

Vestlandsforskning-rapport nr. 5-2020

Datasenter-tenester for blokkjedeteknologi

Svein Ølnes

Vestlandsforskning-rapport

Tittel Blokkjedeteknologi som datasenternæring	Rapportnummer 5-2020 Dato Mai 2020 Gradering Offentleg
Prosjektittel Datablokk – Blokkjede som datasenternæring	Tal sider : 23 Prosjektnr. : 6518
Forskarar Svein Ølnes (prosjektleder)	Prosjektansvarleg Ivar Petter Grøtten
Oppdragsgivar Bluefjords AS	Emneord Blokkjede Bitcoin Energi Datasenter
Samandrag	
Summary	
ISBN: 978-82-428-0416-7	Pris:

Forord

Dette prosjektet kom i stand som følge av uro kring omlegging av el-avgift til datasenter involverte i blokkjedeteknologi. Bluefjords AS sende i samarbeid med Vestlandsforskning ein søknad om midlar frå VRI 4-programmet for å vurdera alternative satsingar på blokkjedeteknologi ettersom tenester baserte på «utvinning av kryptovaluta» vart uaktuelle. Omgrepet er sett i hermeteikn fordi tenestene handlar om sikkerheit heller enn utvinning, slik det vil gå fram av denne rapporten.

Me takkar Bluefjords AS for det interessante oppdraget og eit godt samarbeid i prosjektet.

Vestlandsforskning, mai 2020

Innhald

0. Samandrag	5
1. Bakgrunn for prosjektet	7
1.1 Endring av el-avgift for datasenter	7
1.2 Norge som datasenternasjon.....	7
1.3 Veksande opinion mot kryptovaluta-aktivitet	7
1.4 Høyring om endringsforslag.....	8
2. Utvinning av kryptovaluta eller sikring av systemet?	8
2.1 Bitcoin-lotteriet.....	8
2.2 Krav til ein god hash-algoritme	9
2.3 Spesialisering og konsentrasjon	10
2.4 Bitcoins hjarterytme.....	11
2.5 Belønningssystem	12
2.6 Sikkerheit og tilfeldig distribusjon av nye bitcoin	13
2.7 Sikkerheitsaspektet manglar i Skatteetaten si framstilling.....	13
3. Konsensusmetodar	14
3.1 Blokkjede som tilstandsavhengig teknologi.....	14
3.2 Kvifor ikkje ein annan konsensusmetode?.....	14
3.3 Forgreiningar i blokkjeder	15
3.4 «Ingenting på spel».....	15
4. Energibruken i Bitcoin-systemet	17
4.1 Energibruk, konsesjonskraft og datasenter-tenester	17
4.1 Enkelt rekneeksempel på Bitcoin-graving.....	18
4.2 Bruk av konsesjonskraft i eigen kommune	19
5. Alternative datasenter-tenester for blokkjedeteknologi.....	20
5.1 Opne og kontrollerte blokkjeder.....	20
5.2 Marknaden for blokkjedesystem med små energikrav.....	20
Litteratur	23

0. Samandrag

Innovasjonen Bitcoin i slutten av 2008 markerte starten på ein ny og viktig teknologisk trend i dataverda: Blokkjedeteknologi. Det gjekk mange år før potensialet i den nye teknologien og økonomien vart oppdaga. I dei over 11 åra som har gått sidan Bitcoin som datasystem vart sett i drift, har det vakse fram mange næringer knytt til den og til andre blokkjede-prosjekt.

Ein viktig del av Bitcoin, og andre opne blokkjeder, er tryggleiksmodellen. Den er basert på utføring av omfattande rekneoperasjonar, kalla «Proof of Work». For å få lov til å lagra nye transaksjonar på den stadig veksande blokkjeda, må du visa til eit omfattande arbeid i form av ein matematisk rekneoperasjon. Denne operasjon krev kraftige, spesialiserte datamaskinar og har gitt grunnlag til ei eiga datasenter-næring, i starten konsentrert til Kina.

Frå 2017 skjedde det ei omfattande utflytting av denne aktiviteten, mellom anna også til Norge. Mange eksisterande datasenter fekk førespurnad frå interesserte investorar, og nye datasenter spesialiserte på blokkjedesikring dukka opp. Også Bluefjords AS fekk mange spørsmål frå interesserte aktørar og etablerte etter kvart ei eiga satsing for denne typen tenester. For Bluefjords AS var forretningsmodellen utleige av lokalen med tilgang til store mengder elektrisk kraft i tillegg til ettersyn av maskinar o.l.

Den raske utviklinga av denne typen datasenter-tenester førte også med seg ein del uheldige etableringar, og bokstaveleg tala mykje støy. Det var støyproblem knytt til enkelte datasenter, og tenestene kom i eit uheldig lys. Det førte til slutt til at regjeringa vedtok på ekskludera denne typen tenester frå den gunstige rabatten på el-avgift. Utan den nedsette el-avgifta vart ikkje Norge konkurransedyktige, og tenestene forsvann nærmast over natta. Planlagde etableringar stoppa opp, og investorane flytta til andre land, som Sverige, Danmark og Island.

I dette prosjektet har me gått grundig inn på teknologien bak Bitcoin og tilsvarande blokkjede-system for å forstå grunnlaget for denne typen datasenter-tenester. Det har vore utgangspunktet for vurderingane om alternative satsingar knytte til blokkjedeteknologi.

Det har vist seg at alternative blokkjedesatsingar, utan tilknytt virtuell valuta («kryptovaluta») ikkje kan erstatta bortfallet av aktivitet knytt til blokkjedesikring. Ein hovudgrunn til dette er at blokkjedeteknologien i utgangspunktet har ein desentral arkitektur og at det gir lite mening å plassera ei lukka blokkjede i eitt datasenter. Den må splittast opp på fleire lokasjonar. Ein annan viktig grunn er at sikringsmetodane for lukka, eller kontrollerte, blokkjeder ikkje treng særleg datakraft for å fungera, og dermed er Norge mindre interessant for aktørane.

Dette arbeidet har likevel vore nyttig for å forstå samanhengen mellom norske datasenter og den nye kraftkrevjande industrien knytt til blokkjedesikring, sjølv om det for tida ikkje er aktuelt med alternative blokkjede-tenester. Denne utgreiinga gir eit godt grunnlag for Bluefjords AS til å

posisjonera seg i tilfelle vedtaket om full el-avgift kan bli omgjort, eller at aktiviteten knytt til kontrollerte blokkjeder aukar i åra framover.

Like etter at denne rapporten var ferdig, kom regjeringa med eit endringsforslag i revidert nasjonalbudsjett¹ der det heiter at «Regjeringen foreslår å oppheve Stortingets vedtak om å innføre full elavgift for utvinning av kryptovaluta i store datasentre». Det betyr at utgangspunktet for dette prosjektet ikkje lenger er aktuelt, men innhaldet i rapporten er likevel framleis relevant, kanskje endå meir enn då prosjektet starta.

¹ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/skatte--og-avgiftsendringer-i-revidert-nasjonalbudsjett-2020/id2701798/>

1. Bakgrunn for prosjektet

Vestlandsforskning har fått i oppdrag frå Bluefjords AS å sjå på energibruk i kryptovaluta og alternative datasenter-satsingar som følgja av eit forslag om omlegging av avgifta på elektrisk kraft for datasenter-tenester der utvinning av kryptovaluta er sentralt.

1.1 Endring av el-avgift for datasenter

I samband med at Kristeleg folkeparti gjekk inn i regjeringa Solberg i desember 2018, kom det forslag om at utvinning av kryptovaluta som bitcoin o.l. ikkje skulle får redusert el-avgift slik datasenter elles får. Det var regjeringa Solberg (Høgre og Framstegspartiet) som innførte redusert el-avgift for datasenter frå 1. januar 2016. Eitt år seinare vart grensa for å få redusert el-avgift redusert til 0,5 MW som ein del av ein strategi for å gjera Norge attraktivt for etablering av datasenter (Nærings- og fiskeridepartementet, 2018). Særavgifta for elektrisk kraft brukt i industrien, her under også datasenter, er sett til 0,505 øre/kWt for 2020. Ordinær el-avgift er 15,83 øre/kWt. Endringa vil medføra at prisen på elektrisk kraft til datasenter som driv med kryptovaluta-relaterte datatenester, eller leiger ut til slik aktivitet, vil bli 15,325 øre/kWt dyrare.

1.2 Norge som datasenternasjon

2017 var også året då kryptovaluta, og særleg Bitcoin, tok av for alvor, og hausten 2017 var det elleville tilstandar med kursstigning på fleire hundre prosent. Den enorme kursstigninga førte til at Bitcoin-graving («mining») vart meir og meir lønnsamt og stadig fleire investerte i datautstyr. Kombinert med denne utviklinga stramma styresmaktene i Kina grepet om kryptovaluta; både handel og graving. Det medførte at mange av dei større aktørane med datasenter i Kina begynte å sjå seg om etter alternativ plassering. Nord-Amerika (USA og Canada) og Nord-Europa (Island, Norge, Sverige) peikte seg ut som særleg attraktive. Kombinasjonen av rimeleg elektrisk kraft, politisk stabilitet og kjøleg klima var attraktivt.

1.3 Veksande opinion mot kryptovaluta-aktivitet

I Norge vart det stor pågang frå internasjonale aktørar og mange datasenter vart bygde opp eller ombygde og fylte opp med Bitcoin-maskiner. Det skapte ein god del støy, bokstaveleg tala, og saman med ein del uheldige uttalar og ein del useriøse aktørar, vaks opinionen mot denne typen datasenter. Datasenter-strategien for å trekkja til seg utanlandske investorar lykkast langt meir og raskare enn ein kunne førestilt seg, men det var ikkje denne typen investeringar ein hadde sett for seg.

I løpet av 2018 vaks det fram stadig fleire datasenter-initiativ, særleg på stader med stort kraftoverskot, tomme fabrikklokale og ubrukt konsensjonskraft. Det var som eit Kinder-egg for mange små industristader som såg mulegheiter for å snu avvikling til utvikling. Men parallelt med den aukande investeringa i krypto-utvinning, vaks også motstanden i opinion og blant politikarar. Finansdepartementet ba sommaren 2018 Skattedirektoratet vurdere om kryptovaluta-aktivitet kunne ekskluderast frå ordninga med redusert el-avgift. Skattedirektoratet slo først fast at aktiviteten

med utvinning av kryptovaluta tilfredsstillende krava til redusert el-avgift. Dei meinte også at det ville vera muleg å finna måtar der denne aktiviteten kunne ekskluderast frå ordninga.

1.4 Høyring om endringsforslag

Vedtaket om å fjerna avgiftsreduksjonen for kraft til utvinning av kryptovaluta var ein del av budsjettforliket mellom Høgre, Frp, Venstre og Krf (*Høring - endring av særavgiftsforskriften - avgift på elektrisk kraft*, 2019). Alle dei 14 høyringssvara var negative til forslaget. Høyringssvara er dessverre ikkje lenger tilgjengelege på Skatteetaten sine nettsider.

Endringa i særavgiftsforskrifta skulle etter planen vore sett i verk frå 01.01.2019. Det vart så utsett til 01.03.2019. Så kom høyringsrunden som er omtalt over, og i skrivande stund er det status for denne saka uklår. Mykje tyder på at den føreslåtte endringa er problematisk i høve EØS-avtalen og at ESA (EFTA Surveillance Authority) kan bringa saka inn for EFTA-domstolen.

Verknaden av vedtaket i desember 2018 har likevel vore at mesteparten av Bitcoin-aktiviteten her til lands vart avslutta, og ingen nye kontraktar vart etablerte. Slik sett har kanskje vedtaket fått den tilsikta verknaden.

2. Utvinning av kryptovaluta eller sikring av systemet?

I høyringsnotatet utarbeida av Skattedirektoratet (*Høring - endring av særavgiftsforskriften - avgift på elektrisk kraft*, 2019) blir omgrepet «utvinning av kryptovaluta» brukt om datasenter-aktivitet knytt til kryptovaluta. Det er ei tilsløring av den faktiske prosessen og hovudpoenget med den. Det er difor viktig å få fram kvifor energibruken er så viktig i Bitcoin og andre blokkjedesystem som baserer seg på metoden «Proof of Work»

2.1 Bitcoin-lotteriet

I Bitcoin og dei fleste andre kryptovalutaer er metoden «Proof of Work» (heretter kalla PoW), altså bevis på arbeidsinnsats, den sentrale delen av prosessen med å bli einige om tilstanden i nettverket. I eit likemannsnettverk («peer to peer») som Bitcoin og dei fleste andre kryptovalutaer, deltek alle på like vilkår og ingen har meir makt enn andre. Utfordringa er då å bli einige om kva som er rett og feil. Denne prosessen blir kalla konsensus og sørgjer for at alle har den same oppdaterte informasjonen og er einige om den aktuelle tilstanden til ei kvar tid (Antonopoulos, 2014). Med PoW må den som får lov til å lagra dei siste transaksjonane, bevisa ein arbeidsinnsats. Det er dette som sikrar Bitcoin-systemet. Tildeling av nye bitcoin, eller «utvinning av kryptovaluta» som Skatteetaten kallar det, er berre lønn for strevet.

Lagring av nye transaksjonar i Bitcoin, i form av blokker med opp til 3-4 000 transaksjonar, skjer ved noko som kan samanliknast med eit lotteri. For å delta i lotteriet må du kjøpa spesiell maskinvare utvikla for å løysa ei bestemt matematisk oppgåve; ein hash-funksjon av typen SHA-256. Ein hashfunksjon er ein einvegs kryptografisk prosess der ein vilkårlig tekst ved hjelp av ein algoritme gir eit hash-resultat av ein fastsett lengde. Hash-resultatet er eit stort tal, men uttrykt som ein tekst-

streng.

Det er berre ein måte å løysa ei slik hash-oppgåve på, og i Bitcoin er det ved prøving og feiling til ein får eit hash-resultat som tilfredsstillar ein gitt vanskegrad.

SHA-256 hash calculator

SHA-256 produces a 256-bit (32-byte) hash value.

Data

Svein Ølnes

SHA-256 hash

510512470fc7fa8d7e7cc388fba21a4471ea4cb6a72465f1fd6b3b16b9ab267e

Figur 1: Hashverdi av inngangsteksten «Svein Ølne» med hash-algoritmen SHA-256

SHA-256 hash calculator

SHA-256 produces a 256-bit (32-byte) hash value.

Data

Svein Olnes

SHA-256 hash

c17ada4f3b21a1675fea1fdda81c8342c35cdc550f69b16ffcdc9a406e3b1f68

Figur 2: Hashverdi av «Svein Olnes». Merk at endringa av «Ø» til «O» gir ein heilt annan hash-verdi

Utrekning av ein hash-verdi, t.d. basert på algoritmen SHA-256, er komplisert sett med menneskelege auge, men veldig enkelt å gjennomføra for ei spesialisert datamaskin. Der eit menneske ville brukt ein heil dag på å rekna ut eit enkelt hash-resultat, kan dei nyaste, spesialiserte datamaskinene gjennomføra mange billiardar hash-kalkulasjonar pr. sekund.

2.2 Krav til ein god hash-algoritme

Figurane over viser styrken i ein (god) hash-algoritme: Ei lita endring i inngangsverdien gir eit stort

utslag i resultatet av hash-algoritmen. Krava til ein god hash-algoritme kan elles summerast slik (Narayanan et al., 2016):

1. Store utslag: Minimale endringar i innverdi gir eit stort utslag i utverdi (= hash-resultat)
2. Kollisjonssikker: Sannsynet for å finna to innverdiar som gir same utverdi må vera minimal
3. Ein-vegs: Det må ikkje finnast metodar for å utleia innverdi på bakgrunn av utverdi
4. Deterministisk: Same innverdi må alltid gi same hash-resultat

I tillegg må den sjølvstekt vera effektiv slik at verdiar kan reknast ut raskt. Det er særleg viktig for verifisering av hash-verdiar. I Bitcoin-samanheng er det svært vanskeleg å finna ein hash-verdi som tilfredsstillar kravet, fordi kravet er vanskeleg, men veldig lett for dei som skal godkjenne hash-verdien i etterkant å kontrollera at den oppgitte hash-verdien tilfredsstillar kravet.

2.3 Spesialisering og konsentrasjon

Bitcoin var konstruert for at alle deltakarar (alle som lasta ned programvara på ein pc) skulle delta i alle delar av systemet. Det betydde at også graveprosessen vart utført på kvar enkelt pc i Bitcoin-nettverket. Då bitcoin-kursen starta å stiga i 2011 vart det også meir lønnsamt å driva graveprosessen og det vart investert i raskare utstyr. I første omgang vart det ein overgang frå vanleg CPU-bruk (prosessen i pc-en) til å bruka grafikk-kort som kan utføra denne typen operasjonar mykje raskare enn ein vanleg prosessor. Men med stigande kurs og større konkurranse vart grafikk-kort også for svake og det vart utvikla spesielle prosessorar optimaliserte for å utføra hash-algoritmen SHA-256. Etter nokre år med rivande utvikling, nærma denne spesialiserte prosessor-teknologien seg annan prosessorteknologi, og kom inn i same utviklingstakt. Den utviklingstakta følgjer stort sett Moores lov²; dvs. ei dobling av kapasiteten om lag annakvart år.

Utstyret som blir brukt til utrekning av hash-verdiar i Bitcoin-systemet er svært effektivt. Fordi hash-metoden SHA-256 er enkel å optimalisera med spesialkonstruerte prosessorar³, har den omfattande konkurransen fått fram prosessorar som kan utføra 1 billiard hash-operasjonar (10^{12}) med eit energibruk på berre 40 Joule. Andre blokkjedesystem har prøvt å unngå ei slik optimalisering fordi dei er redde for at industrialiseringa av denne delen vil føra til konsentrasjon og sentralisering. Ethereum brukar også proof of work, men har valt ein hash-metode som er vanskeleg å optimalisera. Hash-utrekningane i Ethereum blir difor framleis utførte med grafikk-kort og det gjer at ein hash-operasjon i Ethereum brukar 40-50 gonger så mykje energi som i Bitcoin.

² Moores lov er oppkalla etter Gordon Moore, ein av grunnleggjarane av prosessor-bedrifta Intel. Han spådde i 1975 at talet på komponentar i ein integrert krets (= prosessor) ville dobla seg annakvart år. Det har vist seg å halda stikk; utviklinga har til og med gått raskare ved at doblinga har skjedd om lag kvart 18. månad.

³ Dei spesialutvikla prosessorane blir kalla ASIC: Application Specific Integrated Circuits



Figur 3: Innholdet i ei blokk, og den delen som er utgangspunktet for den matematiske rekneoppgåva (hash-funksjon). Variabelen «nonce» er berre ein teljar som kan endrast for å få ein ny hash-verdi, den har ingen annan funksjon.

Illustrasjonen over viser felte i ei Bitcoin-blokk og korleis dei blir brukte som inngangsverdi til hash-funksjonen SHA-256⁴. Hash-resultatet skal tilfredsstilla eit minstekrav, definert i «Vanskegrad». Det betyr i praksis at hash-verdien skal starta med visst mange 0-siffer («null»). Medio februar 2020 må ein godkjent hashverdi starta med 19 null-ar for å bli godkjent. Sidan hash-verdien av forrige blokk også er ein del av hash-verdien av gjeldande blokk, blir blokkene lenka saman. Eit forsøk på endring i forrige blokk vil gi ein ny hash-verdi som ikkje stemmer med det som er oppgitt i gjeldande blokk. På den måten blir endringsforsøk lett synlege, men det er sjølve rekneprosessen (Proof of Work) som sikrar mot slike endringsforsøk.

Dersom nokon vil prøva å endra ein tidlegare transaksjon, må dei gjera om att rekneoperasjonen (proof of work) både for den aktuelle blokka og all etterfølgjande blokker. I tillegg må dei halda følge med dei nye blokkene som blir genererte. Eit slikt angrep vil difor krevja store ressursar; meir enn halvparten av alle rekneressursane i nettverket.

2.4 Bitcoins hjarterytme

I Bitcoin blir nye blokker med transaksjonar etablerte kvart 10. minutt i gjennomsnitt. Dette er Bitcoins hjarterytme, eller puls om ein vil. I samband med at ei ny blokk blir lagra på blokkjeda, blir det også tilført ny valuta (nye bitcoin) til systemet.

Det er programkoden som regulerer blokkfrekvensen. Vanskegraden på hash-algoritmen blir sett slik at nettverket i gjennomsnitt skal finna ei ny blokk kvart 10. minutt. For kvar 2016. blokk blir gjennomsnittleg blokkintervall evaluert og dersom intervallet mellom blokker viser seg å vera mindre enn 10 minuttar i den siste perioden, blir vanskegraden auka. Dersom det i gjennomsnitt har teke meir enn 10 minuttar mellom kvar ny blokk, blir vanskegraden redusert. Det er altså ikkje slik at vanskegraden, og dermed energibruken, i Bitcoin automatisk skal stiga. Den kan også bli redusert,

⁴ SHA-256 = Secure Hash Algorithm 256, der 256 er talet på bit i hash-resultatet (256 bit = 32 bytes = 32 teikn)

noko som har skjedd i kortare periodar. Men hovudtrekka er ein kraftig auke i vanskegrad og dermed energibruk, som følgje av kursauken i bitcoin (mot US dollar).



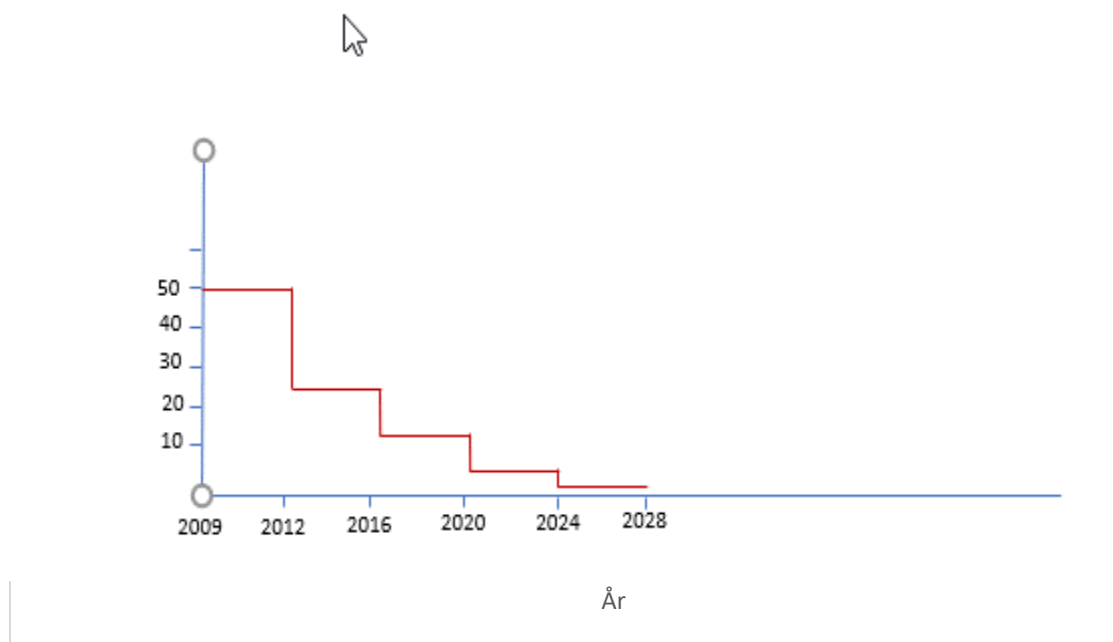
Figur 4: Utviklinga i «hash rate», dvs. talet på hash-operasjonar pr. sekund, i Bitcoin-nettverket

Som figuren over viser, har det vore ein eksponentiell vekst i hash-frekvens (hash-operasjonar pr. sek.), sterkt korrelert med bitcoin-kursen. Det er likevel ei viss forseinking i hash-frekvens samanlikna med bitcoin-kurs. Bitcoin-kursen nådde eit førebels høgdepunkt 17.12.2017, og den etterfølgjande toppen i hash-frekvens vart nådd om lag eit halvt år seinare. Men etter ein viss nedgang starta auken i hash-frekvens igjen og har nesten dobla seg i høve toppen i midten av 2018. Det viser at det er ei viss tregheit i systemet, og det er naturleg. Rask auke i kurs fører til auke i etterspurnad etter Bitcoin-maskinvare. Men det tek tid å auka produksjonen, difor blir det eit etterslep. At hash-frekvensen nærmast er dobla to år sidan kursrekorden i 2017 må sjåast i lys av dette etterslepet.

2.5 Belønningssystem

Ein annan variabel som også spelar ei viktig rolle i energiforbruket, er halveringa av bitcoin-belønning. Kvart 10. minutt blir det laga ei ny blokk og den som først finn ein hash-verdi som tilfredstiller kravet, får ein viss sum nyskapte bitcoin. I starten var belønninga 50 bitcoin. Systemet er konstruert slik at for kvar 210.000 blokker blir belønninga halvert. Det tilsvarer om lag kvart fjerde år. I 2012 vart belønninga halvert til 25 bitcoin for kvar ny blokk, og i 2016 vart det ei ny halvering til 12,5 nye bitcoin pr. blokk. I mai 2020 kjem den tredje halveringa, etter at 630.000 blokker er genererte. Då blir belønninga 6,25 nye bitcoin pr. blokk. Alle andre faktorar like, betyr det ei halvering av lønnsmda for gravarane, og mange vil driva med tap. For at dagens hash-frekvens skal halda seg, må bitcoin-kursen altså doblast. Det endelege talet bitcoin er fastsett i systemet og det er 21 mill. Men alt i dag er nesten 87 % av alle bitcoin frigitt (18,223 mill. bitcoin).

Halveringsmodellen gjer at tapte inntekter frå nye bitcoin etter kvart må kompensast med gebyr («fee») for å halda oppe sikkerheita i nettverket. Dersom lønnsmda blir redusert, blir også rekne-krafta i nettverket redusert og tilpassa dei nye inntektsnivåa.



Figur 5: Modell for halvering av bitcoin-belønning.

Ved neste halvering som er forventa å skje i midten av mai i år, vil 18,375 mill. av dei i alt 21 mill. bitcoin vera frigjorde. Ved neste halvering igjen, i 2024, vil 19,687 mill. bitcoin vera frigjorde, dvs. nesten 94 % av alle bitcoin. Den årlege tilførselen av bitcoin vil vera 1,7-1,8 %. Det er i same storleik som den årlege veksten av gull globalt. Etter halveringa i 2028 vil den årlege tilførselen i bitcoin tilsvara rundt 0,8 % av alle bitcoin i sirkulasjon. Den årlege tilførselen av bitcoin går mot null, og det skjer først i år 2140.

2.6 Sikkerheit og tilfeldig distribusjon av nye bitcoin

Hovudpoenget med heile denne prosessen er, som tidlegare nemnt, å sørgja for sikkerheit i systemet. PoW er ein metode som sikrar tilfeldig trekking av ein vinnar, og som i vanlege lotteri, aukar sjansane til meir maskinressursar (= fleire lodd) du har. Metoden sikrar også ei tilfeldig fordeling av nye bitcoin og har difor to føremål: sikring av systemet og mest muleg tilfeldig distribusjon av nye bitcoin.

2.7 Sikkerheitsaspektet manglar i Skatteetaten si framstilling

Bitcoin-graving (PoW) som grunnlag for sikkerheita i Bitcoin og tilsvarande kryptovalutaer, manglar i Skatteetaten sitt høyringsnotat. Der blir det konsekvent snakka om *utvinning av kryptovaluta* og det enorme straumforbruket, som ikkje let seg nekta, og energibruken blir dermed uforståeleg og svært vanskeleg å forsvare. Det var også dette politikarane hengde seg opp i då saka for alvor fekk mediemerksomhet i siste halvdel av 2017. På toppen kom uheldige initiativ i Dale⁵ og på Follum⁶ der støypproblem vart ei stor sak. Aktøren bak desse initiativa, KryptoVault, hadde også fleire uheldige medieutspel som skapte eit uheldig bilete av den nye datasenter-næringa under framvekst.

⁵ <https://www.nrk.no/vestland/naboer-fortviler-over-stoy-fra-bitcoin-fabrikk-1.14096323>

⁶ <https://www.ringblad.no/meninger/naringsliv/helse/stoy-fra-kryptovault-en-provestein-for-kommunen/o/5-45-651024>

3. Konsensusmetodar

Den store innovasjonen i Bitcoin var at det for første gang vart muleg å overføra verdiar over eit ope nettverk utan å ha ein sentral aktør som godkjende transaksjonen. Alle i nettverket er med på godkjenninga. Dei må bli einige, komma fram til konsensus, om kva som er rett. Av denne grunnen er *konsensusmetoden* svært viktig i blokkjedeteknologien. Det er denne metoden som erstattar mellomledet og som gjer at ei blokkjede kan fungera utan ein sentral autoritet.

3.1 Blokkjede som tilstandsavhengig teknologi

Blokkjedeteknologien er tilstandsavhengig («stateful»), dvs. ein må ta vare på historikken og lagra alle hendingar, i motsetnad til databaseteknologi som tradisjonelt er tilstandsuaavhengig («stateless»). Ei blokkjede er ein stadig veksande database der ingen ting blir sletta. Blokkjeder har mål om å vera uforanderlege («immutable») og kan ikkje tillata endring eller sletting av data, i motsetnad til ein database der informasjon både blir endra og sletta. Det uforanderlege er eit mål, men ingen blokkjede kan garantera det. Det er snakk om grader av uforanderleg. Bitcoin er den blokkjeda som med god avstand er sikrast mot endringar. Det skuldast den store energiinnsatsen som ligg i systemet.

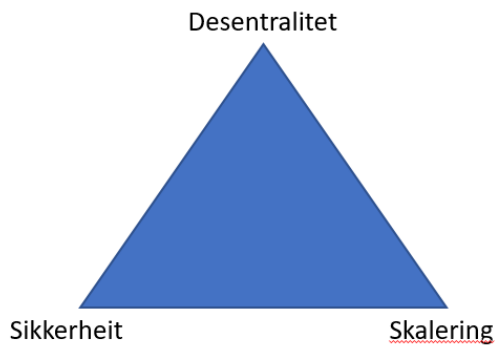
Konsensusmetoden i Bitcoin er basert på bevis av arbeidsinnsats; på fagspråket Proof of Work (PoW). Den aktuelle PoW-prosessen i Bitcoin er ein konkurranse om å vera den første som finn eit tilfredsstillande svar på ei matematiske oppgåve. Oppgåva er å rekna ut ein hash-verdi med metoden SHA-256 der dei første felte i ei ny Bitcoin-blokk (sjå Figur 3) og komma fram til ein hash-verdi som startar med eit visst tal 0-ar (sifferet 'null'). Til fleire null-ar, til vanskelegare blir oppgåva. Hash-verdien er ein tekststreng med bokstavar og tal, uttrykt med heksadesimal notasjon, dvs. med grunntalet 16. Ein heksadesimal notasjon brukar tala frå 0-9 og vidare a-f. «f» uttrykkjer med andre ord talet 16. Ein hash-verdi som t.d. i Figur 1, er eigentleg eit stort tal uttrykt i heksadesimal notering. For å få eit hash-resultat som startar med sifferet '0', er det $1/16$ sannsyn. For å få ein hash-verdi som startar med to '0'-siffer, er sannsynet $(1/16)^2$. Og for å finna ein hash-verdi som startar med 19 '0'-siffer etter kvarandre, er sannsynet $(1/16)^{19}$. Det er eit svært lite sannsyn og det betyr at det må ufatteleg mange forsøk til for å klara, og det må store energimengder til for å driva alle datamaskinene som reknar på denne oppgåva.

3.2 Kvifor ikkje ein annan konsensusmetode?

Det store energiforbruket i Bitcoin-nettverket har ført til mykje forskning for å finna alternative metodar som brukar lite energi. Det finst etter kvart mange konsensusmetodar, men felles for dei er at dei har enkelte svake sider. Det er særleg sikkerheit og desentralitet som blir ofra i dei alternative konsensusmetodane.

I blokkjedeteknologien er eigenskapane sikkerheit, desentralitet og skalering (kapasitet/fart) eit kjent trilemma. Det er muleg å oppnå berre to av dei tre eigenskapane. Det er ein variant av ei problemstilling som også er kjent som CAP-teoremet. Det seier at det i distribuerte lagringssystem er berre muleg å oppnå to av dei tre eigenskapane konsistens, tilgjengelegheit og partisjons-toleranse

(Brewer, 2012). Som Brewer også understrekar (ibid.), må ikkje «2 av 3» takast heilt bokstaveleg. Det er snakk om grader av dei tre dimensjonane, ikkje enten eller. Men det viktige er at ein ikkje kan oppnå maksimalt resultat på alle tre områda; i styrkinga av ein dimensjon må ein ofra noko i ein annan.



Figur 6: Blokkjedeteknologiens trilemma

Dei fleste blokkjedesystema som prøver å bøta på Bitcoins manglande kapasitet, ofrar desentralitet på veggen.

I Bitcoin har skalering, dvs. transaksjonskapasitet og -fart, vorte ofra til fordel for best muleg sikkerheit og mest muleg desentralitet. Den mest aktuelle konsensusmetoden etter Proof of Work, er Proof of Stake. I Proof of Stake må den som vil lagra ei ny blokk risikera ein del av krypto-reservane sine, som eit slags depositum. Dersom alt blir gjort etter reglane, får vedkommande ein bonus i form av ny kryptovaluta. Men ved forsøk på å lura systemet, mistar vedkommande depositumet som er satsa.

3.3 Forgreiningar i blokkjeder

Ei utfordring med PoS i høve PoW er at det ikkje kostar noko «å ri to hestar». Ei vanleg problemstilling i blokkjeder er forgreiningar. All programvare som er tilgjengeleg som open kjeldekode, har denne utfordringa. Alle som vil, kan lasta ned og gjera endringar i programkoden. Linux, som er eit av dei mest vellykka eksempla på open kjeldekode, finst t.d. i fleire hundre ulike variantar, til dels inkompatible med kvarandre. På same viset er det med blokkjeder og kryptovaluta. Det finst i dag over 5 000 ulike kryptovalutaer, og dei fleste kan sporast tilbake til endringar i Bitcoin-koden på eit eller anna tidspunkt. Så blir det etterkvart forgreiningar av forgreiningar og det blir til slutt eit tre med svært mange greiner og endepunkt.

3.4 «Ingenting på spel»

Men i motsetnad til «vanleg», open programkode som blir endra, får endringar i blokkjede-kode også ein økonomisk effekt. Ei forgreining i Bitcoin-koden vil t.d. skapa ein ny kryptovaluta; ein såkalla «altcoin». Ved ei forgreining i Bitcoin-koden må gravarane, som er dei som sikrar blokkjeda, bestemma seg for kva grein dei vil satsa på. Dei kan ikkje satsa ressursane (energi) på begge greinene, då blir i så fall effekten av arbeidet deira halvert. Men i PoS kostar det ikkje noko å satsa på

fleire greiner, derav uttrykket «nothing at stake». Dette er eit av dei vanskelegaste problema med denne konsensusmetoden, som elles har den fordel at den ikkje brukar nemneverdig energi. Ei anna utfordring med PoS og dei fleste andre alternativa til PoW er at der PoW er ein ekstern metode i høve systemet den skal sikra, er dei alternative konsensusmetodane innebygde i sjølv systemet dei skal sikra. Det skaper utfordringar fordi det då er lettare å manipulera systemet, t.d. ved «nothing at stake» eller at ein risikerer sentralisering ved at nokre brukarar får spesielle privilegium. Det siste er tilfelle i mange kryptovalutaer, t.d. IOTA, EOS, Dash, Cardano, Stellar, Ripple, for å nemna nokre.

Tabell 1: Ulike konsensusmetodar og karakteristiske trekk ved dei.

Eigenskap	«Proof of Work»	«Proof of Stake»	“Practical Byzantine Fault Tolerance” (PBFT)
Open eller kontrollert	Open	Open	Kontrollert
Exogen eller endogen	Exogen	Endogen	Endogen
Grense for «uvennlige» aktørar	< 50 %	< 50 %	< 33 %
Eksempe	Bitcoin, Ethereum	Dash, Tezos	Hyperledger Fabric

Tabellen over viser tre vanlegaste konsensusmetodane, der «Proof of Work» er den desidert mest vanlege og den som krev store energimengder. Mange ønskjer å gå over til «Proof of Stake», men som omtalt tidlegare i kapitlet, er det framleis ein del uløyste utfordringar kring denne metoden, i alle fall når den skal brukast i stor skala.

Det er stor skilnad på opne og lukka/kontrollerte blokkjeder, også når det gjeld konsensusmetodar. Dette blir drøfta nærmare i kapittel 5.

4. Energibruken i Bitcoin-systemet

Som vi ser av Figur 4 har hash-frekvensen auka kraftig, særleg dei siste 2-3 åra. Energibruk og hash-frekvens er direkte korrelerte verdiar, men å omsetja hash-frekvens til energibruk er vanskeleg. Bitcoin-graving blir gjort med mange typar utstyr, og dei har ulike effektivitet. Den mest effektive maskinvara i dag har eit energiforbruk pr. tera-hash på rundt 40 J/Tera-hash, noko som tilsvarer ein effekt på 40 Ws pr. TH, altså ein billiard hash-funksjonar pr. sekund (10^{12} hash-op.) med eit forbruk på 40 Watt. Men alle har ikkje så nytt og effektivt utstyr, så for å rekna ut samla energibruk må ein laga ein modell med ei blanding av eldre og nyare utstyr. Köhler og Pizzol (Köhler & Pizzol, 2019) har brukt livsløps-metode (Life Cycle Assessment) og funne at Bitcoins årlege energibruk tilsvarer rundt 32 TWt. Karbon-fotavtrykket rekna dei ut til å vera ca. 17,3 Mt CO₂-ekvivalentar, ut frå ein energimiks dei har prøvt å sannsynleggjera.

Det er vanskeleg å kalkulera energibruken i Bitcoin-systemet og estimata spriker difor svært mykje., og påstandar om at Bitcoin-graving brukar meir energi enn gullgraving⁷, Bitcoin sitt energibruk tilsvarer årsforbruket til Sveits⁸, og at Bitcoin kjem åleine til å forbruka all energi i verda innan 2020⁹. Estimata, både i akademisk og ikkje-akademisk litteratur, varierer frå 20 TWh til 105 TWh årsforbruk av energi, sjå (De Vries, 2018; Zade et al., 2019; McCook, 2018; Rauchs et al., 2018). Bitcoin-systemet brukar mykje energi, det er klart, men det er også klart at det er mange ville påstandar, som t.d. artiklane i Nature, BBC og Newsweek demonstrerer (sjå fotnotar).

4.1 Energibruk, konsesjonskraft og datasenter-tenester

Den store energibruken er nettopp drivkrafta for datasenter og deira «raison d'être». Sentera er ofte lagde til stader i nærleiken til store energiproduksjon. Tidlegare har det ofte vore energikrevjande industri, gjerne smelteverksindustri, som har vore hjørnesteinsproduksjonen og grunnlaget for bygdesamfunnet, som t.d. Dale, Høyanger, Mo (i Rana). Eller det har vore stader med stor energiproduksjon, men utan spesifikk industri til å utnytta krafta, som t.d. Luster. Felles for desse stadene er at dei har tilgang til relativt store mengder konsesjonskraft; elektrisk kraft dei kan bruka i eigen kommune. Konsesjonskraft er definert som

«En andel av kraftproduksjonen, som en kraftverkseier er pålagt å levere kommunene som er berørt av en regulering eller utbygging, eventuelt også fylkeskommunen. Prisen fastsettes uavhengig av markedsprisen.» (NVE, 2004)

Kraftverkseigar må setja av inntil 10 % av kraftgrunnlaget som konsesjonskraft for kommunen, og fylkeskommunen, der kraftverket ligg. Kommunen kan bruka konsesjonskrafta til «alminneleg elforsyning». Det omfattar elektrisk kraft til hushaldningar, jordbruk, anleggsverksemd, tenesteytande næringer, bergverk og industri (men ikkje kraft-intensiv industri og treforedling). Men el-kraft

⁷ Nature: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-07283-3>

⁸ BBC: <https://www.bbc.com/news/technology-48853230>

⁹ Newsweek: <https://www.newsweek.com/bitcoin-mining-track-consume-worlds-energy-2020-744036>

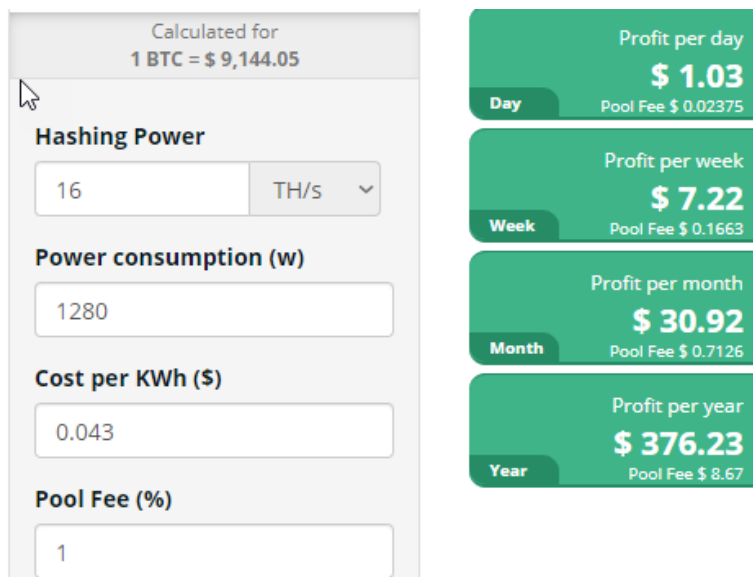
i datasenter er ein del av «alminneleg elforsyning» har Olje- og energidepartementet fastslått¹⁰. Den klargjeringa har fått stor betydning for mange kraftkommunar, og kombinert med stor etterspurnad etter el-kraft til Bitcoin- og blokkjedesikring, resulterte det i ei rekkje initiativ i 2017 og 2018, fram til vedtaket om å ikkje la denne typen datasenter-aktivitet nytta godt av redusert el-avgift.

Prisen på konsesjonskrafta er i 2020 fastsett til 11,27 øre pr. kWt¹¹ og det er ein pris som er konkurransedyktig sett frå eit datasenter si side. Det er vanleg å rekna at straumprisen maksimalt må vera \$0,05, altså NOK 0,40-0,45. Truleg bør straumprisen ned mot 30 øre/kWt for at det skal vera interessant for større investeringar.

Det er fleire faktorar som avgjer om ei investering i utstyr for Bitcoin-graving blir lønnsam eller ikkje. Prisen på elektrisk kraft er svært viktig, men prisen på, og effektiviteten til, maskinvara er også viktig i ein livsløpsanalyse. Kostnadene til Bitcoin-graving kan delast i kapitalkostnader (investering i utstyr) og driftskostnader (elektrisk kraft, andre datasentertjenester).

4.1 Enkelt rekneeksempel på Bitcoin-graving

I eit tenkt tilfelle med innkjøp av «gravemaskina» Bitmain Antminer S9SE til \$387,83 (pris 25.02.2020) inkl. frakt, men utan mva., ville ein straumpris på rundt 40 øre/kWt (= 0,043 USD) ført til at utstyret var tent inn att på om lag eitt år. Men er her er det fleire usikre faktorar, m.a. bitcoin-kursen, samla hash-kraft i nettverket og halvering av bitcoin-belønning i mai månad i år.



Figur 7: Enkelt eksempel på lønnsemd i Bitcoin-graving (<https://www.cryptocompare.com/mining/calculator/btc>)

Det enkle reknestykket over viser likevel at kraftkommunane si konsesjonskraft vil vera konkurransedyktig for slike investeringar. Når mange kraftkommunar har problem med å nytta den mengda konsesjonskraft dei får tildelt, er det ikkje rart at mange syslar med tankar om å tilby krafta til denne typen næringsaktivitet. Den delen av konsesjonskrafta kommunen ikkje brukar sjølv, går automatisk til fylkeskommunen.

¹⁰[https://lvk.no/sites/lund/files/Nettsidebilder/Dokumenter/LVK/Andre dokumenter/1805298_b_lvk_elforbruk_store_datasentre_oed.pdf](https://lvk.no/sites/lund/files/Nettsidebilder/Dokumenter/LVK/Andre_dokumenter/1805298_b_lvk_elforbruk_store_datasentre_oed.pdf)

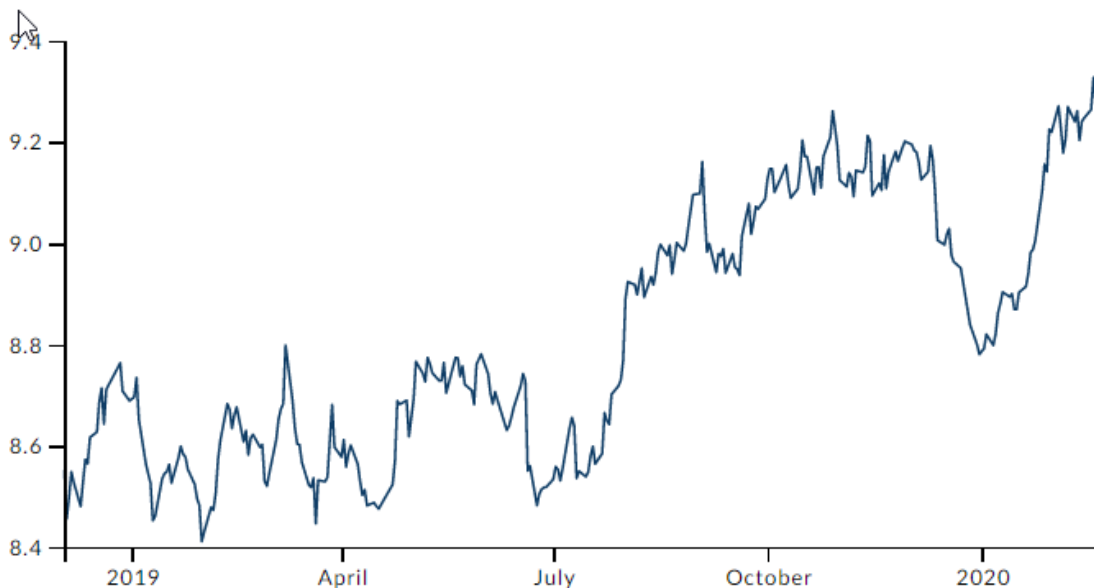
¹¹ <https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonsbehandling-av-vannkraft/konsesjonskraft-og-konsesjonsavgifter/konsesjonskraftpris/>

4.2 Bruk av konsesjonskraft i eigen kommune

Luster kommune henta ut 90 GWt av ein kvote på 220 GWt i 2019¹². Det betyr at inntekter frå 130 GWt gjekk til Sogn og Fjordane fylkeskommune. Frå og med 2020 vil overskytande konsesjonskraft gå til Vestland fylkeskommune. Den delen av konsesjonskrafta Luster kommune kunne bruka sjølve, ga inntekter på 22,2 mill. NOK, noko som gir ein pris på konsesjons-krafta på 24,7 øre/kWt til forbrukar. Dersom me set denne prisen inn i reknestykket over, får me ei tilbakebetalingstid på 2/3 år med dagens kurs og pris. Dette er forenkla kalkuleringar berre for å få fram potensialet ein kraftkommune som Luster har for bruk av konsesjonskraft til næringsutvikling.

For at Bitcoin-gravinga skal vera lønnsam, der investeringa i maskinvara sjølv sagt må tenast inn att på kortast muleg tid, er det rekna med at straumprisen bør vera lågare enn 0,05 USD, tilsvarande NOK 0,45. Truleg bør straumprisen under 35 øre for å få aktørar til å satsa i Norge. Med full el-avgift på 15,83 øre/kWt blir prisen på elektrisk kraft ikkje konkurransedyktig. Sjølv konsesjonskraft vil då kosta over 40 øre/kWt.

Utviklinga i den verdsøkonomien der den norske krona har svekka seg betydeleg mot euro og amerikanske dollar, ville gjort Norge endå meir attraktivt for blokkjede-sikring, dersom ikkje usikkerheit om el-avgift hadde oppstått.



Figur 8: Kursutvikling NOK mot USD frå 01.12.2018 til i dag

Sidan desember 2018, då forslaget om bortfall av redusert el-avgift for kryptovaluta-baserte datatenester vart offentleggjort, har norske kroner svekka seg 10-12 % i høve amerikanske dollar. Det vil seia at konkurransekrafta for denne typen næring ville ha styrka seg tilsvarande om ikkje endringa i el-avgift hadde vore føreslått.

¹² <https://www.sognavis.no/rekordinntekt-pa-sal-av-konsesjonskraft-i-luster-kunne-fatt-det-doble-om-dei-hadde-vore-ein-del-av-sogndal/s/5-115-370314>

5. Alternative datasenter-tenester for blokkjedeteknologi

Så langt er bakgrunnen for datasenter-tenester baserte på sikring av opne blokkjeder (det Skatteetaten kallar «utvinning av kryptovaluta») gjort greie for, og kvifor det er har vore så stor etterspørsel etter rimeleg el-kraft. Prosjektet hadde som målsetjing å prøva å identifisera alternative tenester innan blokkjedeteknologi som Bluefjords AS, og andre datasenter, kunne vri satsinga over på.

5.1 Opne og kontrollerte blokkjeder

I kapittel 3 vart konsensusmetodar i blokkjedeteknologien gjennomgått, og Tabell 1: Ulike konsensusmetodar og karakteristiske trekk ved dei. viste eksempel på nokre vanlege konsensusmetodar og sentrale eigenskapar ved dei. Ei open, vilkårslaus (eng. «open/public permissionless») blokkjede er open for alle, i alle delar av systemet. Bitcoin og Ethereum er eksempel på opne og vilkårslause blokkjedesystem. Alle kan delta i alle aktivitetane, og sjølv om PoW-metoden i Bitcoin over tid har vorte svært profesjonalisert og industrialisert, er den i prinsippet framleis open for alle. Kven som helst kan kjøpa nødvendig maskinvare og setja i gang graving (sjå t.d. eksempelet i 4.1). Det er eventuelt berre lønnsemd, eller mangel på slik, som hindrar nokon å gjera det.

Ei kontrollert (eng. «private, permissioned») blokkjede er på den andre sida kontrollert av eit fåtal aktørar. Det er desse aktørane som bestemmer konsensusreglane og utfører den viktige bokhaldar-oppgåva (lagring av transaksjonar i nye blokker). I eit slikt kontrollert miljø, med eit fåtal aktørar, trengst det ikkje bruk av energi for sikring av blokkjeda. Sikringa skjer internt i konsortiet av deltakarar, og lagring av nye blokker går på omgang blant aktørane. I eit slikt miljø er det behov for andre konsensusmetodar som ikkje er energikrevjande. Det er heller ikkje behov for ein innebygd valuta, for deltakarane har eigeninteresse av at systemet fungerer og treng ingen ekstra insentiv.

Tabell 2: Opne og lukka/kontrollerte blokkjeder (Hileman & Rauchs, 2017)

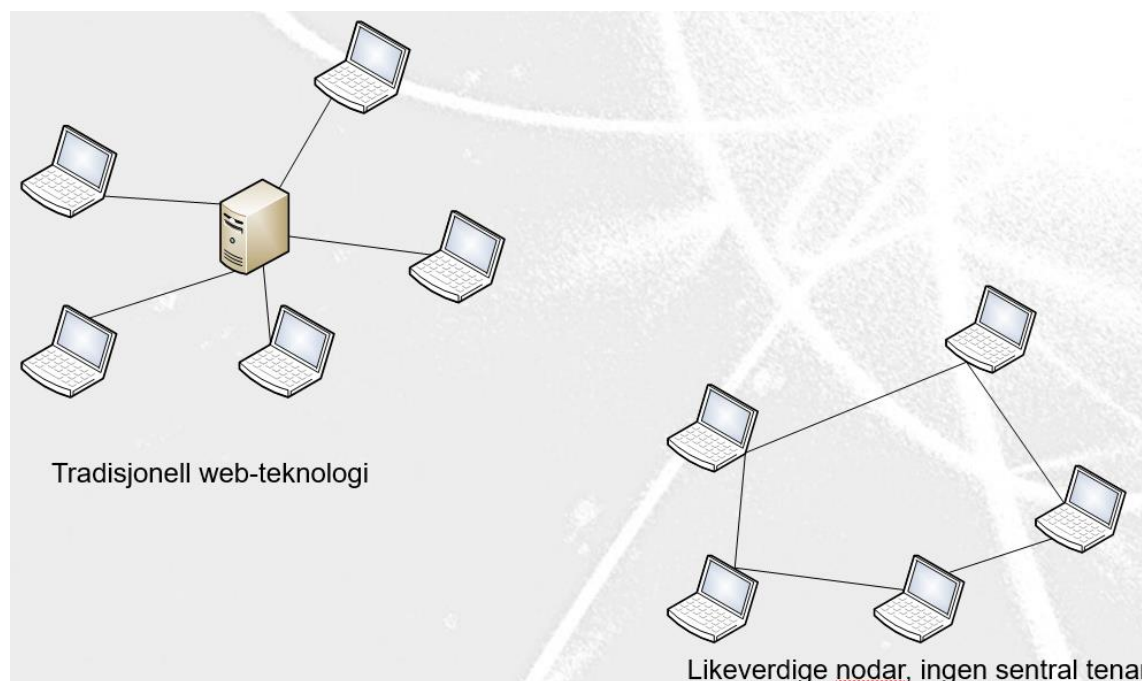
Types of blockchains	Open		Read	Transact	Store	Example
		Permissionless	Anyone	Anyone	Anyone *	Bitcoin Ethereum
		Permissioned	Anyone	Authorized participants	Restricted	Sovrin
	Closed					
		Consortium	Restricted	Authorized participants	Restricted	R3 Corda
		Private	Closed	Only the owner	Only the owner	Internal blockchain in an org.

I tabellen over er opne blokkjeder delte i vilkårslause («permissionless») og vilkårsbaserte («permissioned»), medan lukka blokkjeder er delte i konsortium-type og private. Dei lukka

blokkjedene vil også vera av typen vilkårsbaserte sidan det er kontrollert kven som kan delta i konsensusdelen av systemet. «Read» betyr å kunna lesa innhaldet i blokkjeda, «Transact» å kunna senda og ta i mot transaksjonar og «Store» betyr retten til å lagra nye blokker med transaksjonar.

5.2 Full elavgift for blokkjedebasert kryptovaluta

Kontrollerte blokkjeder (i tabellen over alle bortsett frå den øvste rekkja merka «Permissionless») treng ikkje ein energiintensiv konsensusmetode og heller ikkje nokon innebygd kryptovaluta. Frå eit datasenter sitt syn er slike blokkjeder meir å sjå på som tradisjonelle databasar. Det er ikkje stor kommersiell interesse for datasenter i denne typen tenester. Blokkjedeteknologien er i sin natur node-til-node utan ein sentral server, og dermed er teknologien mindre interessant for eit datasenter. Den einaste delen av blokkjedeteknologien som for tida er interessant for eit datasenter, er den PoW-baserte delen av opne, vilkårsause blokkjeder, og særleg Bitcoin.



Figur 9: Node-til-node-teknologi (peer-to-peer) til høgre i figuren og tradisjonell klient-tenar til venstre. Node-til-node betyr at nettverket består av likeverdige nodar der ingen bestemmer meir enn dei andre.

Ein overgang til andre konsensusmetodar, som «Proof of Stake», er heller ikkje spesielt interessant for eit datasenter. PoS-metoden er lite energikrevjande, og node-til-node-fundamentet i blokkjedeteknologien tilseier at programma skal vera spreidde på så mange ulike maskiner som muleg.

Eit anna moment er at også andre konsensusmetodar kan komma i konflikt med den føreslåtte omlegginga av el-avgifta for datasenter sidan utvinning av kryptovaluta likevel blir ein del av systemet. Sjølv om utvinninga i seg sjølv ikkje inneber nemneverdig energibruk, vil berre det å husa ei slik teneste truleg falla inn under kategorien «utvinning av kryptovaluta» og dermed tvinga datasenteret til å krevja full el-avgift for den krafta som blir levert.

I eit tenkt eksempel vil både ein kryptovaluta basert på konsensusmetoden Proof of Stake og til dømes Facebook sin Libra-valuta falla inn under den typen datatenester som er føreslege full el-avgift for. I høyringsnotatet frå Skattedirektoratet (Skatteetaten, 2019) heiter det:

«Ut fra hensynet til teknologinøytralitet vil forslaget omfatte enhver utvinning av enhver kryptovaluta.

...

Forslaget er utformet teknologinøytralt, uavhengig av hvor kraftkrevende prosessene er. Det er dermed ikke avgjørende at det benyttes blokkjedeteknologi (Proof of Work-, Proof of Stake-, eller andre prosesser som baseres på blokkjedeteknologi). Det innebærer at all kraft til utvinning av kryptovaluta ved et datasenter, skal betale full elavgift.»

Det synest difor klart at all blokkjedeteknologi som omfattar kryptovaluta, vil falla inn under datatenester som må betala full el-avgift.

5.3 Blokkjeder utan kryptovaluta

Det finst også blokkjedeteknologi utan innebygd kryptovaluta. Slik blokkjedeteknologi må sikrast på ein annan måte enn dei tradisjonelle blokkjedene baserte på kryptovaluta. Dei kan ikkje vera opne for alle fordi sikkerheitsmodellen er avhengig av at godkjenningsprosessen (validering og lagring av nye transaksjonar) er lukka. Denne typen blokkjeder blir styrt av eit konsortium med godkjende deltakarar. Deltakarane styrer i praksis alt ved blokkjeda; både validering og lagring av nye transaksjonar og endringar i programvara.

I staden for ein sentral database, eller ein sentral applikasjon, vil ei konsortium-blokkjede bli lagra hjå kvar enkelt konsortium-deltakar. Som Figur 9 viser, er det ingen sentral tenar, men likeverdige nodar som alle køyrer den same programvara og lagrar dei same data. Sjølv om ein blokkjede-node kan overlatast til eit datasenter å ta hand om, er det mindre interessant fordi det bryt med sjølve idéen om ei mest muleg desentral blokkjede. Det er difor vanskeleg å sjå for seg at dette skal bli ei stor vekstnæring for datasenter. Det vil heller ikkje vera spesielt energikrevjande eller ha behov for stor lagringsplass, og økonomisk er det slik sett lite å henta på denne typen tenester.

Litteratur

- Antonopoulos, A. M. (2014). *Mastering Bitcoin—Unlocking Digital Cryptocurrencies* (1st ed.). O'Reilly Media Inc.
- Brewer, E. (2012). Pushing the cap: Strategies for consistency and availability. *Computer*, 45(2), 23–29.
- De Vries, A. (2018). Bitcoin's growing energy problem. *Joule*, 2(5), 801–805.
- Hileman, G., & Rauchs, M. (2017). 2017 global blockchain benchmarking study. Available at SSRN 3040224.
- Köhler, S., & Pizzol, M. (2019). Life Cycle Assessment of Bitcoin Mining. *Environmental Science & Technology*, 53(23), 13598–13606.
- McCook, H. (2018). *The Cost & Sustainability of Bitcoin*.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2018). *Norge som datasenternasjon*. Nærings- og fiskeridepartementet.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/6f1eda83c8f941418a5482b138466ea3/strategi-nfd-nett.pdf>
- Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and cryptocurrency technologies: A comprehensive introduction*. Princeton University Press.
- NVE. (2004). *Konsesjonsavgifter og konsesjonskraft* (Fakta 1/2004; Fakta. Informasjon fra NVE). NVE.
http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2004/faktaark2004_01.pdf
- Rauchs, M., Blandin, A., Klein, K., Pieters, G. C., Recanatini, M., & Zhang, B. Z. (2018). 2nd global cryptoasset benchmarking study. Available at SSRN 3306125.
- Skatteetaten (2019) *Høring—Endring av særavgiftsforskriften—Avgift på elektrisk kraft*,
<https://www.skatteetaten.no/contentassets/8b1645fc23444b7ab990930f2170a9f6/2018-9-horingsnotat.PDF>
- Zade, M., Myklebost, J., Tzscheuschler, P., & Wagner, U. (2019). Is Bitcoin the Only Problem? A Scenario Model for the Power Demand of Blockchains. *Frontiers in Energy Research*, 7.