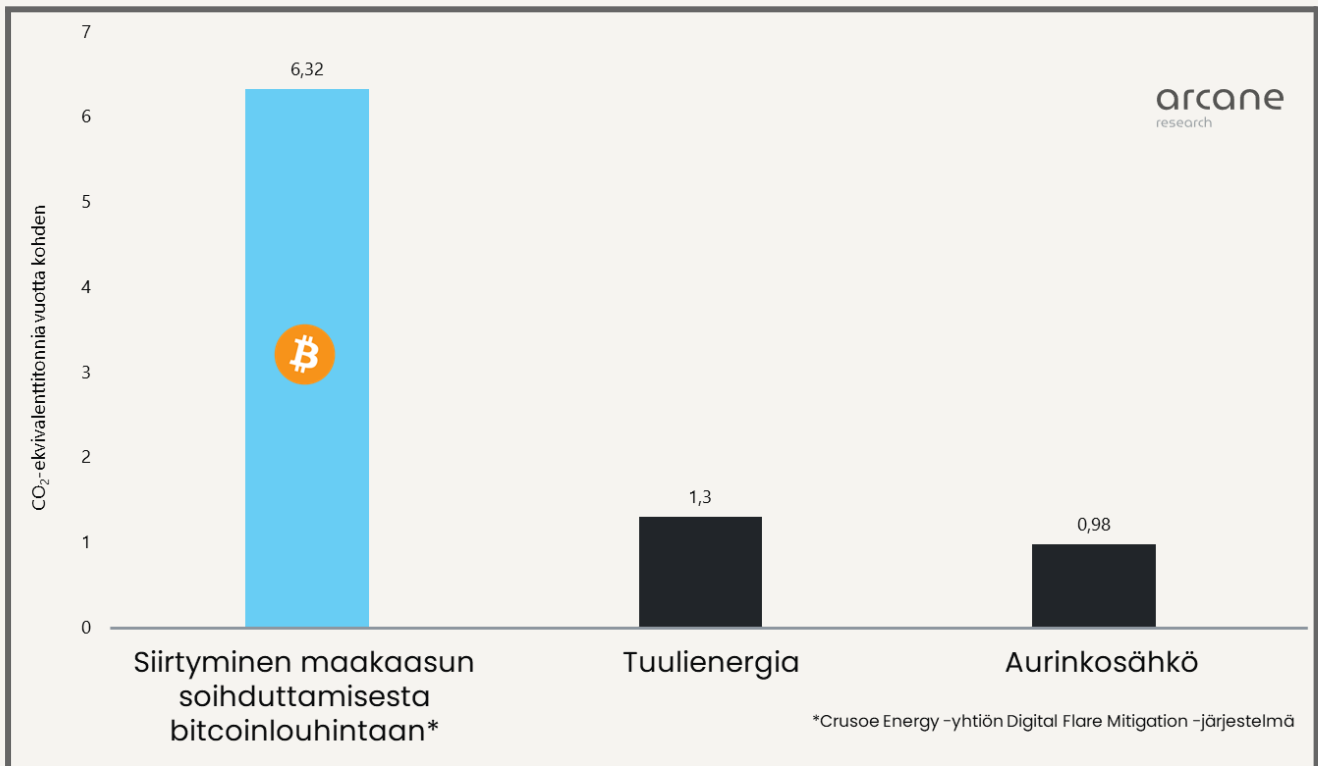


Kuvio 19. Bitcoinlouhintaa voidaan tehdä myös muutoin soihdutettavaksi joutuvasta maakaasusta tuotetulla energialla. Lähde: Arcane Research.

Öljykentillä tapahtuva bitcoinlouhinta on lisääntynyt huimaavasti viime vuosina. Kasvua on ollut pääosin Pohjois-Amerikassa, mutta lisäksi vastaavia hankkeita on käynnissä myös muualla maailmassa, joissa soihdutus on koettu ongelmalliseksi. Esimerkiksi Venäjällä ja Lähi-idässä bitcoinlouhintaa hyödynnetään soihdutuksen vähentämiseksi.

Taloudelliset ja ympäristöön liittyvät syyt vaikuttava siihen, että öljyteollisuus on kiinnostunut lisäämään bitcoinlouhinnan osaksi tuotantoa. Kaasun soihduttaminen tuhlaa taloudellista resurssia, jonka öljyntuottaja olisi voinut myydä sivutuotteena bitcoinlouhijoille ja tällä tavoin vaikuttaa myönteisesti pääomainvestoinnin kannattavuuteen. Öljyntuottaja voi ansaita rahaa maakaasulla louhimalla bitcoineja joko itse tai kolmannen osapuolen avulla sen sijaan, että se antaisi maakaasun mennä hukkaan ja aiheuttaa verrattain suurempia kasvihuonepäästöjä.

Taloudelliset kannustimet ovat tärkeitä, mutta suurin bitcoinlouhintaa edistävä seikka liittyy mahdollisuuteen vähentää päästöjä. Luvut osoittavat, että kaasun soihduttamisen vähentäminen bitcoinlouhintaan turvautumalla on ylivoimaisesti kustannustehokkain tapa vähentää päästöjä. Tuhannen dollarin investointia kohden bitcoinlouhinta vähentää päästöjä 6,32 hiilidioksidiekvivalenttitonnia vuodessa, kun tuulivoima vähentää päästöjä 1,3 tonnia ja aurinkoenergia 0,98 tonnia.



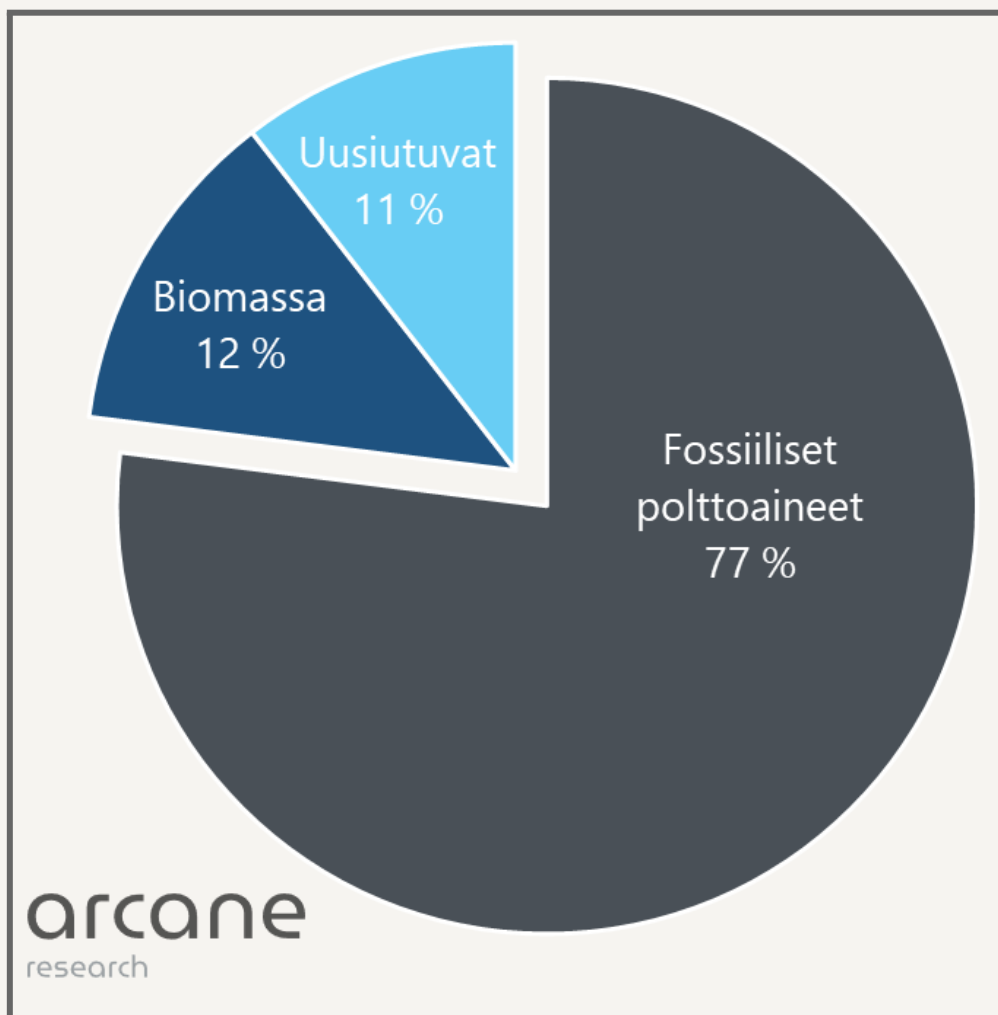
Kuvio 20. Bitcoinlauhinnan avulla voidaan välttää merkittävät määrän kasvihuonekaasupäästöjä: vältetyt kasvihuonepäästöt jokaista investoitua 1 000 Yhdysvaltain dollaria kohden. Lähde: Crusoe Energy



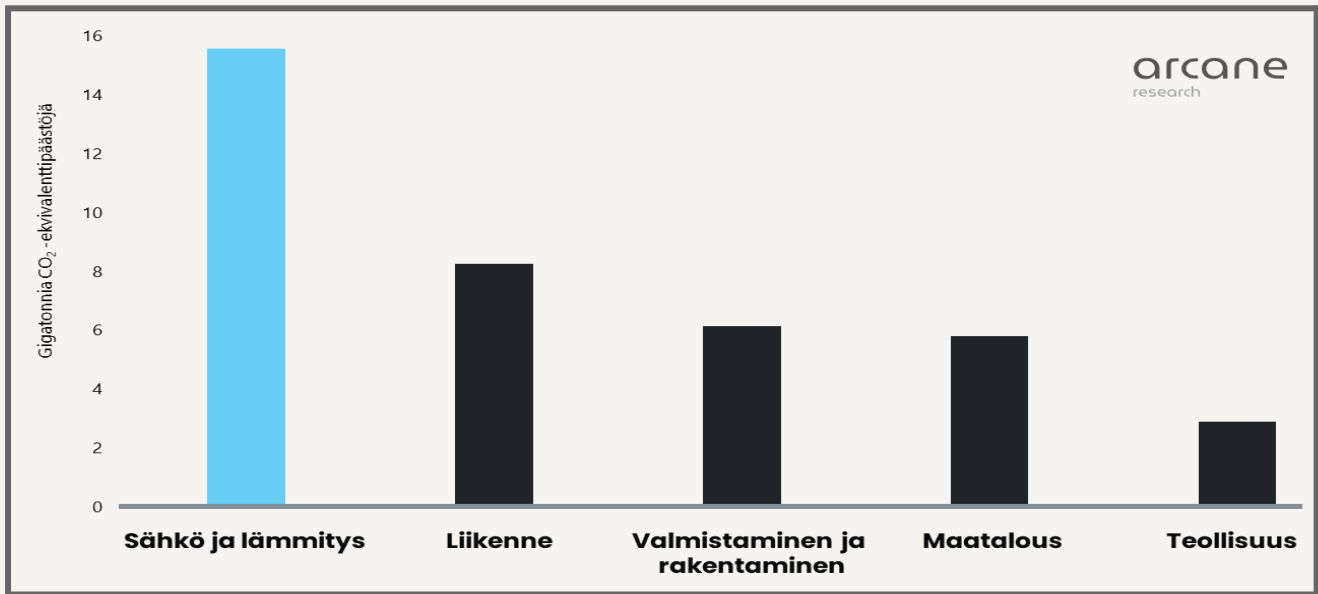
5. Bitcoinlounhinnan tuottaman hukka- lämmön talteenotto ja uudelleen- käyttö

Asuntojen, teollisuuden ja muiden tilojen lämmittäminen on maailman merkittävintä energiankäyttöä sen loppukäytöllä mitattuna, ja lämmityksen osuus maailman energian loppukulutuksesta oli lähes puolet vuonna 2021.

Ei ole yllättävää, että lämmitys on myös suurin yksittäinen kasvihuonepäästöjen lähde, sillä sen osuus maailman hiilidioksidipäästöistä on noin 40 prosenttia ja hiilidioksidin ekvivalenttipäästöistä 30 prosenttia.



Kuvio 21. Lämmöntuotannon energialähteet vuonna 2018. Lähde: IEA



Kuvio 22. Maailmanlaajuiset CO₂-ekvivalenttipäästöt toimialoittain vuonna 2018. Lähde: Climate Watch

Lämpö on sähköllä tapahtuvan bitcoinlouhinnan sivutuote. Louhijat näyttävätkin jo ymmärtäneen (hukka)lämmön talteenoton mahdollisuudet muun muassa kaukolämpö- ja elintarviketeollisuudessa. Tämä kasvava näkemys johtuu ensisijaisesti mahdollisuudesta madaltaa kustannuksia, kun louhinta-alan kilpailu kiristyy, mutta myös mahdollisuus hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi on tärkeä näkökohta. Ei ole yllättävää, että suurin osa bitcoinlouhinnan lämmön talteenottoa koskevista innovaatioista on tehty kylmemmillä alueilla, kuten Kanadassa ja Skandinaviassa, joissa lämpö on arvokkaampi resurssi kuin kuumemmissa bitcoinlouhinnan keskittymissä, kuten Yhdysvaltain Texasissa.

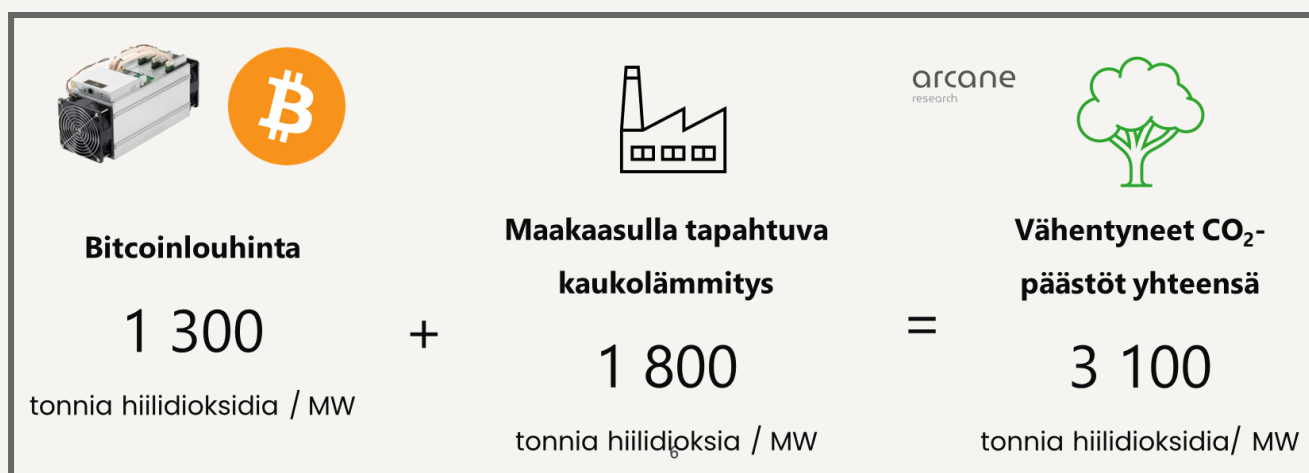


Kuvio 23. Bitcoinlouhinnan lämmöntuotantoprosessi. Lähde: Arcane Research



Bitcoinlouhinnan tuottaman lämmön talteenottoon ja uudelleenkäyttöön liittyy kolme myönteistä seikkaa. Ensinnäkin bitcoinlouhinnasta saatavat tulot subventoivat lämmöntuotantoon epäsuorasti käytetyn sähkön kustannuksia (koska hukkalämpöä on mahdollista monetisoida). Lämmityskustannusten alentamisen lisäksi bitcoinlouhinnan hyödyntäminen osana kaukolämpöverkkoa voi vähentää hiilidioksidipäästöjä, jos louhintalaitteet pyörivät uusiutuvalla sähköllä. Kolmanneksi bitcoinlouhinnasta saatavan lämmön uudelleenkäyttö tarkoittaa käytännössä saman energian hyödyntämistä kahteen otteeseen. Tämä kompensoi bitcoinlouhinnassa hyödynnettävää energiaa, koska tällöin toimija kilpailee niiden louhijoiden kanssa, jotka eivät panosta lämmön uudelleenhyödyntämiseen.

Bitcoinlouhinnan armottomassa kilpailussa pienilläkin tulo- ja kustannuspuolen optimoinnilla voi olla merkitystä pidemmällä tähtäimellä. Louhija, joka kykenee ottamaan hukkalämmön talteen ja hyödyntämään sen tehokkaasti esimerkiksi lämmityksessä tai elintarviketuotannossa (vaikkapa kasvihuoneissa), on paremmassa asemassa täysin samanlaisen tilanteen ja olosuhteet kohtaavaan louhijaan nähden, joka ei puolestaan ota hukkalämpöä talteen.



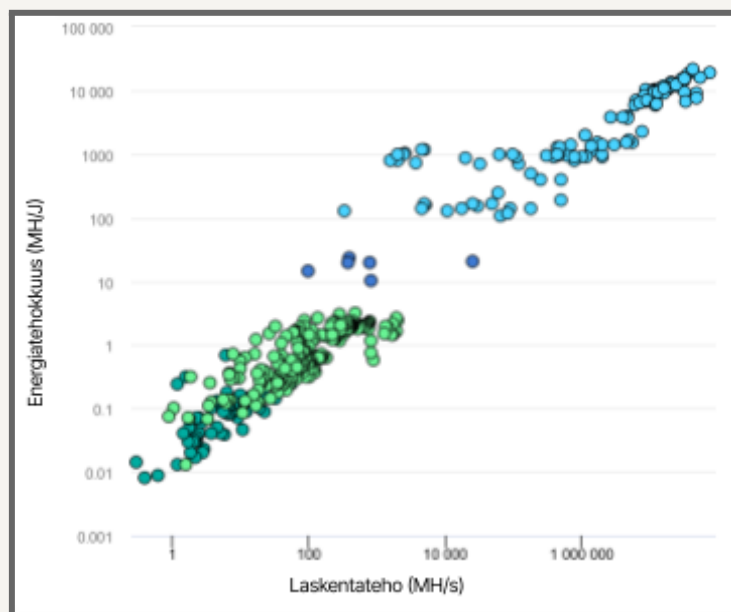
Kuvio 24. Kaukolämmitys bitcoinlouhintaa hyödyntäen: vuotuinen kasvihuonepäästöjen vähennys. Lähde: Mintgreen



6. Bitcoinlounhinnan tulevaisuus

Bitcoinlounhinta on yhdistelmä tekijöitä, jotka tekevät siitä ainutlaatuisen joustavan energiankuluttajan. Bitcoinlounhinnan joustavuuden ansiosta louhijoiden toiminta voi saada aikaan myönteisiä ulkoisvaikutuksia erilaisissa energiajärjestelmissä ympäri maailmaa: se voi vahvistaa muutoin haavoittuvia sähköverkkoja, parantaa uusiutuvan energian hankkeiden kokonaistaloudellisuutta, vähentää maakaasun soihdutusta ja alentaa lämmityskustannuksia hyödyntämällä (hukka)lämmön uudelleen.³⁵

Bitcoinlounhijoilla on mahdollisuus luoda lisäarvoa energiajärjestelmissä, ja lisäksi niillä on taloudelliset kannustimet tehdä niin. Bitcoinlounhinnan kypsyessä siitä tulee todennäköisesti kaikkien aikojen kilpailluin toimiala, joka muistuttaa monelta osin täydellisen kilpailun mallissa kuvattua markkinamuotoa. Bitcoinlounhijat tuottavat hyödykettä (tiivisteitä), jota ei voi millään muotoa differoida ja jossa kilpailu perustuu pitkällä aikavälillä yksinomaan kustannusjohtajuuteen. Kyse on myös maailmanlaajuisesta toimialasta, jota on vaikea säännellä ja jossa mikä tahansa yritys voi vapaasti tulla markkinalle ja poistua markkinalta matalin estein (eli myös tuotantoteknologiaa ja -tekijöitä on suhteellisen helppoa hankkia ympäri maailmaa). Näiden bitcoinlounhinta-alan piirteiden vuoksi armottomat kilpailuvoimat nakertavat vähitellen louhijoiden katteita, lukuun ottamatta niitä, joilla on käytössään poikkeuksellisen edullista sähköä.



Kuvio 25. Louhintalaitteiden energiatehokkuuden ja laskentatehon kehitys vuoteen 2019 asti.
Lähde: IEA³⁶

³⁵ Ks. [NYDIG: Bitcoin Net Zero](#)

³⁶ [IEA: Efficiency of bitcoin mining hardware](#)



Voittoa maksimoivina toimijoina bitcoinlouhijat eivät jätä kiveäkään kääntämättä etsiessään mahdollisimman edullista sähköä. Ne louhijat, jotka saavat tuloa sähköverkon vakautuspalveluista, hyödyntävät hukkalämpöä tai -kaasua tai turvautuvat uusiutuviin energianlähteisiin, voivat onnistua saavuttaa huomattavasti keskimääräisiä louhijoita matalamman kustannustason. Tämä tarkoittaa sitä, että louhijoiden on oltava aina vain luovempia liiketoimintamallinsa kehittämiseksi ja toimialalla onkin nähty useita niin sanottuja liiketoimintamalli-innovaatioita. Passiivinen verkkosähkön ostaminen ei ole enää kovin mielekäs vaihtoehto teollisuuden mittakaavan louhinnassa.

Tässä yhteenvedossa nostettiin esille neljä tapaa, joilla bitcoinlouhinta voi tuottaa energijärjestelmille lisäarvoa, mutta toki monia muitakin tapoja on. Arcanen tuottama raportti keskittyi neljään tärkeimpään, koska ne ovat nyt laajamittaisesti käytössä. Muitakin tapoja hyödyntää bitcoinlouhinnan joustavuutta energijärjestelmien vahvistamiseksi saattaa kuitenkin ilmaantua ja osasta niistä saattaa tulla vielä merkittävämpiä käyttötapauksia kuin ne, jotka tässä raportissa on esitetty.

Esimerkkinä voidaan mainita bitcoinlouhinta, jonka vanavedessä rahoitetaan energijärjestelmien ja -infrastruktuurin kehittämisestä kehittyvissä talouksissa, joissa paikallinen sähkön kysyntä on muutoin vielä vähäistä. Jotkin uusiutuvat energialähteet, kuten geoterminen energia ja vesivoima, vaativat suuria investointeja, mutta kun voimalaitokset on rakennettu, ne tuottavat energiaa käytännössä lähes nollakustannuksin. Paikallinen sähkönkysyntä on vähäistä, mutta monissa kehittyvissä talouksissa on valtava vesivoimavaranto ja geoterminen energiavaranto, mutta niitä ei kuitenkaan ole kehitetty juuri lainkaan. Bitcoinlouhinnan maailmanlaajuinen luonne tarkoittaa, että energiainfrastruktuurin kehittämistä voitaisiin rahoittaa ainakin osittain bitcoinlouhinnalla.

Bitcoinlouhinnan lupaavuus energiateollisuuden ja -markkinoiden työkaluna ei johdu vain siitä, että louhijat ovat niin ainutlaatuisen joustavia energiankuluttajia, vaan myös se, että taloudelliset kannustimet ovat toisiaan vahvistavassa suhteessa toisiinsa. Samanlaisten kannustimien ansiosta louhijat ja energiateollisuus tekevät todennäköisesti jo lähitulevaisuudessa aiempaa läheisempää yhteistyötä ratkaistakseen joitakin suurimmista energiaan liittyvistä ongelmistamme.



Tuottaja(t)

Thomas Brand

Head of Institutions

Tärkeää tietoa

Tämä Coinmotion Research -muistio ("materiaali") keskittyy kryptovaluuttoihin, digitaalisiin varallisuuseriin, avoimiin lohkoketjuihin, rahoitusmarkkinoihin ja/tai finanssiteknologiaan.

Materiaali on laadittu yleisluontoiseksi tiedoksi ja informaatioksi niiden käyttöön, jotka ovat kiinnostuneita edellä mainituista aihealueista. Historialliset tuotot eivät ole tae tulevasta ja yksittäisen sijoituskohteen hinta voi vaihdella suuresti eri tekijöiden vuoksi.

Materiaalia ei ole tarkoitettu lain määrittelemäksi sijoitus-/verosuositukseksi, -neuvonnaksi tai -tutkimukseksi, eikä sitä tule ymmärtää sellaiseksi. Kryptovaluuttoihin, digitaalisiin varallisuuseriin, (avoimiin) lohkoketjuihin ja vastaaviin sijoittamiseen liittyy merkittäviä riskejä ja epävarmuustekijöitä. Materiaali pitää sisällään tulevaisuutta koskevia näkemyksiä, jotka liittyvät mahdollisiin tulevaisuuden tiloihin tai tapahtumiin, jotka ovat vain mielipiteitä ja hypoteeseja mahdollisista tapahtumista, lopputulemista ja/tai tuloksista. Todelliset kehityskulut voivat poiketa olennaisesti esitetystä.

Tavoitteena on tarjota mahdollisimman tarkkoja ja oikeita tietoja, mutta kirjoittaja ja/tai hänen työnantajansa ja/tai muut tahot eivät takaa kirjoituksessa olevien tietojen täydellisyyttä, soveltuvuutta, täsmällisyyttä, käyttökelpoisuutta tai virheettömyyttä. Kirjoitukseen kootuissa tiedoissa ja näkemyksissä saattaa ilmetä yllättäviä muutoksia. Materiaali pitää sisällään kuvia, kuvaajia ja vastaavia, jotka on koottu kirjoittajien kulloisellakin ajanhetkellä ja/tai tilanteessa luotettavina pitämistä lähteistä. Kirjoittaja ja/tai mikään muu taho ei vastaa tietojen oikeellisuudesta, tarkkuudesta tai ajantasaisuudesta.

Materiaalissa esitetyt tiedot ja arviot voivat muuttua nopeasti, eikä kirjoittaja ja/tai muu taho sitoudu päivittämään muutoksia materiaaliin.

Materiaalissa esitetyt kannanotot, näkemykset, kuviot/kaaviot, arviot ja ennusteet ovat kirjoittajien valikoimia, eikä niitä voi pitää minkäänlaisena kehotuksena toimeen tai päätökseen. Materiaalin sisältö ei välttämättä vastaa kirjoittajan ja/tai muiden tahojen kulloisiakin näkemyksiä materiaalissa käsitellyistä asioista.

Kirjoittaja ja/tai Coinmotion (Research) eivät ole vastuussa mistään menetyksistä, vahingoista tai kuluista tämän materiaalin käyttöön tai materiaalissa olevaan tai siitä mahdollisesti puuttuvaan informaatioon liittyen.

Materiaali on tarkoitettu vain lukijan yksityiseen opetukselliseen käyttöön.

Kiitämme Arcane Researchin tutkimustoiminnan varapääjohtajaa Anders Helsethiä oikeudesta kääntää ja julkaista suomenkielinen muunnos Arcane Researchin syyskuussa 2022 julkaisemasta tutkimuksesta [How Bitcoin Mining Can Transform the Energy Industry](#). Coinmotionin tuottama versio ei vastaa kaikilta osin alkuperäistä julkaisua.

Don't trust. Verify. Do your own research.

Päivämäärä

v1.1: 17. helmikuuta 2023.

Palaute ja yhteydenotot

institutions@coinmotion.com