



Satoshi's Engine

Carnot local, Brownian global

Moose.kas

INNEHÅLL

Förord Innan du börjar

Del ett Hur en värdebevarare uppstår

1. Heta maskiner, inget pris het / het
2. Alla såg samma möjlighet kall / het
- 3a. Utsikten halvvägs ner kall / kall
- 3b. Resten av fallet kall / kall
4. Lite efterfrågan räcker långt het / kall
- 5a. Mining är roligt igen het / het
- 5b. Betala mer för kortare väntan het / het
6. Rimmet kall / het
7. En högre botten kall / kall
- 8a. All volatilitet måste balansera
- 8b. Det som inte återställs

Del två Mekanismen

- 9a. Vad en maskin producerar, vad en coin kräver
- 9b. Vad den siffran förpliktar till
10. Capex, opex och kostnaden för att vänta

Del tre Fee-korrigeringen

11. Fee-korrigeringen

Avslutning Vad som håller, och vad som ännu inte gör det

12. Vad detta kallas, och varför
- 13a. Motorn ingen kan bygga
- 13b. Spärrmekanismen som inte kan fungera
14. Vad som fortfarande är öppet

FÖRORD

Innan du börjar

Vad den här boken förutsätter, vad den utelämnar och vem den är skriven för

Den här boken förklarar en maskin inuti en maskin. Inte ett specifikt nätverk, inte en investering, inte en rörelse. En maskin, i ordets vanliga bemärkelse: något med delar som trycker mot varandra och producerar ett resultat.

Ett proof-of-work-nätverk är en stor maskin, och den här boken handlar om dess motor. Resten av maskinen dirigerar, verifierar, ordnar, säkrar och registrerar: den flyttar sådant som redan finns. Motorn är den del som omvandlar. Energi går in och en coin kommer ut med en kostnad bakom sig, och allt nätverket gör därefter görs med denna output. Det mesta som skrivs beskriver vädret runt den motorn snarare än mekanismen under den.

Det märkliga med omvandlingen är vad som finns på varsin sida om den. Coinsen är ändliga. Hur många som finns och hur snabbt de tillkommer bestäms av regler som ingen kan ändra under press. Ansträngningen som krävs för att få dem är däremot inte ändlig alls. Protokollet kan skriva den ena av dessa två sidor men inte den andra: det definierar priset man vinner, men har ingen som helst makt över vad det kostar att konkurrera om det. Ingenting sätter ett tak för hur många maskiner som kan byggas, hur mycket kapital som kan komma in, hur bra ingenjörskonsten kan bli eller hur hårt människor kommer att konkurrera om en mängd som redan var schemalagd innan någon av dem anlände.

Motorn befinner sig alltså mellan något begränsat och en obegränsad aptit på det. När coinsen blir mer värdefulla svarar den obegränsade sidan, och den svarar med fler maskiner, bättre maskiner, mer kapital och billigare el. Vad den inte kan göra är att producera fler coins. Den begränsningen är hela ämnet för den här boken.

Mining förbrukar två saker. Energi, som är den del alla räknar, och tid, som är den del som avgör vad energin var värd. Det mesta som följer handlar om hur den ena byts mot den andra.

Boken förutsätter nästan ingenting. Om du vet att mining innebär datorer som använder elektricitet för att tjäna coins, varför mer arbete ger dig fler coins men inte fler coins totalt, och ungefär hur utbud och efterfrågan sätter ett pris, då vet du tillräckligt för att börja. Allt därefter byggs här, i ordning, och varje begrepp som bär vikt definieras första gången det dyker upp.

Formen

Del ett berättar historien helt utan siffror. Ett helt varv av cykeln och halva det andra, en fas per kapitel, från ögonblicket då ett pris först existerar till andra gången marknaden blir stilla. När du har läst den ska du kunna känna igen vilken del av cykeln du tittar på och säga varför den finns där.

Del två sätter enheter på samma historia. Vad en maskin förbrukar, vad en coin kostar, varför inköp av hårdvara och driften av den är samma utgift på två olika tidsscheman, och varför väntan kostar oavsett om någon köpte den eller inte.

Del tre lägger till den bit som de två första lämnar ute. Fees. Ett andra sätt för minare att få betalt, obetydligt så länge subsidyn består och till slut det enda sättet, medvetet hållet kort eftersom ämnet sträcker sig mycket längre än den här boken behöver och ändå till sist återgår in i cykeln.

De avslutande kapitlen prövar bokens egen titel mot allt som byggts upp före dem, spårar båda halvorna tillbaka till tankeexperimenten de kommer ifrån och säger rakt ut vad som fortfarande är olöst.

Det som medvetet saknas

Inget nätverk namnges någonstans på dessa sidor. Ingen maskinmodell, inga datum, inga priser. Mekanismen är identisk varhelst den körs, och att namnge exempel skulle datera boken och

bjuda in till diskussioner om enskilda projekt som inte har något att göra med huruvida maskineriet fungerar så som det beskrivs. Det som skiljer nätverk åt är hur mycket av mekanismen som läcker bort, och den här boken följer det sundaste fallet, där minst av den gör det.

Boken gör inget försök att katalogisera alla sätt ett nätverk kan läcka värde på, vilket är ett stort ämne med en egen form. Där det spelar roll säger texten det och pekar vidare till en plats där det behandlas ordentligt.

En mekanism är lättast att se där den arbetar rent. Allt här beskriver en maskin med delarna intakta.

Dess följeslagare

Den här boken står bredvid en längre samling som heter *The Instrument*, som arbetar med samma territorium från den monetära sidan snarare än från mining-sidan. De två överlappar i kanterna och ingen av dem är beroende av den andra. Om du vill ha taxonomin över vad som gör ett nätverk sundare än ett annat, eller den mer fullständiga behandlingen av vad en coin mäter, är det där den finns.

Börja här om du vill veta hur maskinen går. Börja där om du vill veta vad den mäter.

DEL ETT

Hur en värdebevarare uppstår

En fas av cykeln per kapitel, ett helt varv och halva ett andra, berättat utan siffror så att formen blir tydlig först.

KAPITEL ETT

Heta maskiner, inget pris

Innan det fanns en marknad fanns bara värme. Sedan, en dag, mötte värmen ett pris, och något började som aldrig tidigare hade existerat.

Heta coins, heta ASICs · cykeln börjar

Varje fair-launched proof-of-work-nätverk börjar på samma sätt. Inget förallokerat, inget utlovat i förväg, bara mjukvara som släpps fri.

I början kör en maskin och ingenting prissätter vare sig den eller det den producerar. En vanlig dator, som utför vanligt arbete, löser ett problem som ger en coin som ingen utanför en liten krets har försökt köpa. Ingen marknad. Ingen siffra att ställa ansträngningen mot. Den som kör maskinen gör det på tro, och tron har en bestämd form: det här är en handelsbar råvara, och en handelsbar råvara kan så småningom bytas mot varor, tjänster eller en annan valuta. Än finns ingenting som kan bekräfta eller motbevisa det.

Från CPU till ASIC, innan någon tittade

Hårdvaran berättar historien på egen hand. Mining började på vanliga processorer, samma chip som redan satt i allas stationära datorer och gjorde det här arbetet som en uppgift bland många. När ryktet spred sig tog grafikkorten över. De var byggda för att rendera bilder men visade sig passa det repetitiva sifferarbete som mining kräver.

Sedan kom ett märkligare mellansteg: fältprogrammerbara chip, hårdvara som konfigurerades om för uppgiften i stället för att byggas för den. Därefter kom slutformen. Application-specific integrated circuits, kisel konstruerat för ett enda syfte och oförmöget att göra något annat.

De två stegen är inte likadana, och skillnaden förklarar tempot. Att gå från en processor till ett grafikkort kostar inget annat än mjukvara.

Hårdvaran var redan köpt, satt redan i maskinen och gjorde något annat. Vem som helst kunde byta över en eftermiddag och lika enkelt byta tillbaka. Fäلتprogrammerbara chip och specialbyggt kisel är något helt annat: pengar som satsas i förväg mot en avkastning ingen har lovat, på hårdvara som aldrig kommer att kunna göra något annat om vadet visar sig vara fel.

Därför dröjde utvecklingen. Ingen satsar kapital på att bygga en maskin som bara kan mina förrän mining synligt lönar sig, och ingen kunde se om det lönade sig förrän det fanns ett pris att jämföra med. De tidiga stegen skedde för att de var gratis. De dyra kom senare, av samma skäl som dyra saker alltid händer: någon kunde till slut mäta vinsten.

Varje steg drev samma byte längre. Ge upp flexibilitet, få effektivitet. Ingen marknad belönade detta. Det hände därför att människorna som körde maskinerna förväntade sig att coinen en dag skulle motivera ansträngningen, och fortsatte spendera enbart på den förväntningen.

Maskinerna var heta långt innan någon utanför en liten krets visste att de existerade. Värmen kom först. Priset hade ännu inte uppfunnits.

När utsidan anländer

Vid ett specifikt ögonblick förändras det. Någon erbjuder sig att köpa coinen. Någon annan går med på att sälja den. Ett pris finns där inget fanns förut.

Två början blandas ihop när människor talar om ett nätverks genesis, och bara den ena är den alla brukar nämna. Genesis är block ett: ett nätverk startas, energi förbrukas, coins produceras som ingen har värderat. Det har en blockhöjd och en tidsstämpel och ett tillkännagivande, och från det ögonblicket finns ett nätverk där inget fanns tidigare. Det är allt det förändrar. Ingen av maskinerna i den här boken börjar röra sig, eftersom varje del av dem förblir vilande tills något dyker upp på andra sidan.

Den andra början fungerar åt motsatt håll. Den här gången uppstår ingenting i nätverket. Något anländer utifrån, när människor som aldrig varit en del av maskineriet bestämmer sig för att de vill ha det som det producerar. Det finns ingen blockhöjd för det och ingen schemalägger det. Det förvandlar en glöd till en eld, och den viktiga delen av bilden är varifrån luften kommer: värmen fanns redan där, producerad av maskiner som hade körts i månader, och det som anländer är inte gnistan.

Motorn behöver att detta är sant. En värmemotor drivs av avståndet mellan två reservoarer, och innan ett pris finns existerar bara den ena: produktionskostnad, utan något på andra sidan. Inget avstånd, inget arbete. Priset är inte motorn som startar. Det är den andra reservoaren som dyker upp.

Det händer dessutom bara en gång, vilket gör det till det första irreversibla steget i hela historien, före varje spärrhake och innan något börjar ackumuleras. Ett pris som väl har existerat går inte tillbaka till att aldrig ha existerat, inte vid en botten där nästan ingenting handlas och inte senare heller.

Allt som följer börjar här, eftersom två saker som tidigare låg åtskilda till slut vidrör varandra. På ena sidan fysisk mining-insats, redan igång, redan brännande pengar, likgiltig inför om någon utanför märkte den. På den andra ett pris som kommer från främlingar som inte har en aning om vad mining kostar och som värderar coinen enbart utifrån vad de tror att dess knapphet är värd.

Från det ögonblicket ligger de två inte bara bredvid varandra. I samma stund som de kopplas samman slutar kopplingen att stå still. Den börjar dra i sig själv.

Den kommer in het

Det första priset anländer hett snarare än försiktigt. En marknad som upptäcker något knappt, utan information om vad det kostar att producera, kommer nästan säkert att skjuta över målet. Priset landar över den fysiska produktionskostnaden, inte under den och inte jäms med den.

Det avståndet har ett namn som den här boken återkommer till hela tiden. **Lönsamhetsgapet** är pris minus kostnad: vad en marknad är villig att betala ställt mot vad en maskin spenderar för att tjäna in betalningen. Här, i början, öppnas det för första gången, och det öppnas brett.

Det är bättre att föreställa sig det som ett avstånd än som en subtraktion. Två linjer, priset och kostnaden för att producera en coin, och gapet är utrymmet mellan dem. Priset rör sig först och rör sig efter uppfattning, så det kan ta vägen vart som helst. Kostnaden följer efter, dragen med av maskinerna som anländer därför att utrymmet såg värt att kliva in i. Det största avståndet är maximal lönsamhet. När de två till slut möts finns inget kvar att utvinna, och det mötet är vad en botten är.

Vad gapet gör först

Ett brett lönsamhetsgap sitter inte stilla. Det får människor att agera.

Det mest direkta sättet att agera på det är också det mest bokstavliga: sälj coins som redan ligger i en wallet, köp maskiner, mina fler coins. Det draget återkommer hela tiden härifrån. Coins flyttas ur reserv och ut i cirkulation. Ingen kris, bara vad människor gör när de märker att coinen de redan har i handen är värd mer än kostnaden för att producera en till.

Det här ögonblicket har ett namn: **heta coins, heta ASICs**, där maskinerna är ASICs. Stenografin behöver en kort förklaring. Coins och ASICs följs separat, eftersom marknaden har två ögon och tittar på båda, alltid med frågan vilken som är den bättre traden just nu. Var och en är antingen het eller kall, och orden har en specifik betydelse. Het betyder att efterfrågan springer före det innehavarna är villiga att släppa ifrån sig, vilket är knapphet i den enda mening en marknad registrerar. Kall betyder motsatsen, att likvid tillgång överstiger vad någon vill ha till priset, vilket är överflöd.

Det ger ett test som vem som helst kan använda utan att veta något annat. Stigande pris betyder att coins är heta; fallande pris betyder att innehavarna har lagt ut mer på marknaden än den kan svälja,

vilket är kallt. Stigande hashrate betyder att maskinerna är heta; fallande hashrate betyder att fler byggdes än nätverket behövde vid den tidpunkten, vilket är kallt. Två riktningar, och tillsammans berättar de vilken fas du står i. De rör sig inte alltid tillsammans, vilket är hela poängen med att följa dem var för sig.

Här går båda heta samtidigt. Priset har just mött en kostnad som redan existerade, och maskinerna som skapade den kostnaden gjorde redan arbetet och väntade.

KAPITEL TVÅ

Alla såg samma möjlighet

Ett så uppenbart gap håller inga hemligheter, och det stängs snabbt när alla upptäcker det samtidigt.

Kalla coins, heta ASICs · första varvet

Ett brett gap ligger mellan pris och kostnad, och coins flödar ur reserv och ut i cirkulation när innehavare spenderar gapet på maskinerna som senare kommer att stänga det. En sådan upptäckt förblir privat ungefär så länge som det tar för någon annan att komma fram till samma slutsats.

När vinsten väl blir synlig är det mer än en tillverkare som ser den, och mer än en som bestämmer sig för att bygga maskiner in i den.

Coinen vänder först

Titta på coinen före hårdvaran, eftersom det är den ordning saker händer i. Alla blickar är nu riktade mot mining och coinen får knappt en blick, men det var efterfrågan på coinen som drog fram efterfrågan på att mina den, och det är coinen som vänder först. De coins som innehavare sålde för att finansiera maskiner försvann inte. De gick ut på marknaden, blev likviditet, och fortsatte komma, tillsammans med alla andra som gjorde samma uträkning samtidigt. Likvid tillgång som anländer snabbare än någon efterfrågar den är överflöd, och överflöd har en effekt på priset.

Priset stannar därför upp och vänder sedan, eller skjuter kraftigt över målet och bryter ihop, och det gör det medan gapet som startade allting fortfarande ser öppet ut på papper. Varje minare ser vinsten en maskin skulle ge om den anlände i dag. De anländer alla i morgon, och det som ska stänga gapet håller fortfarande på att byggas.

Svänghjulet

Ingenting på mining-sidan har märkt något ännu, och det kommer den inte att göra på ett tag. För att se varför, föreställ dig nätverket som ett svänghjul, för det ligger nära vad det är.

Efterfrågan från coinmarknaden trycker på det när priset stiger, och likvid tillgång som kommer åt andra hållet lättar på trycket. Inte jämnt och inte försiktigt, men kontinuerligt, och aldrig riktigt hela vägen ner till noll. Även i den dödaste marknaden når någon kraft fortfarande hjulets kant. Det som varierar är hur mycket.

Mot det trycket står friktion, vilket är kostnaden för att hålla maskinerna igång. När trycket överstiger friktionen accelererar hjulet och hashrate stiger. När det faller under bromsar hjulet in. Det stannar inte. Ett svänghjul vars drivkraft försvagas fortsätter rotera på det det redan har, och det här hjulet har redan inköpta maskiner, undertecknade kontrakt och beställningar som lades månader tidigare mot ett gap som då såg permanent ut.

Drivkraften slås aldrig av. Den sjunker under vad det kostar att hålla hjulet snurrande, och hjulet ägnar en säsong åt att hitta den punkt där trycket åter matchas.

Därför kan de två marknaderna peka åt motsatta håll i månader utan att någon av dem har fel. Priset föll därför att trycket försvagades. Hashrate steg därför att hjulet fortfarande bar på allt som det förra trycket hade satt in i det: rörelsekapital bundet i beställningar, fördröjningen mellan produktion och leverans, och dessutom maskiner som redan var i produktion och fortfarande tillkom. Båda är samma svänghjul, avläst vid olika ögonblick i samma slag.

Alla bygger samma sak

Ingen kan behålla en bred, synlig marginal för sig själv, och mönstret återkommer genom hela den här boken. Varje tillverkare som kan bygga konkurrenskraftig hårdvara ser samma siffra som den första såg och möter samma incitament.

Så de bygger, ungefär samtidigt. Flera tillverkare, flera designer, alla i kapplöpning om att få ut hårdvara på marknaden medan gapet fortfarande är brett nog för att motivera arbetet. De samarbetar inte. Det behöver ingen av dem göra. De läser samma signal och når samma slutsats var för sig. Kalla det **tvingad konvergens**: oberoende aktörer, utan samordning, som landar på samma siffra därför att en gemensam kostnad binder dem alla.

Festen tar slut

En minare känner igen det här ögonblicket i kroppen. Maskinerna landar på en gång, från alla håll. Hashrate smyger inte uppåt. Den skjuter i höjden när enheter från varje konkurrerande tillverkare kopplas in inom loppet av samma få veckor.

Gapet stängs från båda håll samtidigt. Priset har fallit i månader. Nu blir hårdvaran som beställdes mot det gamla, bredare gapet färdig och når golvet, rakt in i en marknad som redan har vänt. Difficulty stiger för att matcha. En minare pressas uppifrån och nerifrån under samma säsong: färre dollar per coin och en mindre andel av coinsen.

Maskinerna var redan beställda. Redan inkopplade. Du kan inte omina.

Vinsten tunnas inte långsamt ut här. Den kollapsar. Ingen av halvorna skulle ensam göra det. Tillsammans tar de bort marginalen på några veckor.

De svagaste maskinerna börjar stängas av. De med de sämsta elavtalen kan inte betala räkningen vid de här nivåerna och stannar, månader efter att coinen först berättade för alla vad som var på väg. Ännu är de inte tillräckligt många för att spela roll. Fler maskiner anländer fortfarande än vad som lämnar.

Ingen stänger gapet med avsikt. Det stängs därför att alla som kunde se det agerade samtidigt.

Capex börjar falla

Hårdvarupriserna vänder i samma ögonblick som marginalen gör det, vilket är tidigare än nästan någon märker, och sedan slutar de inte falla. En maskin är värd vad den kan tjäna in, så i samma stund som hashrate börjar springa ifrån priset är det som säljs mindre värt än det var förra veckan. Tillverkare som byggde för ögonblicket med bred marginal sitter med lager mot en marginal som redan har försvunnit, och osålda maskiner i en krympande marknad blir en större belastning för varje vecka.

De är inte längre de enda säljarna. De svagaste minarna, de vars elkostnader inte lämnade något utrymme, ger redan upp och lägger ut maskiner på marknaden i stället för att köra dem med förlust. Före detta fanns knappt någon begagnad hårdvara. Nu finns det, och den prissätts av människor som behöver bli av med den snarare än av människor som måste täcka en produktionskostnad.

Det är därför capex faller snabbare än lönsamheten. En krympande marginal skulle på egen hand sänka maskinpriserna, långsamt, när köparna gjorde sina kalkyler. Det som faktiskt händer är att tillverkarna plötsligt konkurrerar med säljare som inte har någon produktionskostnad att återvinna, och priset på en ny maskin måste röra sig snabbare än det den prissätts mot.

Inget av detta hindrar hashrate från att fortsätta stiga. Maskiner som beställdes månader tidigare fortsätter att landa, och de landar snabbare än de som ger upp lämnar. Nätverket fortsätter alltså att öka farten medan allting under det redan har vänt, och toppen ligger fortfarande framför oss.

Två marknader ur fas

Ett kapitel som började med att alla rusade mot samma möjlighet slutar med att rusningen monterar ned sig själv. Hashrate steg kraftigt, difficulty svarade och vinsten försvann ut genom fönstret medan maskiner fortfarande anlände från fabriker som tagit emot beställningen månader tidigare.

Coinen väntar inte på sin tur. Den gick först, månader tidigare, och har fallit under hela tiden som hårdvaran fortfarande har fortsatt att anlända. Innehavare som köpte nära toppen sålde in i svagheten medan tillverkare fortfarande levererade mot ett gap som redan hade stängts, och de största innehavarna var ute tidigt, eftersom en stor position inte kan avvecklas tyst och väntan bara gör det värre.

Det är alltså två marknader som faller ur fas, inte en som faller efter den andra. Coinen började nedåt och fortsatte. Hårdvara fortsatte anlända på beställningar som lagts mot förhållanden som inte längre existerade, och dess pris föll redan medan den levererades. Det som ännu inte har hänt är toppen. Hashrate stiger fortfarande, eftersom ankomster fortfarande överstiger avgångar, och den fortsätter stiga tills de inte längre gör det.

KAPITEL TRE (A)

Utsikten halvvägs ner

Begagnatmarknaden tar försäljningen, får sedan slut på maskiner att sälja, och marknaden för hårdvara dör innan miningen gör det.

Kalla coins, kalla ASICs · halvvägs ner

Stanna halvvägs ner och titta på vad som har blivit synligt. Coinen har fallit i månader och faller fortfarande. Hashrate har passerat sin topp och börjat gå tillbaka. Och marknaden för maskiner, som för ett ögonblick sedan var det mest högljudda i hela historien, är på väg att tystna snabbare än någon av dem.

Begagnatmarknaden vinner

Begagnatmarknaden fungerar som en kylfläns. Den hindrar inte värme från att skapas. Den ger överskottet någonstans att ta vägen och suger upp maskinerna, kapitalet och brådskan som en het marknad kastar ifrån sig, så att allt annat kan svalna mot något stabilt i stället för att fortsätta koka.

En tillverkare som säljer nytt måste täcka produktionskostnaden. En minare som säljer begagnat behöver inte göra det. Minaren räddar det värde som finns kvar i en maskin som slutat förtjäna sin plats och accepterar en kraftig rabatt för att bli av med den.

Begagnatmarknaden lägger sig därför under nypriset, och när den väl gör det vinner den affären helt. Ställ en ny maskin vid tillverkarens golvpris mot en nästan identisk begagnad under det, och få köpare betalar premien. Nyförsäljningen bromsar. Begagnatförsäljningen accelererar. Tillverkaren som satte igång allt detta genom att bygga in i ett öppet gap får nu se vraket efter samma cykel konkurrera ut den egna produkten.

Det finns ingen fri vilja här, bara spelteori. Du följer reglerna eller går i konkurs.

1800-talets järnvägar passar bättre som jämförelse än en guldrusch. En guldrusch slutar med att guldet är borta och spadarna värdelösa, dött kapital utan något kvar att göra. Det är inte vad som händer här. Järnvägarna berättar den sannare versionen. Förmögenheter gick åt till att lägga räls under en verklig mani, de flesta byggarna gick i konkurs, och rälsen blev kvar och bar tåg långt efter att pengarna som finansierat den hade försvunnit. De här maskinerna gör samma sak. Kapitalet utplånas. Det som överlever är inte skrot utan infrastruktur, substratet som allt senare i den här boken kör ovanpå, fortfarande producerande block oavsett vem som förlorade skjortan på att bygga det.

Begagnatmarknaden får slut på skäl att röra sig

En begagnatmarknad som fortsätter vinna förbrukar till slut det som gjorde det möjligt för den att vinna. Maskiner som en gång dumpats av kapitulerande ägare dumpas sällan en andra gång till samma pris. Nya enheter, fastnaglade vid tillverkarens golv, slutade locka köpare för ett tag sedan och har till stor del slutat anlända. Hårdvarusidan sjunker in i stillastående. Överlevarna fortsätter köra, fortsätter mina och slutar byta händer. Ingen säljare har något lager kvar. Ingen köpare har skäl att bjuda över priset som redan ligger där.

Hårdvarupriserna lägger sig på vad det kostar de sista överlevande minarna att producera. Ingen deklarerar den siffran. Ingen annan siffra finns kvar.

Två sorters kompression

Gapet som startade allt detta, mellan vad en coin säljs för och vad den kostar att producera, har fått slut på utrymme. Priset ligger vid vad det kostar den marginella minaren att producera en coin, och det finns ingenting kvar mellan dem att utvinna. Gapet nådde sin topp långt tillbaka under uppgången och har stängts sedan dess.

Antalet joule som krävs för att producera en coin är givet: en viss maskin, en viss difficulty, en viss mängd arbete bakom varje coin.

Översätt det till pengar med den marginella minarens elpris och du har en siffra. Varje pris över den innebär att minaren säljer med vinst. När priset faller mot siffran tunnans marginalen ut, och minaren täcker samma räkning genom att sälja en större andel av det som minas. Det är vad som stoppar fallet, och det stoppar det av ett mer bestämt skäl än att priset skulle 'respektera kostnaden'. Andelen har ett tak. Ingen kan sälja mer än hundra procent av det de producerar, så vid botten är det säljtryck marknaden kan skapa begränsat av själva issuance och kan inte pressas längre. Under den nivån måste justeringen komma någon annanstans ifrån, vilket betyder att maskiner stängs av.

Det som komprimerades på vägen ned var hårdvarans pris, inte fysiken inuti den. Maskinen är samma maskin. Den drar vad den drog och gör vad den gjorde; bara vad någon är villig att betala för den har förändrats.

Köpare av en populär maskin nära en topp betalade priser som var tungt viktade mot capex, med en återbetalningstid som förutsatte att de höga intäkterna skulle bestå. Det gjorde de inte, och återbetalningstiden sträcktes långt bortom vad köpet hade räknat med. Samma maskin köpt nära nästa botten, för en bråkdel av priset, bar en mycket mindre capex-andel. Effektiviteten var identisk vid båda priserna. Bara vad marknaden var villig att betala för den förändrades, och det förändrades enormt, medan den fysiska siffran under låg still.

Den oföränderliga fysiska siffran har ett namn, och det här är platsen att slå fast det, eftersom termen återkommer hela tiden härifrån. **Joulegränsen** är den energi en maskin spenderar för att utföra en enhet arbete. Den närmas men nås aldrig, och ju närmare man kommer desto mindre blir varje återstående steg.

Vilken maskin? Inte den svagaste som fortfarande hänger kvar, och inte nödvändigtvis den bästa som existerar, även om det kan vara den. Den som slår alla rivaler på total kostnad, inköpspris och driftskostnad tillsammans. Kapital svärmar mot den maskin som

vinna den jämförelsen, så den kommer till slut att utföra större delen av arbetet i nätverket. I den här boken är den maskinen **arbetshästen**.

Åldern avgör ingenting. Arbetshästen är ofta inte det nyaste som finns. En två generationer gammal maskin, billigt köpt och redan avbetald, kan slå en bättre maskin som fortfarande bär sitt inköpspris, och den behåller positionen tills något vinner jämförelsen fullt ut. Total kostnad avgör, och total kostnad inkluderar vad maskinen kostade att köpa.

Gränsen är en siffra. Joule per coin är en annan, och skillnaden spelar roll för resten av boken. Gränsen är vad en maskin spenderar för att utföra en enhet arbete. Joule per coin är vad den spenderar för att vinna en coin, vilket beror på dess andel av allt annat som körs, eftersom en coin inte går till den som bränner mest energi. Den går till den som gjorde mest arbete medan alla andra också arbetade.

En bättre maskin tar därför en större del av samma issuance med samma effekt, och dess energi per coin är lägre än grannens. En sämre maskin ligger högre. Det finns ingen enda siffra för nätverket, eftersom nätverket är en blandning av hårdvara från alla generationer och ingen kan väga den blandningen exakt. Arbetshästen är det närmaste vi kommer ett svar, eftersom det är den som större delen av arbetet faktiskt körs på.

De två pekar åt motsatta håll. Gränsen kan bara ta steg nedåt, eftersom bättre kisel fortsätter anlända, även om ingen enskild maskin förbättras. Vad en viss maskin kostade att köra dagen den slogs på är vad den kostar att köra i dag. Det som flyttar sig är vilken maskin gränsen ligger på.

Joule per coin går åt andra hållet, och det rör sig av ett skäl som ligger helt utanför maskinen: hur mycket totalt arbete nätverket kräver för varje coin det släpper. Det stiger när ett gap drar in mer kapacitet än det tränger undan, och stiger igen när minskande issuance fördelar samma ansträngning över färre coins. En minare som anländer till en marknad utan gap förändrar lite, eftersom han mest tränger undan

den svagaste och balansen består. Det är gapet som flyttar siffran, inte ankomsten.

Här lämnar två mekanismer över till varandra. Snabb, reversibel, konkurrensdriven kompression - samma maskin blir billigare när rivaler bjuder ned priset - är den lokala historia boken har berättat från början. Långsam kompression, där gränsen tar steget över till en bättre maskin, har ännu inte hänt.

Det händer inte heller av sig självt. Bättre hårdvara kan existera länge utan att flytta någonting, eftersom en billig begagnad maskin är svår att slå på total kostnad. Minarna med billigast el köper den nyare först, eftersom kalkylen redan fungerar vid deras pris, men de är för få för att förändra vad större delen av nätverket kör på. Gränsen väntar och faller sedan i ett enda steg när utmanaren vinner jämförelsen fullt ut.

Det är lätt att dra fel slutsats av det steget. En bättre maskin sänker vad en maskin spenderar per enhet arbete. Den sänker inte vad den genomsnittliga coinen kostar att producera, och gör vanligtvis motsatsen, eftersom maskinen som sänkte den första siffran också lockade in konkurrenterna som höjer den andra. Följ de två separat härifrån. Energin bakom en enhet arbete faller. Energin bakom en coin stiger.

KAPITEL TRE (B)

Resten av fallet

Hårdvaran har slutat handlas. Coinen har inte slutat falla.

Kalla coins, kalla ASICs · den första botten

Stillhet är inte slutet på någonting. Det är där knappheten avgörs, och den avgörs vid en siffra som ingen valde.

Varför fallet är högljutt innan det blir tyst

Stillheten vid botten kommer inte försiktigt. Den är den utmattade slutpunkten på något högljutt, och det högljudda förklarar varför tystnaden håller när den väl kommer.

Tidigt i ett fall, medan volymen fortfarande rör sig och köpare fortfarande är villiga att ta andra sidan längre ned, pågår ett fångarnas dilemma. Ingen vill vara den sista innehavaren i en position som fortsätter bli billigare. Att sälja nu med förlust är bättre än att sälja senare med en större, och när alla resonerar så samtidigt är det det som driver priset nedåt. Varje köpare kliver in under den förre, inte på grund av en felbedömning, utan därför att det är vad coinen är värd för någon som är villig att fånga en fallande kniv.

Det fortsätter så länge volymen tillåter. Så länge villiga säljare och villiga köpare fortsätter mötas till lägre och lägre priser fortsätter fallet. Det stannar när volymen torkar ut, när ingen längre är villig att sälja in i ytterligare svaghet och ingen längre är villig att fånga den. Inte för att någon ändrat sig. En marknad som nästan har fått slut på deltagare. Bara tvångssäljarna är kvar, fortfarande säljande det mesta av vad de tjänar för att hålla sig flytande, eftersom elräkningen inte bryr sig om hur tunn budgivningen har blivit. Det blir aldrig ingen alls. Ett nätverk där ingen över huvud taget vill köpa är ett nätverk som har stannat, och då skulle det inte finnas någon botten att beskriva.

Varför tystnaden håller

Coinen når sin egen stillhet via en besläktad men separat väg, och den kommer sist trots att den började först, fortfarande fallande långt efter att hårdvarumarknaden slutat handlas. Coins försvinner inte när priset faller, och varje coin ägs av någon i varje ögonblick. Det som förändras är viljan att flytta dem.

En trader och en minare jagar båda ett gap, men den ena jagar en mjuk kostnad, vad coinen än köptes för, och den andra en hård: den fysiska kostnaden för att köra en maskin, fixerad av fysiken oavsett någons åsikt. Den skillnaden avgör vem som kan vänta. En trader som möter en tunn, ogynnsam marknad kan göra ingenting. En minare har inget sådant alternativ, eftersom elräkningen kommer oavsett om marknaden tittar eller inte. En minare som fortfarande producerar med marginal fortsätter därför sälja till det pris som finns, så länge det är bättre att täcka räkningen än att inte göra det.

Det sätter en gräns för hur tyst coinmarknaden kan bli. Den kan bli mycket tyst, och det blir den. Den kan inte bli ljudlös, eftersom en minare som inte kan sälja inte kan betala för el, och ett nätverk vars minare inte kan betala för el fortsätter inte. Vad som än annars är sant vid en botten köper någon fortfarande, annars skulle det inte finnas någon botten att beskriva.

Det gäller åt andra hållet också. Vad minarna än måste sälja måste absorberas av en marknad större än deras försäljning, annars har försäljningen ingenstans att ta vägen. Coinmarknaden är med nödvändighet den större av de två, inte av preferens eller på grund av vilket stadium adoptionen befinner sig i, utan därför att alternativet är ett nätverk som redan har stannat.

En innehavare som ligger back har liten anledning att sälja in i en tunnare marknad, eftersom försäljning låser in en förlust som kanske har försvunnit om sex månader. En innehavare som ligger lite plus har inte mycket större anledning, eftersom en tunn marknad inte kan absorbera försäljningen utan att priset rör sig emot honom. Båda når samma slutsats från motsatta håll. Håll.

Ett andra skäl ligger under den tunna marknaden, och det handlar mindre om hur människor resonerar än om vem som håller vad. Var förlusterna ligger ger svaret. Många av dem tillhör människor som köpte nära toppen, eftersom det är då volymen var hög, och volymen är hög när priset är det. De ligger back på ett köp gjort till ett pris marknaden inte har sett på länge, och ingenting som finns vid botten intresserar dem.

Titta sedan på vilka som fortfarande ligger på plus. Inte de senaste köparna. Människor som köpte eller minade mycket tidigt i den här cykeln, när nästan ingen annan gjorde det, vilket betyder att de redan såg en topp komma och valde att inte sälja in i den. Vad den toppen än erbjöd räckte det inte då. Något lägre kommer inte räcka nu. De väntar inte så mycket på ett bättre pris som på en bättre topp, och en med mer volym bakom sig än den förra.

Där de två vektorerna korsar

En botten har en strukturell definition, och det här är den. Marknadsutbud, alltså coins som någon faktiskt är villig att sälja just nu, fortsätter krympa när fler håller. Efterfrågan behöver inte öka alls för att något ska hända. Den behöver bara stå still, eller sluta krympa snabbare än utbudet gör.

Vid någon punkt korsar de varandra. Kvarvarande efterfrågan överstiger kvarvarande villigt utbud, och här möts två sorters knapphet som skulle bli förvirrande om de pressades ihop till ett enda ord.

Strukturell knapphet är ett utbud som förblir begränsat oavsett hur mycket arbete eller kapital som kastas på det. En minare kan ta en större andel genom att arbeta mer än alla andra, och alla andra får lika mycket mindre, men totalen rör sig inte. En hard-capped coin har detta från block ett och förlorar det aldrig, eftersom ingen mängd ansträngning får issuance att komma snabbare än schemat tillåter. Det är inte ett tillstånd en marknad kan gå in i eller lämna.

Aktiv knapphet är det levande tillståndet: efterfrågan överstiger vad innehavare är villiga att släppa till det erbjudna priset. Det börjar

här, vid korsningen, och slutar när priset stiger tillräckligt för att dra fram utbud igen. En coin befinner sig i strukturell knapphet hela sitt liv medan det aktiva tillståndet pendlar från överflöd till brist och tillbaka igen, vilket är vad cykeln är.

Knappheten fanns alltid där. Den behövde bara tryck.

Sett på tillräckligt långt avstånd jagar båda halvorna av cykeln den korsningen, och de jagar den från motsatta håll. På vägen upp letar marknaden efter punkten där utbudet till slut växer förbi efterfrågan och bjuder tills tillräckligt många innehavare bestämmer sig för att det räcker och ställer sig i vägen. På vägen ned letar marknaden efter punkten där efterfrågan korsar tillbaka, testat det lägsta någon accepterar och tar minsta motståndets väg, som vatten.

Strukturellt är de två sökningarna identiska. Deras mål är det inte. Det som håller den nedre korsningen på plats är vad en maskin kostar att köra, vilket är fysik och inte förhandling. Det som håller den övre på plats är en fördelning av kostnadsbaser och förväntningar bland innehavare, vilket är en vägg byggd av åsikter. Båda korsningarna är verkliga. Bara den ena är förankrad i något.

De flesta saker fungerar inte så här, vilket är varför distinktionen förtjänar sin plats. Höj priset på en vanlig tillverkad vara och producenter gör fler av den, så bristen framkallar själv det utbud som avslutar den. Höj priset på guld och svaret kommer fortfarande, bara långsamt och svagt, eftersom en fyndighet måste hittas och en gruva måste grävas. Här har trycket ingenstans att ta vägen alls. Ingenting nytt kan översvämma marknaden, så bara det som redan har minats och hållits kan göra det, och bara när priset erbjuder tillräckligt för att dra fram det. För en vanlig vara avslutar nytt utbud knappheten. Här måste gammalt utbud göra det.

Inte deklarerad, producerad

Sökande och förhandlande är hur marknaden tar sig dit, timme för timme, och inget av det avgör var sökandet stannar. Tre saker bestämmer det tillsammans. Vad arbetshästen förbrukar per enhet arbete, vad dess el kostar och hur mycket arbete nätverket kräver för

varje coin det släpper. Multiplicera de tre och siffran finns där innan någon börjar leta efter den. Marknaden hittar den platsen snarare än väljer den, eftersom säljaren som väntar vid botten är en tvångssäljare, och en tvångssäljare stannar först när det kostar mindre att stanna än att fortsätta.

Den tredje ser ut som den som borde vandra, men genom en lång nedgång gör den knappt det. Hashrate faller, men issuance faller också, och de två nedgångarna löper tillräckligt nära varandra för att arbetet bakom en coin ska ligga ungefär där det låg. En maskin som behövde ett visst antal joule per coin vid toppen behöver ungefär lika många ett år in i fallet.

Det är inte tur, det är det som låser ihop dem. Låt hashrate falla snabbare än issuance och arbetet bakom en coin minskar, kostnaderna faller med det, mining blir lönsam igen och maskiner slutar lämna. Låt hashrate falla långsammare och kostnaderna stiger över vad priset kan bära, och mer kapacitet stängs av tills de inte gör det. Oavsett vilket surras de två nedgångarna ihop, och kostnaden för en coin står still medan allt synligt rör sig.

Det här är svänghjulet som hittar sin hastighet. Drivkraften försvagades tills den matchade vad friktionen tar, och hjulet lade sig där i stället för att stanna. Maskiner fortsätter snurra, coins fortsätter produceras, och hela systemet går i den takt en krympande drivkraft kan bära.

Genom hela nedgången rör sig siffran knappt. Det som rör sig är priset, på väg ned för att möta den.

Det är därför golvet beter sig som en hylla snarare än en sluttning. Det glider inte ned när förhållandena försämras. Det håller vid vad arbetshästen och nätverkets genomsnittliga elpris gör det till, och tar sedan ett steg, i en enda rörelse, när majoriteten byter till det enda som kan underbjuda dem som ännu inte gjort det. Så länge marknadspriset ligger ovanför hyllan anländer nyminade coins som tvångssäljare och underbjuder marknaden vare sig ägarna vill det eller inte, och trycket fortsätter tills efterfrågan växer förbi vad försäljningen kan absorbera eller priset avslutar resan ned.

Två stillheter, en botten

Botten är inte en händelse utan två stillheter som landar nära varandra. Hårdvaran slutar röra sig därför att båda sidor fick slut på skäl att handla. Coins slutar röra sig därför att båda sidor nådde identiska slutsatser från motsatta håll. Under allt detta korsar utbud och efterfrågan till slut varandra för första gången sedan manin började.

Det här är gångjärnet som hela boken vrider sig kring, och det förtjänar att markeras i stället för att passera som ännu ett kapitel. Allt fram till hit har varit lokalt: maskiner, tillverkare, en begagnatmarknad, en cykel som snurrar genom sina faser. Det som kommer härnäst är inte det. Golvet som den här botten lämnar efter sig återställs inte inför nästa cykel. När det rör sig rör det sig åt ett håll, och det rör sig aldrig tillbaka. Det är här spärrmekanismen tar ett steg.

KAPITEL FYRA

Lite efterfrågan räcker långt

Vid botten var det enda rationella valet att hålla. Nu börjar det spela roll att nästan alla gjorde samma val.

Heta coins, kalla ASICs · den första uppgången

Båda marknaderna står still, av samma skäl. Ingen på någon sida vann något på att röra sig. En sådan balans varar inte, och det krävs nästan ingenting för att vända den.

En tunn marknad rör sig lätt

Vid botten hade det villiga utbudet krympt till nästan ingenting, eftersom nästan varje innehavare hade kommit fram till samma dom. Att sälja här ger dig ingenting.

En så tunn marknad behöver väldigt lite efterfrågan för att röra sig. Bara något mer köpande än den rännil av försäljning som fortfarande sker, och priset stiger. Förändringen är inte dramatisk. Nästan ingenting står i vägen.

Att hålla var redan standardläget

Ingen började hålla som strategi som svar på ett stigande pris. Det var det rationella standardläget vid botten, innan något av detta började, framkommet från båda riktningarna samtidigt och av skäl som inte hade något med en förväntad återhämtning att göra.

Priset börjar alltså stiga mot en population som redan är positionerad för att hålla. Priset har en fördel här som det inte kommer ha igen senare i cykeln. Nästan ingen väntar på att sälja vid första tecknet på styrka, eftersom nästan alla kom hit inställda på att vänta.

Inte för att dessa innehavare är tålmodiga. De som ligger back köpte nära en topp och är inte i närheten av den. De som ligger på plus

avstod från samma topp när den stod framför dem. En återhämtning från botten når ingen av grupperna. Det skulle krävas ett pris över den förra toppen, med volym som matchar, innan den andra gruppen ens börjar fundera på saken.

Stillheten som gjorde botten tyst är det som gör att återhämtningen springer ifrån fallet.

Minarna slutar sälja så mycket

Något annat skiftar när priset lyfter från golvet, och det motverkar att marknaden hittar ett tak. Vid botten var en minare på marginalen tvungen att sälja nästan allt som minades, eftersom elräkningen åt upp nästan hela värdet av en coin. Lyft priset och det slutar vara sant. Samma räkning tar nu en mindre andel av vad samma maskin tjänar, så en mindre andel av produktionen måste säljas för att täcka den. Minarna börjar behålla en del.

I en marknad som redan har ont om säljare är den stadigaste källan till nytt utbud den som inte kan sluta sälja, och den har just börjat sälja mindre. Innehavarna var redan ovilliga. Nu behöver den enda deltagaren som inte har något val marknaden mindre än förra månaden. Utbudet stramas åt precis när efterfrågan börjar öka, och priset stiger ytterligare, vilket stramar åt det igen.

Ett stigande pris lockar inte fram säljare. Det befriar den enda tvångssäljaren från att behöva vara en.

Loopen fortsätter inte för evigt. Någonstans högre upp blir priset tillräckligt högt för att coins som köptes eller minades när nästan ingen ville ha dem ska bli värda att släppa, och marknaden översvämmas av gammalt utbud som ingen räkning tvingade någon att sälja. Det är ett senare kapitel. Det viktiga här är att samma mekanism går baklänges på vägen ned. Ett fallande pris tvingar minare att sälja en större andel för att täcka samma räkning, vilket lägger till utbud precis när marknaden har som svårast att absorbera det, vilket pressar ned priset och tvingar upp andelen igen. Nedgången har sin egen förstärkare, och det är samma förstärkare.

Vad detta gör med hårdvarusidan

Tunnheten som gör coinen känslig verkar också på mining-sidan. Vid botten hade begagnad hårdvara lagt sig vid överlevnadskostnad och nästan ingenting bytte händer. När priset stiger gör även en liten förbättring i lönsamhet att de avstängda maskiner som blev kvar efter botten blir värda att slå på igen.

Ingen ny hårdvara behöver anlåda. Infrastrukturen försvann aldrig. Den fortsatte mina medan marknaden runt omkring blev tyst. Det som förändras är hur stor del av den som är värd att köra vid det aktuella priset, och den mängden ökar i samma stund som priset gör det.

Ingenting förstördes när hashrate föll. Maskiner stängdes av och ställdes någonstans, och där står de, räls som redan lagts och betalats men som inte bär någon trafik. Det är därför uppgången tillbaka kan gå så fort. Kapaciteten behöver inte byggas, bara slås på igen, och den enda frågan någon ställer är om det nuvarande priset motiverar elräkningen.

Uppgången från botten börjar tyst och börjar lätt, eftersom nästan ingenting finns kvar i vägen. Lite efterfrågan flyttar en tunn marknad. En population inställd på att hålla avbryter den inte. Avstängda maskiner börjar åter förtjäna sitt uppehålle utan att någon behöver bygga något.

Tystnaden varar inte.

KAPITEL FEM (A)

Mining är roligt igen

Maskinerna som byggs nu kostar mer än dem de ersätter, och alla som betalar det priset vet exakt varför.

Heta coins, heta ASICs · det andra varvet

Priset stiger mot en tunn marknad och inaktiva maskiner slås på igen när lönsamheten återvänder. Det som följer börjar där den lediga kapaciteten inte längre räcker.

Gamla maskiner får slut på utrymme

Maskinerna som fortfarande står kvar byggdes för ett annat, lägre pris. När priset stiger blir det de tjänar mer värt. Inte fler coins – samma antal, eller färre när issuance faller – bara coins som marknaden nu vill ha till en högre siffra. Och en hård gräns sätter taket för hur långt det kan gå. Hårdvaran har ett fast fysiskt tak för output, oavsett hur lönsamt det blir att köra den.

Det är dessutom inte samma maskiner som stod här första gången. De som tog sig igenom botten är de som kunde överleva den, vilket betyder de som spenderade minst för att göra arbetet, och den flotta som kommer ut på andra sidan är tyst bättre än den som gick in. Ingen valde det. Botten valde genom att ta bort allt annat.

När tillräckligt många maskiner pressar mot det taket krävs ny hårdvara, inte mer av den gamla, för att fånga en större del av ett växande gap. Nya maskiner anländer här, inte därför att den förra generationen misslyckades, utan därför att den har gjort allt den kan.

När begagnatmarknaden sinar

Innan ny hårdvara anländer gör begagnatmarknaden något den inte har gjort sedan toppen. Poolen av inaktiva maskiner har tömts under hela uppgången, och vid någon punkt återstår väldigt lite. Efterfrågan

på begagnad hårdvara överstiger nu vad någon är villig att släppa, vilket är definitionen av knapphet, och priset på en begagnad maskin vänder och börjar stiga.

Det är signalen tillverkarna väntade på, och den förklarar något som först ser fel ut. Nya maskiner anländer prissatta över de begagnade och tar ändå marknaden, eftersom priset inte är det köparna jämför. En nyare maskin förbrukar mindre energi per enhet arbete, så den kan kosta mer upfront och ändå vinna på totalen, vilket är den enda siffran som avgör något. Den nya maskinen underbjuder den gamla trots att den kostar mer att köpa.

Byggt för en marknad som redan har flyttat sig

De här maskinerna dök inte upp på beställning. Någon åtog sig att bygga dem månader tidigare, och gjorde det mot de förhållanden som syntes då, inte dem som väntade i andra änden av produktionslinan.

De besluten fattas inte jämnt över cykeln. Djupt inne i kylan, när ingen köper hårdvara till något pris, kollapsar argumentet för att tape-out:a en ny design och pipelinen töms. Den fylls först igen när köparna återvänder, vilket betyder att maskinerna som anländer till en återhämtande marknad specificerades mot en marknad som fortfarande låg på golvet. Lägre pris. Högre issuance. Mörkare antaganden överallt.

Av just det skälet landar de väl. Kisel förbättras oavsett om marknaden samarbetar eller inte, så det som till slut skeppas är mer kapabelt än det ersätter, och det anländer till bättre förhållanden än dem det konstruerades för. En tillverkare som sitter på den kombinationen kan ta en premie och få den. Köparen kommer fortfarande ut bättre, mått mot att köra den äldre maskinen ännu en säsong.

Ingenting tajmades. Pipelinen tömdes när ingen köpte och fylldes när de kom tillbaka, och laggen gjorde resten.

En sak rör sig mot köparen genom allt detta, tyst och utan undantag. Issuance går bara nedåt. En maskin som specificerades när protokollet släppte coins i en viss takt anländer när takten är lägre,

och tillbringar sitt arbetsliv med att se den falla ytterligare. En maskin tenderar att tjäna färre coins än förhållandena vid konstruktionen antydde, och schemat ser till att den tendensen håller.

Coinen gör också något

Hårdvaran bär den här fasen, men coinen ligger inte sysslös under den. Priset är högt och fortsätter stiga, vilket betyder att alla som köpte eller minade nära botten nu sitter på en betydande vinst och tittar på den varje dag.

Pressa lite till och något korsas som saknar motsvarighet på vägen ned. Priset passerar vad den senaste gruppen köpare betalade, sedan gruppen före den, tills ingen grupp av innehavare ligger under vatten vid något pris de betalade. Vid botten är populationen ungefär jämnt delad mellan vinst och förlust, och hälften har ingen anledning att röra sig. Här har ingen längre det skälet att stå still, och det enda som håller kvar en coin är förväntningen om en högre siffra.

Några börjar sälja. Inte i panik och inte alla samtidigt, eftersom en stigande marknad lätt absorberar det och varje försäljning in i styrka ser vältajmad ut. Det är början på samma överflöd som avslutade den förra heta fasen, men det anländer tyst, månader innan det är stort nog att spela roll. Värmen drar coins ur förvaring, och coinsen har ingen annanstans att ta vägen än marknaden.

Varför uppgången blir vertikal

Något följer av den tomma pipelinen som förklarar den brantaste delen av hela cykeln, och det är lätt att missa eftersom det händer på hårdvarusidan medan effekten syns på coinsidan.

Den som vill ha exponering mot det här har två vägar. Mina det, eller köp det. Att mina betyder att äga en maskin, och under ett antal månader finns inga maskiner att äga. Förra cykelns överlevare kör redan och deras ägare säljer inte in i en stigande marknad. Nya enheter är fortfarande i produktion, beställda mot förhållanden som

sedan dess förbättrats, och ingen kan skynda på en fab. En av de två vägarna är alltså stängd, inte av pris utan av utbud.

Alla som anländer under det fönstret tar den andra vägen. De köper coinen, eftersom coinen är det enda som går att köpa. Efterfrågan som annars hade fördelats över hårdvara och coins landar helt på coins, i en marknad där innehavarna redan är motvilliga, och priset gör vad pris gör när ena sidan av ett tvåsidigt val har stängts.

Sträckan alla minns är sträckan då det inte fanns något att köpa utom coinen.

Det är också den riktning kausaliteten går, och den går åt ett håll. Knappa coins gör maskiner värdefulla, eftersom en maskin är ett anspråk på coins. Knappa maskiner gör inte coins värdefulla i samma mening, men de tvingar efterfrågan över på coinen, och priset som följer är det som till slut finansierar maskinerna. Coin-knapphet betalar för maskinknapphet. Aldrig tvärtom.

Det fönstret är också där gapet är som bredast, och av samma skäl snarare än något som har med entusiasm att göra. Priset kan springa så långt som opinionen bär det. Kostnaden kan inte svara, eftersom ett svar kräver maskiner och det finns inga att få tag i. Avståndet mellan de två är aldrig större än under sträckan då responsen är fysiskt blockerad, och det börjar stängas i samma stund som den första nya hårdvaran landar.

Köparna i det fönstret köper något specifikt, och det är lätt att ge det fel namn. Priset har sprungit över vad en coin kostar att producera, och skillnaden köper arbete som ännu inte har hänt. Coinen i deras hand bär de joule som redan spenderats på den och inte mer. Det som motiverar den högre siffran är ett större nätverk, svårare att attackera, med mer ackumulerad ansträngning bakom varje enhet, och inget av det existerar i köpögonblicket.

Premien är därför en skuld i starkare mening än som metafor, och själva köpet kräver in betalningen. En marginal över kostnad är synlig, synliga marginaler drar in maskiner, och de anländande maskinerna höjer arbetet som står bakom varje coin tills coinen förkroppsligar det som betalades för den. Ingen inkasserar. Köparen

får antingen rätt genom en stigande kostnadsbas eller åter mellanskillnaden, och minaren fullgjorde förpliktelsen genom att bygga kostnadsbasen högre. Skulden är till aritmetiken snarare än till en motpart.

KAPITEL FEM (B)

Betala mer för kortare väntan

Maskinerna har anlänt. Vad de kostar är en fråga om tid innan det är en fråga om pengar.

Heta coins, heta ASICs · det andra varvet, fortsättning

Hårdvara finns att köpa igen och alla vill ha den samtidigt. Vad de är villiga att betala, och varför, är där de goda dagarna gör sin verkliga skada.

En kortare payback är värd att betala mer för

Stigande lönsamhet får en mekanisk konsekvens för priset, eftersom en maskin nu betalar tillbaka sig snabbare än tidigare. En kortare payback-period signalerar, synligt och beräkningsbart, att maskinen är underprissatt i förhållande till vad den tjänar.

En tillverkare som ser den signalen har ett direkt skäl att höja priset. Inte girighet. En köpare som står inför kortare payback kan betala mer upfront och ändå komma ut bättre. Priset stiger för att möta möjligheten och drar payback-perioden tillbaka mot den väntetid köparna brukar acceptera.

En kortare payback förblir inte kort. Marknaden prissätter den tillbaka mot väntetiden den alltid lägger sig nära, men till en högre inträdeskostnad.

Köparna är inte bara försiktiga operatörer som räknar på siffrorna. Ett brett gap drar in människor som vill ha maskinen återbetald på en säsong, inte över ett år, och det är ofta de som har de sämsta elavtalen och minst utrymme för att något ska gå fel. Kombinationen låter irrationell och är det inte. En kort payback är exakt det som skyddar en svag position. Få tillbaka kapitalet innan förhållandena vänder och resten är vinst; missa, och maskinen var ändå aldrig överlevnadsduglig under de förhållandena.

Budgivningen på ny hårdvara leds därför av minarna som har minst råd att vara tålmodiga. De betalar en kraftig premie på inköpspriset för en trovärdig chans till snabb återbetalning, eftersom hastighet är mer värd för dem än pris. Därför stiger capex snabbare än vad effektiviteten ensam skulle motivera, och därför kostar maskinerna vad de kostar under den goda sträckan.

Köparen som betalar mest för en maskin är ofta den som har minst råd att vänta på den.

Capex-tungt under de goda dagarna

Att betala upp på det sättet förändrar vad mining kostar under en sådan sträcka. Den totala kostnaden för att producera en coin delas i två: vad maskinen kostade att köpa och vad den kostar att köra under en viss period. Här stiger maskinpriset medan elen ligger ungefär still. Balansen tippar mot capex-tung, med en större del av totalkostnaden i köpet och en mindre del i månadsräkningen.

Balansen vänder helt när cykeln vänder, capex kollapsar mot sitt golv medan elen åter tar över.

Nätverket andas ut

Ett växande gap får ytterligare en konsekvens, och den förklarar något om nätverket snarare än bara dess produktionskostnad.

En minare som avgör om en maskin ska köras tittar på mer än en siffra. ASIC-pris, elkostnad, block reward och difficulty rör sig alla, och ingen rör sig i takt; var och en laggar de andra med olika intervall. Tillräckligt bred lönsamhet gör att det spelar mindre roll. Ett bredare spann av driftsförhållanden blir lönsamt samtidigt. En minare som betalar mer för el, eller kör äldre hårdvara, kan gå med vinst bredvid de mest effektiva operatörerna som finns.

Det går emot intuitionen att en het marknad belönar den som redan är mest effektiv. I genomsnitt gör den motsatsen, även medan gränsen förblir förankrad vid samma effektiva maskin som beskrevs

tidigare. Gränsen står kvar. Populationen som minar ovanför den breddas, diversifieras och blir mindre effektiv i genomsnitt, eftersom ett bredare spann av förhållanden klarar den.

Den bästa minaren blir inte sämre. Genomsnittet blir det, eftersom ribban sjönk tillräckligt lågt för att väldigt många andra skulle kunna ta sig över.

En bredare och mer varierad population, spridd över fler kraftkällor och fler platser, är ett mer decentraliserat nätverk. Mekanisk konsekvens, inte sammanträffande. När gapet stängs igen pressas de svagaste i den utvidgade populationen ut först, vilket koncentrerar hashrate hos färre, bättre operatörer. Och en sak till. Kylan som följer återgår inte till koncentrationen från den förra, eftersom gränsen då har tagit ett steg ned till en bättre maskin. Varje kall sträcka är mer koncentrerad än den heta sträckan före den, och mindre koncentrerad än den kalla sträckan före den.

Kostnaden för att vänta

Något ligger vid sidan av maskinpriset och elen den bränner. Hur länge köparen väntar innan maskinen har betalat tillbaka sig, och vad som kan gå fel under tiden.

En minare som köper nu, till ett uppdrivet pris, bär en exponering som tidigare köpare slapp. Om difficulty fortsätter stiga medan payback löper, när mer av samma attraktiva hårdvara kopplas in, blir avkastningen lägre än köpet förutsatte. Att betala mer upfront för en kortare förväntad väntan lönar sig bara om väntan förblir kort. Tid är här en risk man tar på sig, inte en försening man tolererar.

KAPITEL SEX

Rimmet

Lägg märke till vad som upprepas. Lägg sedan märke till vad som inte gör det.

Kalla coins, heta ASICs · rimmet

Nya maskiner anlände dyra och en bredare, mer varierad population av minare spreds över nätverket medan gapet förblev öppet. Det kan inte fortsätta för evigt. Det som följer är hashrate som hinner ikapp priset och sedan springer förbi det, coins som blir kalla medan maskinerna som jagar dem fortfarande går heta.

Sälja för att slå konkurrenterna, igen

Någonstans under den här uppgången återkommer logiken som öppnade berättelsen. Coins säljs för att finansiera maskiner. Maskiner säljs för att finansiera en snabbare exit. Lönsamhetsgapet, var det än befinner sig, är synligt för alla samtidigt, och ingen vill vara minaren som fortfarande funderar när alla andra redan har agerat.

De två försäljningarna är inte samma sorts händelse, och skillnaden ligger mellan vad cykeln lämnar tillbaka och vad den behåller. En innehavare som säljer med vinst är marknaden som släpper ut tryck. Priset steg tillräckligt för att låsa upp coins som varit låsta, coinsen kommer ut, trycket sjunker, och vid nästa botten går de flesta tillbaka in i förvaring. Ingenting blir kvar.

En minare som säljer coins för att köpa en maskin är något helt annat. Det är gapet som omvandlas till hårdvara, och hårdvara går inte tillbaka in i förvaring. Den står i ett skjul tills den slutar löna sig, och medan den står där lägger den till arbete bakom varje coin nätverket producerar. Den första försäljningen är avgaser. Den andra är vad motorn faktiskt utvann, överlämnat till den del av mekanismen som behåller det.

Sälj några coins för att slå konkurrenterna. Vilket förstås är exakt det som öppnade den här berättelsen från början.

Vad som rimmar, och vad som inte gör det

Att läsa detta som samma händelse två gånger vore ett misstag. Det som förändrats sedan mönstret först visade sig betyder mer än det som höll sig oförändrat.

Maskinerna som säljs nu skiljer sig från den första cykelns. Nyare, effektivare, köpta till ett högre pris under just den här uppgången. Populationen av minare skiljer sig också, breddad av själva uppgången och på väg att smalna igen när de minst effektiva lämnar först när gapet stängs. Och arbetshästens energi per enhet arbete, gränsen under alltihop, har tagit ett steg ned sedan förra gången detta spelades upp, oavsett vad coinens fulla joulekostnad råkar göra ovanför den.

Lista det som faktiskt skiljer sig och rimmet blir tydligare.

Populationen som säljer in i det här gapet är större än den som sålde in i det förra, eftersom det bredare, mer varierade fält som kom in under uppgången ännu inte har tunnats ut helt. Maskinerna de äger specificerades under den föregående kalla sträckan, när ingen köpte och pipelinen hade tömts, så de byggdes mot dystrare antaganden och anlände till bättre. Issuance är lägre än den var, så var och en av dessa maskiner tjänar färre coins per enhet arbete än dess design antydde. Och coinsen som säljs tas ur en grundare pool, eftersom en del av det som gick in i förvaring vid förra botten aldrig kom ut igen.

Formen förändras inte av något av detta. Allt förändrar storleken. Fler maskiner jagar färre coins, sålda av fler operatörer in i en marknad med mindre löst utbud än förra gången. Gapet stängs som det alltid gör, men allt som stänger det har vuxit.

Därav ett rim snarare än en upprepning. Formen känns igen. Ingenting inuti den är identiskt.

Samma gap, samma arbete

Återkomsten drivs av ett strukturellt skäl, inte av någon psykologisk egenhet. Ett brett, synligt lönsamhetsgap överlever inte därför att människor missar det. Det dör därför att de ser det, och alla som dödar det – säljer coins, säljer hårdvara, går in som ny minare – gör samma sak som dödade det förra, även om gruppen som gör det, och dess storlek, skiljer sig varje gång.

Ingen brist i mekanismen. Det här är mekanismen, igång igen, därför att förhållandena som skapade den första gången har återkommit i en högre men strukturellt identisk form.

Samma form, nytt varv

Så rimmet slutar som den första cykeln gjorde, med både coins och maskiner som säljs för att fånga ett gap alla kan se håller på att stängas. Det som följer känns också igen. En tyst botten, båda marknaderna stillnar.

Frågan den här boken har byggt mot är inte om den botten kommer. Den kommer alltid. Frågan är var den landar i förhållande till den förra.

KAPITEL SJU

En högre botten

Cykeln ser likadan ut inifrån. Ovanifrån gör den inte det.

Kalla coins, kalla ASICs · den högre botten

Det som följer kommer kännas bekant. Snabb konkurrensdriven kompression, sedan tystnad, båda marknaderna stillnar tillsammans. Det som är värt att fråga den här gången är inte vad som händer utan var det stannar, vilket betyder att vi måste kliva ut ur cykeln och titta på var den landade.

En botten är samma tillstånd varje gång. Minare på marginalen täcker sin el och inget mer, innehavarna är nästan jämnt delade mellan vinst och förlust, hårdvara handlas till vad överlevarna kan motivera. Det tillståndet förbättras inte och har aldrig gjort det. Det som förändras mellan en botten och nästa är skalan på allt som måste ta sig dit innan den kan nås.

Samma form, annat golv

Något är ändå annorlunda, och det är inte det de flesta först griper efter. Det vanliga svaret är att hårdvaran blev bättre, och det blev den. Bättre maskiner tog över under uppgången och spenderade mindre energi på samma arbete än något som kördes en cykel tidigare. Lämnat för sig självt skulle det göra coins billigare att producera och pressa den här botten lägre än den förra.

Hårdvaran lämnades inte för sig själv. Varje förbättring drog in fler maskiner, och protokollet släppte färre coins under samma sträcka, så arbetet bakom en enda coin steg av båda skälen samtidigt som maskinerna som utförde det blev bättre. Två saker tar steg här, och de går åt motsatta håll. Arbetet bakom en coin stiger varje gång ett gap drar in kapacitet. Det kan lätta efteråt när maskiner stängs av, men det återgår inte till där det började. Energin per enhet arbete faller varje gång en bättre maskin tar över, och inte heller det steget

går tillbaka. Vad en coin kostar är de två multiplicerade med varandra.

Vilken som vann den här rundan är en fråga med ett svar, och över ett helt varv av cykeln brukar konkurrensen ta den. Att hårdvaran förbättras är i sig det som drar in konkurrensen som springer ifrån förbättringen. En coin slutar därför med att kosta mer energi att producera än den gjorde en cykel tidigare, inte som en lag utan som en tendens som håller när gapet varit brett.

Botten känns likadan eftersom historien runt den är densamma. Den landar någon annanstans eftersom maskinen under den redan har förändrats och konkurrensen om den blivit hårdare.

Det är hela saken. Produktionskostnaden är ett golv under priset, och golvet är högre än det var. Botten landar högre därför att coins faktiskt blev dyrare att producera, inte trots att hårdvaran förbättrades utan på grund av vad förbättringen drog till sig.

Mätt från toppen

Golv är rätt ord bara på rätt avstånd. Priset faller faktiskt under produktionskostnaden, och har gjort det, i spikar som nästan omedelbart återvänder. De kommer utifrån mekanismen snarare än inifrån den, en brist på likviditet någonstans som prissätter om allt samtidigt, inte något som konkurrensen eller effektiviteten gjorde.

Två saker drar tillbaka det. Bara halva spärrmekanismen kan påverkas på det sättet, eftersom en likviditetskris inte rullar tillbaka någons ackumulerade innehav; coinsidan står kvar medan mining-sidan tillfälligt knuffas. Och knuffen förändrar vad någon är villig att betala den här veckan, inte vad en coin kostar att producera. Zooma ut till den tidsskala resten av boken arbetar med och dipparna är veckor på en nivå som höll.

Ta nu varje botten i tur och ordning och var noga med vilken siffra du jämför dem med. Inte föregående cykels pris, som inte säger något om huruvida något under ytan förändrades. Och inte joulegränsen heller, eftersom den tar steg åt andra hållet och skulle få varje cykel

att se ut som en reträtt. Siffran som besvarar frågan är vad en coin kostade att producera vid varje botten, och det är när de två jämförs som framstegen syns.

Samma golv, nått av fler

Något annat behöver sägas om en andra botten, eftersom uttrycket högre botten kan vilseleda om vad det faktiskt är som återkommer.

Det som växte finns på andra sidan av meningen. Fler maskiner når den. Fler operatörer når den. Mer total energi har spenderats för att producera coins som är färre till antalet än dem den förra cykeln producerade. Golvet är inte högre därför att tillståndet blivit lättare. Det är högre därför att ett större, hungrigare system nu måste matas innan samma tillstånd över huvud taget kan nås.

Varje botten slutar på samma plats. Det krävs bara mer av allting för att komma dit.

Båda spärrmekanismerna syns i den meningen och gör olika arbete. Den stigande produktionskostnaden är skälet till att golvet ligger där det gör. Den växande basen av hållna coins är skälet till att färre finns tillgängliga för att pressa ned det igen. Den ena höjer ribban och den andra tunnar ut det som skulle kunna kastas mot den, och ingen av dem gör sig själv ogjord när cykeln vänder.

Varför det här inte är en slump

Det fortsätter hända av ett specifikt skäl, inte av tur. Konkurrens kan bjuda upp och ned priset på en maskin så ofta ett gap öppnas och stängs, och den rörelsen vänder fritt. Det som inte vänder är det ackumulerade arbetet bakom en coin. Maskiner som kom in under uppgången kör tills de slutar löna sig och parkeras sedan i stället för att skrotas, så kapaciteten finns fortfarande där när priset återvänder. Issuance återgår aldrig alls till en tidigare takt. Därför håller ansträngningen bakom en coin sin mark genom fallet och börjar nästa uppgång därifrån.

Båda halvorna av mekanismens namn gäller här, var och en för sin halva av historien. Den snabba, upprepande delen – coins och maskiner som byter händer medan gap öppnas och stängs – beter sig som en motor. Cyklisk, reversibel, tillbaka nära sin start varje gång. Den långsamma delen beter sig som en spärrmekanism, tillåter rörelse bara åt ett håll, och det som rör sig åt det hållet är kostnaden för att producera en coin. Över hela varv av cykeln stiger den, eftersom varje förbättring av hårdvaran drar in fler konkurrenter än förbättringen själv tränger undan. Bättre maskiner pressar åt andra hållet och kan vinna en hel sträcka. De har ännu inte vunnit en cykel.

Så den andra botten landar högre, varken av tur eller konstruktion, utan därför att den snabba delen löpte sitt lopp medan den långsamma delen tyst gjorde det den alltid gör. Bär med dig det som det centrala påståendet i allt som följer. Historien upprepar sig. Golvet under den gör det inte.

KAPITEL ÅTTA (A)

All volatilitet måste balansera

Allt i de senaste sju kapitlen, sagt igen, i fyra faser som återvänder till där de började.

Sju kapitel har gått ett helt varv genom den här historien, plus tillräckligt långt in i ett andra för att visa var den landar. Det som följer pressar ihop formen till ett enda varv, namnger varje fas och fyller i två saker som varit sanna hela tiden men aldrig sagts rakt ut.

Varje varv i den här maskinen följer samma sekvens, och nu har den körts ett och ett halvt varv framför ögonen på oss utan att ritas upp. Något öppnar ett gap. Kapital ser det och förbinder sig. Världen behöver månader för att leverera det kapitalet beställde. Leveransen stänger gapet, och själva stängningen blir nästa orsak.

Ingenting i den kedjan är valfritt och ingenting går snabbt. Laggen är inte en friktion som kan konstrueras bort; den är själva skälet till att cykeln existerar, eftersom ett svar som anlände omedelbart aldrig skulle skjuta över målet och då skulle det inte finnas något att beskriva. Varje fas i den här boken är en länk i den sekvensen, sedd från den sida som råkar röra sig.

Heta coins, heta ASICs

Börja på toppen, där båda sidor går heta samtidigt. Det hände en gång i början, första gången priset någonsin mötte en miningkostnad, med maskiner som redan gjorde arbetet innan någon ens noterade en siffra. Det har hänt vid varje topp sedan dess av vanliga skäl, och det är dem vi ska följa.

Nya maskiner anländer i volym. Konkurrensen mellan tillverkarna skärps eftersom flera levererade in i samma möjlighet. Coins säljs av två skilda skäl samtidigt: traders tar vinst och minare omvandlar coins till maskiner för att jaga mer av samma reward. Oavsett vad

som driver varje enskild försäljning börjar omfördelningen här, coins flyttar från där de satt mot där möjligheten finns.

Inuti den här fasen ligger sträckan människor menar när de säger bull run.

Föreställ dig uppgången som en enda sammanhängande kurva i stället för en serie hopp. Priset börjar långsamt och bygger fart som varje trend gör innan utomstående börjar uppmärksamma den. Det den här boken kallar bull run är inte hela uppgången. Det är den brantaste, mest vertikala sträckan, där miningkapaciteten har nått sin begränsning och köp av coinen är den enda spak som återstår. Det som följer, när ny hårdvara väl landar, är samma kurva som lättar från sin brantaste vinkel.

Ett eget ögonblick, skilt från det som kom före. Begagnad hårdvara tunnas ut när tillgängliga maskiner köps upp. Nya beställningar staplas, men en fysisk lagg skiljer beställning, tillverkning och leverans åt, och den laggen krymper inte för att efterfrågan växte. Under en sträcka kan hashrate inte växa lika snabbt som aptiten på den.

Under den sträckan återstår en väg till exponering. Köp coinen direkt på den öppna marknaden. Det är motorn bakom det människor kallar bull run, och den inträffar här snarare än någon annanstans i cykeln av ett skäl. Efterfrågan anländer snabbare än miningkapaciteten kan svara.

Laggen har ytterligare en effekt på prissättningen av nya maskiner. Den som först levererar fungerande enheter in i den här sträckan blir tillfälligt prissättare, eftersom varje konkurrent fortfarande har sin produkt på väg eller på produktionslinan. Det första priset är vad resten måste konkurrera mot när deras leveranser landar.

Ett tag finns bara en spak kvar att dra i. Alla drar i den samtidigt.

Kalla coins, heta ASICs

Priset stannar upp och börjar sedan glida. Hårdvara som beställdes under laggen hinner ikapp möjligheten som motiverade den och

skjuter sedan förbi, hashrate rusar uppåt medan rewarden slutar växa. Difficulty stiger för att matcha och de minst effektiva i den breddade populationen börjar stänga av. De är inte fler än de maskiner som anländer, så hashrate fortsätter stiga även när maskiner börjar lämna, vilket är hela karaktären hos den här fasen: allt under ytan har vänt medan totalen fortfarande stiger. ASIC-priser faller, både nya och begagnade, och faller snabbare än lönsamheten eftersom de som lämnar säljer in i samma marknad som tillverkarna. Kostnaden tippar tillbaka från capex mot opex, den vändning som beskrevs tidigare.

Kalla coins, kalla ASICs

Båda marknaderna tystnar. Botten, redan beskriven i detalj. Coins tystnar eftersom ingen har skäl att flytta dem, hårdvara eftersom båda sidor fick slut på skäl att handla, och de två når det tillståndet via skilda vägar.

Två marknader absorberar överskottet som en het fas kastar ifrån sig, inte en. Begagnade maskiner suger upp hårdvaran, kapitalet och brådskan, rollen som redan beskrivits. Hållna coins gör samma sak på andra sidan. Under uppgången tunnas hållandet ut och tradingvolymen sväller, och den volymen är coinmarknaden som går het. Den kyls genom att dräneras tillbaka in i förvaring, och volymen faller på vägen. Lägg märke till asymmetrin mellan de två. Nya maskiner kan översvämma en marknad och anlända i mängd från varje tillverkare samtidigt. Nyutgivna coins kan aldrig göra det, eftersom protokollet släpper dem i en takt ingen kan skynda på. Bara coins som redan hålls kan översvämma marknaden, och bara om priset erbjuder tillräckligt för att dra fram dem.

Heta coins, kalla ASICs

Cykeln stängs där den öppnas igen. Maskiner som överlevde botten står kalla och överksammas, ännu inte värda att slå på, medan coinen börjar röra sig före dem.

Coinpriset stiger. Lönsamheten följer omedelbart, eftersom samma driftskostnad nu tjänar mer. Det syns först som en kortare payback, en maskin som betalar tillbaka sig snabbare än väntat, långt innan någon bygger någonting.

Efter en kort lagg gör den kortare paybacken inaktiv och begagnad hårdvara intressant igen, och priserna på både begagnade och nya enheter bjuds upp när fler upptäcker det växande gapet.

KAPITEL ÅTTA (B)

Det som inte återställs

Cykeln återvänder till sin början. Två saker under den gör det inte.

Fyra faser, och den fjärde lämnar tillbaka till den första. Kör loopen hur många gånger du vill och den fortsätter komma tillbaka dit den började. Något är ändå annorlunda varje varv, och det finns inte i loopen.

Två spärrmekanismer

Två mekanismer i den här boken förtjänar ordet spärrmekanism, en på vardera sidan av marknaden, och ingen av dem kan reduceras till den andra.

Båda matas av samma sak, vilket är lättare att se innan de namnges. Varje gap den här boken beskriver besvaras med maskiner, eftersom en synlig marginal är ett skäl att köpa hårdvara och hårdvara är det som stänger en marginal. Den snabba cykeln snurrar alltså inte bara. Den omvandlar, gör ett avstånd mellan två priser till kisel som överlever avståndet. Vad cykeln än utvinner lämnar den i den formen, vilket är skälet till att något alls ackumuleras.

Ingen av spärrmekanismerna är en femte fas bredvid de andra fyra. De löper under dem alla, i olika hastigheter. Hårdvara förbättras i diskreta hopp och bara när en nyare maskin slår den etablerade på total kostnad, vilket en billig begagnad maskin kan förhindra länge. Konkurrensen väntar aldrig på ett rent ögonblick. Den mal på kontinuerligt, och hållandet ackumuleras utan paus, lite mer blir kvar vid varje botten. Cykeln fortsätter återvända till samma fyra former. Det som ligger under dem återvänder inte till någonting.

Den första ligger på mining-sidan: vad det kostar att producera en coin har stigit över varje cykel hittills och har inte lämnat tillbaka marken. Den siffran förtjänar en närmare titt, eftersom det inte är en

enda storhet som stiger. Det är två som tar steg åt motsatta håll, och kostnaden är det som återstår när de möts.

Arbetet bakom en coin stiger när ett gap öppnas. Lönsamheten blir synlig, maskiner beställs och månader senare anländer de och ansträngningen bakom varje coin tar ett steg upp. Under en nedgång tar den inte steget tillbaka, eftersom hashrate lämnar ungefär i samma takt som issuance krymper och de två tar ut varandra. Den håller där den senaste heta fasen lämnade den och väntar på nästa.

Den andra kraften tar steg nedåt. Vad en maskin spenderar per enhet arbete faller i hopp när något vinner på total kostnad och tar över som arbetshäst. Ingen enskild maskin förbättras. Kisel som väl byggts blir inte mindre kapabelt och aldrig mer kapabelt. Det steget går alltid nedåt och vänder aldrig.

Två stegfunktioner riktade mot varandra. Vad en coin kostar är resultatet efter att båda har rört sig.

Kostnaden för att producera en coin är alltså de två multiplicerade, och riktningen i en viss runda tillhör den som tog det större steget. Ett gap som drar in mer konkurrens än nästa maskin kan kompensera för lämnar kostnaden högre än där den började. En lugn sträcka där en bra maskin anländer lämnar den lägre, ibland markant, vilket är hur en lång nedgång med bättre hårdvara ser ut inifrån.

Två frågor ligger under detta. Om ett gap över huvud taget öppnas igen, och om konkurrensen slår kislet medan det är öppet.

Den första har ett strukturellt svar när ett nätverk är tillräckligt etablerat för att bära ett golv av efterfrågan. Någon mängd köpare består genom vad som än händer, av tro eller förståelse eller därför att de har användning för saken. Samtidigt tunnas båda källorna till utbud ut. Marknadsutbudet tunnas eftersom hållandet ackumuleras vid varje botten och aldrig helt rullas tillbaka. Minat utbud tunnas eftersom issuance faller enligt ett schema som inte svarar på förhållandena. Efterfrågan som håller sig över noll mot ett utbud som rör sig mot noll gör inte ett gap sannolikt. Det gör det till en fråga om när.

Den andra är en fråga om klockor. Kapital svarar på en synlig marginal på månader, eftersom beställning av maskiner är ett beslut vem som helst kan fatta en morgon. Kisel svarar enligt designens och tillverkningens tidtabell, vilket är år. Inuti varje växande gap anländer konkurrensen därför först och i mängd, och förbättringen som till slut dyker upp svarar på förhållanden som redan har förändrats.

Ett gap måste öppnas igen eftersom utbudet fortsätter tunnas och efterfrågan inte försvinner. Medan det är öppet rör sig kapital snabbare än fabs.

Varje gap är mindre än det föregående. En större kostnadsbas betyder att samma inkommande efterfrågan öppnar ett smalare avstånd, och mer kapital är redan utplacerat och redo att svara. Spärrmekanismen avancerar därför i kortare steg när ett nätverk mognar. Den avancerar ändå, eftersom ett kortare steg fortfarande är ett steg och ingenting för den tillbaka.

Över hela varv av hjulet tenderar konkurrensen att vinna, eftersom den anländer både snabbare och i större mängd än förbättringen som kallade fram den. Färre coins produceras, mer ansträngning jagar var och en, och det finns alltid en större fisk. Men det är nettot av två motriktade steg snarare än en enda kraft som mal åt ett håll, och en enskild sträcka kan gå baklänges.

Den andra ligger på coinsidan. Vid varje botten ligger cost basis på båda sidor om det aktuella priset, ungefär hälften av cirkulerande coins i vinst och hälften under vatten, där varje halva håller av sitt eget separata skäl. Hållandet hoppar här, och det rullas aldrig helt tillbaka när priset återhämtar sig. En del av det som gick över till långsiktig förvaring i det ögonblicket stannar där, borta från cirkulation, ett mönster som syns i hur sällan de äldsta coinsen någonsin rör sig igen. Inte fysiskt, inte mekaniskt, men verkligt ändå, och riktat åt samma håll som den första: ännu en sak den lokala cykeln producerar som aldrig kommer tillbaka.

Den ena spärrmekanismen gör varje coin svårare att producera. Den andra gör färre av dem tillgängliga att köpa. Båda rör sig bara åt ett håll.

Båda löper tillsammans och förstärker varandra snarare än tar ut varandra. Den ena höjer vad en coin kostar att producera. Den andra krymper vad som finns tillgängligt att köpa. Ingen vänder när cykeln gör det, vilket är skälet till att nästa botten inte kan landa där den förra gjorde.

Historien slutar här

Det avslutar berättelsehalvan av den här boken. Varje mekanism som namngivits genom dessa åtta kapitel – tvingad konvergens, begagnatmarknaden, de två formerna av kompression, de två spärrmekanismerna – har beskrivits i ord, utan att någon siffra fästs vid dem.

Vilka nätverk detta beskriver

En varning innan siffrorna kommer, eftersom de föregående kapitlen inte sagt något om vilka nätverk något av detta gäller för, och den tystnaden skulle kunna läsas som att det gäller alla lika mycket. Det gör det inte.

Varje proof-of-work-nätverk har något motorformat i sig. Efterfrågan på ena sidan, produktionskostnad på den andra, arbete utvunnet ur avståndet mellan dem. Så mycket följer med designen. Det som skiljer är hur mycket av arbetet som överlever resan, och skillnaderna är stora nog för att två nätverk som kör identiska maskiner kan producera ganska olika pengar.

Ett supply cap är den version av detta som alla känner till, och den är den minst intressanta. Debasement kräver inte printing. Ett nätverk kan läcka värde på flera sätt som aldrig rör dess issuance-schema, och ett cap säger ingenting om hur många av dem det läcker genom.

Ett hard cap säger ingenting om hur mycket av arbetet som når andra sidan.

Båda spärrmekanismerna förutsätter ett nätverk där mekanismen kör rent. Ett nätverk som läcker värde någonstans spärrar mindre,

eller inte alls. Att namnge läckorna en och en och väga dem mot varandra är ett ämne med en egen form, och det hör hemma i *The Instrument*, under *Degrees of Soundness*, snarare än här.

Läs därför det som följer som en beskrivning av nätverk vars maskineri är intakt. Där det inte är det finns samma delar, men en del av outputen försvinner på vägen ut.

DEL TVÅ

Mekanismen

Samma berättelse, nu med enheter.

Allt i den här delen utgår från att block reward är den enda intäkt en minare får. Fees finns hela tiden, men så länge subsidyn är stor är de tillräckligt små för att lämnas utanför aritmetiken. Nästa del visar vad en andra intäktsström gör med siffrorna, och varför förändringen är mindre och mer självkorrigerande än den först verkar.

KAPITEL NIO (A)

Vad en maskin producerar, vad en coin kräver

Allt i de senaste åtta kapitlen hände i ord. Det här är enheten.

En joule är en liten mängd energi. En vattenkokare drar ungefär två tusen varje sekund den är igång. En telefon som laddas över natten förbrukar några tiotusental. En miningmaskin som får gå ett dygn bränner hundratal miljoner.

Del ett lutade sig mot den här enheten hela vägen utan att någonsin slå fast den.

Vad en maskin producerar

Den första storheten är **joule per hash**: energin en maskin förbrukar för att utföra en enhet arbete. Del ett gav den ett namn och använde den genom åtta kapitel. Det är **joulegränsen**, nu med en enhet fäst vid sig.

Det är en fysisk egenskap hos hårdvaran snarare än en uppfattning, och den förändras inte för att marknaden blir exalterad eller rädd. En maskin som byggts för att förbruka ett visst antal joule per hash gör exakt det, het eller kall, tills något fysiskt bättre ersätter den. Två maskiner kan se likadana ut och skilja sig enormt i den här siffran, och skillnaden förklarar mycket av det Del ett beskrev. Den effektivare gör identiskt arbete med mindre energi och överlever därför vid priser som slår ut andra.

Mellan generationer går siffran bara nedåt. Kisel blir bättre på samma uppgift och aldrig sämre, så den bästa siffran som finns i dag är lägre än den bästa som fanns förra gången, och nästa blir lägre igen.

Vad en coin kräver

Den andra storheten går åt motsatt håll, och hela syftet med det här kapitlet är att ställa de två bredvid varandra. **Hashes per coin**: hur mycket arbete hela nätverket utför för varje coin protokollet släpper.

Ingenting hos en enskild maskin bestämmer den här siffran. Den bestäms av hur många maskiner som konkurrerar och hur svårt nätverket har gjort pusslet som svar, vilket Del ett ägnade åtta kapitel åt att visa bestäms av priset. Lägg till konkurrenter och mer arbete står bakom varje coin. Tunna ut issuance och samma arbete fördelas över färre coins. Båda driver siffran uppåt, och ingen av dem har någon motsvarighet som pålitligt driver den nedåt.

Multiplitera de två och resultatet är **joule per coin**, energin bakom en enhet av det nätverket ger ut. En term faller därför att kisel förbättras, en term stiger därför att kapital anländer, och produkten av dem är vad en coin kostar att producera i energi. Vilken av de två som vann en viss runda avgör om coins blev billigare eller dyrare att producera, och Del ett besvarade den frågan utan att en enda gång namnge termerna.

Arbetshästen sätter siffran

Vid varje given tidpunkt minar maskiner av många åldrar och effektivitetsnivåer samtidigt, och deras genomsnitt är inte siffran som spelar roll.

De uppenbara kandidaterna är den bästa och den sämsta maskinen, och ingen av dem fungerar. Den bästa som existerar kanske nästan inte körs någonstans, nyligen lanserad och knappt utrullad, med en bred marginal för de få som har den men utan att sätta någonting. Den svagaste överlevaren är lika irrelevant, hänger kvar vid kanten och utför en avrundningsfelsstor del av arbetet. Ibland sätter den effektivaste maskinen siffran och ibland gör den inte det, vilket är ledtråden till att rå effektivitet inte är det som avgör.

Det som förankrar kostnaden är **arbetshästen**: den maskin som vann på total kostnad och därför köptes i stor skala. Kapital samlas i den

maskinen, så den slutar med att utföra större delen av arbetet på nätverket, och vad den förbrukar är det närmaste nätverket kommer en genomsnittlig kostnad för att producera en coin. Att en bättre maskin existerar förändrar ingenting förrän den tar den positionen, och den tar positionen genom att vara billigare att äga och köra än den etablerade maskinen, inte bara genom att vara effektivare.

Ett fallande pris spelar fortfarande roll, men på ett annat sätt. De svagaste överlevarna lämnar först, vilket sätter hur långt priset kan falla innan supply börjar försvinna. Det är en fråga om var golvet ligger. Arbetshästen är en fråga om vad en coin kostar. Två olika frågor, och svaren är vanligtvis två olika maskiner.

Effektivitet ensam avgör inte vilken maskin som blir arbetshäst. Två minare med identisk hårdvara får helt olika resultat om den ena betalar tre cent per kilowattimme och den andra tolv. Billig el tolererar en sämre maskin. Dyr el kräver en bättre för att gå jämnt upp. Och el är inte den enda tröskeln. En maskin måste passa det de flesta operatörer redan har, spänningen i väggen och racket den ska stå i, och en design som kräver något mer ovanligt kommer inte bli den större delen av nätverket kör. Vinnarpositionen kommer ur kombinationen, och den minare som är svagast på båda är den vars exit flyttar siffran.

Och räkningen är större än chipet. Att husera en maskin, hålla den kall och få fram ström till den kostar också, och allt hamnar på samma rad som elektriciteten. Arbetshästen är aldrig riktigt bara ett chip. Den är ett chip någonstans, under ett elavtal, och detta någonstans är en del av siffran.

Maskinen har en egen joulekostnad

Hittills räknar detta bara energin en maskin förbrukar medan den körs, vilket är halva bilden.

En maskin som redan står i ett lager kostar ren opex, vad den än bränner från och med nu. Ingen börjar där. Någon byggde den först, och byggandet var inte gratis. Att raffinera kisel, etsa det till ett

fungerande chip, montera kortet – allt förbrukar energi långt innan maskinen hashar någonting.

Det är inte heller ett avrundningsfel. Maskiner konvergerar mot sin tillverkningskostnad på samma sätt som coins konvergerar mot sin, konkurrensen skalar bort överskottet tills priset ligger nära vad saken kostar att tillverka. Samma rörelse, en nivå uppströms. Att bygga en maskin och att köra en hämtar ur samma brunn. Inte två sorters utgifter. Två steg i samma produktion.

Att mina en coin är att brute-force:a en hash tills en uppfyller ett villkor. Att bygga maskinen som utför miningen är att raffinera råmaterial till ordnad struktur, ett noggrant lager i taget. Båda är produktion. Båda kostar joule. Ingen är gratis.

Den fullständiga joulekostnaden för en coin är därför högre än energin som går åt till att köra arbetshästen. Lägg till en andel av den energi som byggde den, utspridd över varje coin den kommer producera under sitt arbetsliv. Hoppa över det och siffran beskriver bara någon som redan äger hårdvara. Ta med det och den beskriver vad det kostar att börja från ingenting.

Vilket väcker den uppenbara frågan. Utspritt över hur lång tid?

Ett arbetsliv är ingen specifikation tryckt på kartongen. Ingenting slits ut enligt schema. En maskin slutar arbeta när den slutar betala sig, i samma ögonblick som det den tjänar inte längre täcker strömmen den drar, och det ögonblicket bestäms av cykeln snarare än hårdvaran. Köpt in i ett växande gap kan en maskin köra i årtal. Köpt in i ett gap som stängs kan den sluta betala sig inom en säsong. Identiskt kisel, helt olika nämnare.

Det finns ett renare sätt att markera slutpunkten. En maskin som inte kan täcka sin egen el är inte värd något för någon annan heller, eftersom den som köpte den skulle möta samma räkning. Arbetslivet löper alltså från köp tills andrahandsvärdet når noll, och begagnatmarknaden sätter det datumet, inte tillverkaren. Hur många coins som än kommer ut under den perioden är nämnaren, och hela tillverkningsenergin fördelas över dem.

Följ det till slutet och något prydligt faller ut. En minare som betalar nätverkets genomsnitt för elektricitet, från köp tills maskinen är värd noll, stoppar in en total som matchar det som kommer ut. Capex plus opex på ena sidan, mottagna coins på den andra. Billigare el och de behåller skillnaden. Dyrare el och de finansierar någon annan som behåller den.

Den faktiska aritmetiken

Fyra frågor tar dig hela vägen, och de kan besvaras i ordning utan att du behöver hålla något i huvudet.

Hur mycket arbete gör maskinen? Hur mycket arbete gör hela nätverket? De två ger maskinens andel. Dividera de coins protokollet släpper med den andelen och du får hur mycket arbete som står bakom en coin, för den här maskinen, vid denna difficulty. Fråga sedan vad det arbetet kostar vid det elpris den marginella minaren betalar, och svaret är pengar.

Ingenting i den sekvensen är förhandlingsbart, och inget av det är fixerat. Varje term rör sig. Andelen faller när konkurrenter anländer. Arbetet bakom en coin stiger när de gör det, och stiger igen när issuance tunnas ut. Elpriset är vad operatören lyckades förhandla fram. Ändra vilken som helst av dem och svaret ändras med den, vilket är poängen snarare än en komplikation.

Ett pris i slutet av den sekvensen spelar större roll än resten, och det är inte dagens. Det är elpriset där den här maskinen går break-even och fortsätter gå break-even, ligger på noll genom en lång sträcka medan hashrate faller med priset och issuance faller enligt schema. Den siffran är vad en minare faktiskt satsar mot när de skriver under ett elavtal, och det är den enda versionen av siffran som överlever kontakten med en hel cykel.

Inget av detta inkluderar själva maskinen, den andra halvan som nämndes nyss. Allt ovan är driftskostnad, energin som går in härifrån. Varför den andra halvan måste hanteras separat, och vad den gör med en minare som inte kan veta dess storlek i förväg, kommer senare.

KAPITEL NIO (B)

Vad den siffran förpliktar till

En fastställd kostnad är inte ett neutralt faktum. Den avgör hur mycket av det en minare producerar som måste lämna, och till vem.

Det finns nu en siffra för vad en coin kostar att producera. Det som följer är vad den siffran gör med den som står under den.

Hur mycket måste lämna

Fixera arbetshästen, elektriciteten den kör på och det arbete nätverket för närvarande kräver per coin, och kostnaden för att producera en coin slutar vara en fråga. Alla tre är kända storheter vid varje givet ögonblick, och multiplicerar man dem är frågan avgjord. Siffran ligger där och väntar, oavsett vad marknaden råkar tycka.

Det marknaden avgör är hur stor del av produktionen en minare är tvungen att sälja. En minare väljer inte mellan att sälja och hålla utifrån temperament. El faktureras kontinuerligt och räkningen väntar inte. Coins säljs för att täcka den, och den enda frågan är vilken andel det kräver.

Håll priset långt över produktionskostnaden och andelen är liten. En minare täcker räkningen med en del av det som minas och behåller resten, och många gör exakt det. Låt priset falla mot produktionskostnaden och andelen stiger, eftersom samma räkning nu åter en större del av vad samma maskin tjänar. Vid golvet har minaren på marginalen ingen andel kvar att hålla inne. Nästan allt som minas måste ut, omedelbart, bara för att hålla maskinerna igång.

Ingen på marginalen väljer att sälja. De säljer därför att alternativet är att stänga av.

Det sätter ett tak för hur mycket säljtryck nätverket kan producera. En minare kan inte sälja mer än vad som finns att sälja, och det som finns är vad protokollet släppte. När priset ligger vid

produktionskostnaden når i princip all denna nya issuance marknaden och trycket är maximalt. Men det maximumet är inte fixerat. Issuance krymper enligt ett schema ingen kontrollerar, så den största tvångsförsäljning nätverket kan åstadkomma blir mindre för varje cykel. Trycket som definierade tidigare bottnar kan inte definiera senare med samma kraft.

Varje betydelsefull marknad har en deltagare som agerar när ingen annan gör det. I en valuta är det centralbanken, och dess definierande egenskap är att dess kapacitet saknar tak: den kan tillföra pengar utan gräns och samtidigt göra pengar billigare att producera. Minare intar samma strukturella position utan någon av friheterna. De fortsätter handla efter att alla andra har slutat, eftersom elräkningen inte tar paus för en dålig marknad, och vad de kan tillföra är issuance och fees. Ingenting annat, någonsin.

Båda deras spakar pekar dessutom åt fel håll för lättnad. Issuance minskar bara, och produktionskostnaden stiger när konkurrens anländer. Där en centralbank under press kan tillföra mer till lägre kostnad, tillför en minare under press mindre till högre kostnad. Och effekten inverteras med positionen: en lender of last resort stöttar en marknad genom att föra in pengar i den, medan en seller of last resort pressar en genom att föra in coins i den. En botten skapas av den enda deltagaren som inte kan stå utanför.

De verkliga siffrorna

Den enda uträkningen driver allt som Del ett beskrev i ord. Gapet som öppnas, kraschen, stillheten, återhämtningen – allt var den här siffran som rörde sig, eller priset som inte lyckades hålla jämna steg med den.

Den pengasiffran kan i sin tur delas upp i sina egna delar, eftersom att betala för en maskin och att betala för att köra den inte är samma sorts kostnad, och ingen av dem är samma sak som kostnaden för att helt enkelt behöva vänta.

KAPITEL TIO

Capex, opex och kostnaden för att vänta

Två kostnader, två valutor, och bara en av dem mäts i joule.

Att tillverka en maskin förbrukar energi, exakt samma sorts kostnad som att köra den. Följ det till sin slutsats och något framträder bredvid den som energi ensam inte kan förklara.

Opex betald i förskott

Capex är opex betald i förskott, inte en separat kategori utanför logiken i den här boken.

Varje dollar som gick åt till att bygga en maskin – raffinera kisel, montera kortet, skeppa den – är energi någon redan har förbrukat, buntad till ett pris och överlämnad på en gång. Köparen köper inte en annan sorts kostnad än elräkningen som följer. Samma kostnad, redan betald, på ett annat schema.

Det lämnar minaren med ett val som boken ännu inte har namngivit. Hur mycket av totalen ska betalas nu, hur mycket senare. En dyr, effektiv maskin satsar på mer upfront och mindre över tid. En billig, ineffektiv satsar åt andra hållet: mindre nu, mer utspritt över varje framtida kilowattimme. Båda kan landa nära samma total och hämta ur samma brunn.

En minare förhandlar med nätverket om en enda total. Den enda frågan capex och opex avgör sinsemellan är timing.

Två premier, inte en

När det väl landat finns en frestelse att behandla varje pris över fysisk kostnad på samma sätt, coin och maskin likadant. Under det ligger en användbar distinktion.

När en coin handlas över sin joulekostnad är premien en direkt satsning. En extern köpare utan intresse i mining betalar mer än den fysiska kostnaden därför att de förväntar sig att coinen ska bli knappare, eller mer värdefull, senare. Mining förklarar ingenting av den. Premien kommer utifrån systemet.

När en maskin handlas över sin tillverkningskostnad under samma heta sträcka drivs det av något annat. Köparen satsar inte på att maskinen är knapp på något varaktigt sätt. Fler kan alltid byggas. Köparen satsar på coinens premie och bjuder upp maskinen därför att den är det snabbaste verktyget för att fånga den satsningen innan någon annan gör det. Maskinens premie är verklig men inte ursprunglig i maskinen. Ärvd i andra hand från coinen, överförd genom konkurrensens brådska: viljan att betala för mycket bara för att komma först.

Den ena premien är direkt, den andra härledd. Coin-knapphet finansierar maskinknapphet och aldrig tvärtom, även under sträckan då maskinerna är den knappare av de två, eftersom vad en brist på maskiner gör är att trycka över efterfrågan på coinen. Distinktionen förklarar varför ett uppdrivet maskinpris kollapsar snabbare än ett uppdrivet coinpris. En härledd satsning rullas tillbaka i samma ögonblick som det den beror på slutar betala. En direkt satsning kan överleva på tro långt därefter.

En härledd premie går åt andra hållet också. När coinens premie kollapsar finns inget oberoende som håller maskinen vid sin tillverkningskostnad. En desperat säljare, fortfarande inför den kontinuerliga elräkning som beskrevs tidigare, accepterar mindre än maskinen kostade att bygga bara för att komma undan före nästa räkning. För en kort stund blir maskinen salvage, prissatt efter vad någon är villig att betala för att bli av med den snarare än efter vad den skulle kunna tjäna.

Den andra valutan

Capex och opex täcker tillsammans varje joule som spenderas, upfront eller över ett arbetsliv. Ingen av dem täcker vad en minare

tar på sig i samma ögonblick som de förbinder sig till någon av dem: väntan innan det spenderade kommer tillbaka.

Den väntan är inte en tredje kostnad som sitter obekvämt bredvid de andra två. Den är den andra valutan, och de andra två var denominerade i den hela tiden. Allt här köps med resurser eller med tid, och vanligtvis med någon kvot mellan dem. Att välja capex framför opex betyder att välja att spendera tidigare snarare än att spendera mer, och det extra köper en kortare väntan.

Betala mer och vänta mindre. Betala mindre och vänta längre. En premie är växelkursen mellan dem.

Det är vad en premie på en maskin faktiskt är. Ingen betalar över tillverkningskostnad för bättre kisel i abstrakt mening. De betalar för månaderna det tar bort från början av återbetalningen, och priset på de månaderna bestäms av hur desperat alla andra vill ha samma sak i samma ögonblick.

Tid har dock ett andra ansikte, och den här gången spenderar du den inte. Du debiteras den oavsett om du köpt något eller inte. En minare som betalar upp för en kortare payback vinner bara om paybacken landar enligt plan. Låt difficulty fortsätta stiga medan den löper, när mer av samma hårdvara anländer bakom dem, och avkastningen blir lägre än köpet antog. Maskinen kostade vad den kostade. Energin köpte vad den köpte. Tid togs från dem i stället för att säljas till dem.

Inköpspriset har inte förändrats. Elpriset har inte förändrats. Det som förändrades är exponeringen som bars under de extra månaderna, och inget av det syns i capex-siffran eller opex-siffran. Det syns bara i hur lång väntan faktiskt visar sig bli.

Vad väntan faktiskt kostar

Att producera en coin betalas alltså i två valutor, inte tre kostnader. Energi som spenderas på att bygga maskinen och energi som spenderas på att köra den är samma valuta på två olika scheman. Tid är den andra, och den köper schemat.

Tid får en bestämd form här, nu när den andra halvan av uträkningen har ett namn. Tillverkningsenergin divideras med hur många coins en maskin producerar innan den är värd noll. Ingen vet det antalet vid köpet. De uppskattar det, de betalar ett pris byggt på uppskattningen, och cykeln avgör i efterhand om uppskattningen höll. Tid betyder här osäkerheten som sitter i en nämnare man redan har förbundit sig till, vilket är betydligt mer konkret än oro inför framtiden.

Att kalla det en risk underskattar det. En risk är något som kanske händer. Varje maskin som någonsin slagits på har varit på väg mot obsolescens från det första block den arbetade på, och den enda öppna frågan är hur fort. Någonstans håller en design på att tape-out:as som kommer göra den här okonkurrenskraftig. Någonstans läggs hashrate till som kommer tunna ut dess andel. Ingen av händelserna behöver ha inträffat ännu för att maskinen ska vara värd mindre den här månaden än förra.

Ingenting behöver gå fel för att en maskin ska vara döende. Den dör enligt schema, och schemat är inte publicerat.

Det som gör att detta biter är att klockan ignorerar strömbrytaren. Låt en maskin stå avstängd genom en dålig sträcka och den fortsätter tappa värde i samma takt, eftersom det som urholkar den händer någon annanstans, i fabs och i andra människors deployments. Att stänga av sparar elektriciteten och ingenting annat.

Det förklarar varför minare kör med marginaler som utifrån ser irrationella ut. En innehavare som väntar ut en svag marknad håller något som fortfarande kommer finnas kvar efteråt. En minare som väntar ut samma marknad håller något som kommer vara mätbart mindre värt när den tar slut, och kanske värdelöst. Att vänta är inte gratis för dem och har aldrig varit det. Det kostar maskinen. Därför minar de med tunna marginaler, säljer vad räkningen kräver och håller saken intjänande medan den fortfarande kan, eftersom alternativet är att se den löpa ut tyst utan något att visa för det.

Båda spärrmekanismerna som namngavs i Del ett löper genom den här uträkningen, även om bara den ena syns direkt i den. Stigande produktionskostnad är siffran som räknas fram här, driven upp av

difficulty när konkurrens anländer och dragen ned, långsammare, när bättre hårdvara tar över. Spärrmekanismen på coinsidan kommer inte in i uträkningen alls, eftersom den verkar på hur många coins som når marknaden snarare än på vad någon av dem kostar att producera.

Vilket lämnar en kraft oredovisad, den enda som kan sänka vad det kostar en minare att få tag på en coin utan att någon bygger en enda ny maskin.

DEL TRE

Fee-korrigeringen

En andra intäktsström, namngiven och sedan lämnad.

Den här delen är medvetet kort. Fees är ett stort ämne med egen dynamik, och att följa dem ordentligt skulle kräva mycket mer utrymme än det här argumentet behöver. Det viktiga här är att de finns, att de förändrar aritmetiken som Del två etablerade och att de reglerar sig själva tillbaka in i den cykel som redan beskrivits.

KAPITEL ELVA

Fee-korrigeringen

En andra intäktsström, vad den gör med aritmetiken och varför den korrigerar sig själv.

Del två byggde kostnaden för en coin av energin bakom den och behandlade issuance som allt en minare tjänar. Det var korrekt och ofullständigt, och den saknade delen är liten så länge subsidyn består och blir till slut allt.

Vad en fee gör med siffran

En minare spenderar energi för att hitta ett block. Rewarden för det har hittills behandlats som en enda sak, de coins protokollet släpper. En fee lägger till en andra ström i samma block, betald av den som ville få sin transaktion inkluderad, och maskinen spenderade ingen extra energi för att tjäna den. Samma joule, fler coins till minaren. Dividera energin med totalen och kostnaden bakom varje coin faller.

Ingenting skapades när det hände. Supply och demand är oförändrade, så coinen är värd vad den var värd; minaren avslutar helt enkelt blocket med fler av dem i handen, och de extra kom från någon som redan hade dem.

Det betyder att siffran som just nämndes inte riktigt är den som Del två byggde. Där mättes energi mot coins som protokollet gav ut, eftersom issuance var det enda en minare tog emot. När en andra ström anländer är siffran som avgör något energi mätt mot de coins minaren till slut håller, oavsett hur de kom dit. De två skiljer sig åt i samma ögonblick som fees blir mer än ett avrundningsfel.

Den andra är den som spelar roll här, och skälet är vad siffran används till. Produktionskostnad är nivån under vilken mining slutar betala för sig själv. Det som avgör den nivån är allt en minare tjänar ställt mot allt en minare spenderar, och en fee är intäkt. En minare som samlar fees överlever ett lägre pris än en som inte gör det, så

golvet ligger faktiskt lägre. Vad som än anländer som fees är lika mycket mindre som måste komma från priset, två källor som fyller ett krav i stället för att en källa växer.

Två saker om fees är lätta att få fel. De sänker inte joulegränsen, som är vad en maskin spenderar för att utföra en enhet arbete och svarar mot kisel snarare än intäkt. Och effekten varar inte, eftersom bättre avkastning drar in maskiner på samma sätt som varje bättre avkastning i den här boken drar in maskiner, tills arbetet bakom en coin har stigit tillräckligt för att svälja den.

Fees väntar inte på congestion

Det finns ett vanligt antagande att en fee-marknad slås på när ett nätverk blir fullt och förblir mörk fram till dess. Så fungerar det inte. Den som vill få en transaktion inkluderad betalar det minsta som krävs för att få den inkluderad, och det golvet är inte noll. Där det finns aktivitet finns intäkter, oavsett om någon konkurrerar om plats eller inte.

Ett nätverk behöver inte vara fullt för att få betalt. Det behöver användas.

Konkurrens lägger till ovanpå detta snarare än skapar det. Någon sitter på information som inte kommer förbli privat. Någon försöker fånga ett pris som håller på att stängas. Någon har en transaktion som blir mindre värd ju senare den landar, och någon annan vill helt enkelt helst slippa vänta. Alla betalar över golvet av ett enda skäl: det de köper är tid, samma köp en minare gör när den betalar en premie för en maskin som betalar tillbaka sig snabbare.

Distinktionen spelar roll av ett enda skäl. Den betyder att fee-intäkter följer hur mycket ett nätverk används, inte hur hårt belastat det är.

Överlämningen

Två strömmar betalar för säkerhet, och de löper enligt oförenliga scheman. Den ena krymper enligt ett schema inskrivet i protokollet

och svarar inför ingen. Den andra växer eller gör det inte, beroende på om saken används.

Issuance är som störst när ett nätverk är ungt och används minst, vilket är exakt när fee-intäkterna är som minst. Fees blir betydande först när det finns tillräckligt mycket aktivitet för att generera dem, och vid det laget har issuance bleknat. Någonstans mellan dessa tillstånd konvergerar de två linjerna och vacklar mot varandra, fees över under en aktiv period och under under en lugn, innan de skiljs åt för gott eftersom bara den ena av dem kan falla. Hur länge vacklandet varar är inte fixerat. Ett brant issuance-schema gör det kort och ett långsamt drar ut på det. Det som inte är ifrågasatt är riktningen. Issuance faller enligt ett schema ingen kan ändra, så givet ihållande efterfrågan på blockspace hamnar den till slut under fee-intäkterna, oavsett hur siffrorna ser ut på vägen.

Subsidyn är ett par stödhjul. Ingen sätter tillbaka dem på en cyklist som kan hålla balansen.

Om något nätverk fullbordar övergången är inget den här boken kan avgöra, och ingen bör låtsas något annat. Det har inte gjorts. Om något nätverk har korsat när detta läses blir det det första, och fee-sidan i varje budget före det var liten nog för att subsidyn skulle bära lasten.

Varför det korrigerar sig självt

En läsare som har följt cykeln så här långt misstänker redan att en andra intäktsström inte bara kan växa utan att något trycker tillbaka. Det kan den inte, och det som trycker tillbaka är samma maskineri som arbetar på nytt material.

Låt fee-intäkterna växa förbi issuance. Kostnaden bakom en coin faller, eftersom samma joule nu lägger fler coins i minarens händer. En lägre kostnad låter minare acceptera ett lägre pris och ändå överleva, vilket betyder försäljning in i marknaden på nivåer som tidigare skulle ha slagit ut dem. Billigare coins och ett platt pris avskräcker från att flytta dem, eftersom det inte finns något att realisera genom att flytta. Mindre rörelse betyder färre transaktioner,

färre transaktioner betyder mindre fee-intäkter, och kostnaden bakom en coin klättrar tillbaka mot där den var.

Det som sänkte golvet tog bort sin egen orsak. Och det går åt andra hållet också: tung användning ger minarna fler coins att sälja, den försäljningen kyler marknaden med den lag som varje effekt i den här boken anländer med, och nedkylningen lämnar till slut utrymme för priset att stiga igen.

Fees undkommer inte cykeln. De går in i den, och cykeln gör med dem vad den gör med allt annat.

Någonstans långt fram stabiliseras den balansen. Fee-intäkterna slutar svänga med priset därför att priset slutar svänga så hårt, och det som återstår är aktivitet som genererar intäkter i en takt nätverket kan få betalt på. Det är en beskrivning av en värdebevarare som har vuxit färdigt, vilket är den bortre änden av det den här boken har beskrivit snarare än en del av det.

Varför det här kapitlet är kort

Allt ovan skulle kunna följas mycket längre. Fees försvinner inte in i protokollet; de når minare, som säljer dem på samma sätt som de säljer allt annat, så en stor fee-marknad flyttar väldigt många coins ur händer som kunde vänta och in i händer som inte kan. Det interagerar med hållandet, med tvångssäljaren, med produktionskostnaden, och varje interaktion har sin egen lag och sitt eget överslag.

Inget av det förändrar vad den här boken satte sig för att beskriva. Korrigeringarna löser tillbaka in i samma fyra faser och samma två spärrmekanismer, vilket är varför de kan namnges och sedan lämnas i stället för att följas. En mekanism som reglerar sig själv tillbaka in i cykeln är en del av cykeln. En sak tvättas dock inte bort, och den är värd att markera innan ämnet lämnas. En fee-marknad som går het tillräckligt länge är ett gap som alla andra, och gap besvaras med maskiner. De maskinerna står fortfarande kvar när intäkterna som betalade för dem har försvunnit. Preiseffekten tar ut sig. Hårdvaran gör det inte.

Det fee-korrigeringen lägger till är en kvalifikation till Del två och en öppen fråga till slutet. Kvalifikationen: kostnaden för en coin är lägre än siffran baserad enbart på issuance antyder, med så mycket som fee-intäkterna för tillfället uppgår till, och den rabatten konkurreras bort som alla andra. Den öppna frågan är om överlämningen fullbordas, och den hör hemma tillsammans med resten av det som fortfarande är oavgjort.

AVSLUTNING

Vad som håller, och vad som ännu inte gör det

Namnet, testat, spårat till sin källa och avslutat med en redogörelse för dess gränser.

KAPITEL TOLV

Vad detta kallas, och varför

Ett namn som anges i början är ett löfte. Ett namn som förtjänats i slutet är en slutsats.

Den här boken öppnade under ett namn den ännu inte hade förtjänat och sade det då. Nu är det dags att återvända till det namnet och fråga om allt som byggts sedan dess fortfarande stöder det, eller om något gick sönder tyst på vägen.

Den lokala halvan

En Carnotcykel återvänder till sitt starttillstånd, fas för fas. Kapitel sju testade det mot den fyrfascykel som boken då redan hade gått igenom två gånger: heta maskiner som möter ett nytt pris, rusningen efteråt, stillheten vid botten, uppgången därifrån. Påståendet höll. Den lokala cykeln landar nära där den började.

Allt som byggts sedan dess lämnade den intakt. Del två gav cykeln enheter, joule per maskin, joule per coin, capex som förbetalad opex, utan att förändra dess form. Del tre lade till en andra intäktsström, och varje test landade likadant: ett fee-drivet lönsamhetsgap betar sig som ett prisdrivet, konkurreras bort av samma lokala mekanism på samma lokala klocka. Fee-spaken rör sig snabbt och vänder. Den nådde aldrig den långsamma halvan.

Den globala halvan

En spärrmekanism rör sig åt ett håll. Två saker här gör det, och de rör sig åt motsatta håll, vilket är varför det tar lite längre att namnge den här halvan än den andra.

Joulegränsen tar steg nedåt. Vad en enskild maskin förbrukar för att utföra en enhet arbete förbättras bara, och tar bara ett steg när en bättre maskin blir arbetshäst genom att vinna på total kostnad. Kisel

som redan byggts kan inte bli mindre kapabelt. Den rörelsen går nedåt och vänder aldrig.

Arbetet bakom en coin tar steg uppåt. Varje förbättring i hårdvaran drar in mer konkurrens än förbättringen själv tränger undan, och maskinerna som anländer lämnar inte när gapet som kallade fram dem stängs. Issuance tunnas ut enligt ett fast schema, så samma ansträngning fördelas över färre coins. Den rörelsen går uppåt och vänder inte heller.

Den ena spärrmekanismen sänker vad en maskin spenderar. Den andra höjer vad en coin kräver. Över varje helt varv som hittills observerats har den andra vunnit.

Multiplicera de två och du får vad en coin kostar att producera, och den produkten är vad den globala halvan av namnet handlar om. Över hela varv av cykeln stiger den, eftersom varje förbättring kallar in fler konkurrenter än förbättringen tränger undan. Bättre hårdvara trycker åt andra hållet och kan vinna en hel sträcka. Den har ännu inte vunnit en cykel, och om den till slut gör det är en fråga som slutkapitlet ställer rakt ut i stället för att avgöra.

Brownian global pekar alltså uppåt, och det är påståendet som behöver den hårdaste stresstestningen. En stigande fee var den starkaste kandidaten någonstans i den här boken för något som skulle kunna vända den. Det kan den inte, och skälet följer av vad varje gap gör. En fee vidgar ett gap, och ett gap som är brett nog tillräckligt länge omvandlas till maskiner som alla andra. De maskinerna lägger räls. En ihållande fee-marknad trycker därför inte mot den uppåtgående rörelsen, den matar den, genom att lägga till arbete bakom en coin precis som ett prisdrivet gap skulle göra. Intäkten tvättas bort med cykeln. Hårdvaran den betalade för gör det inte.

Varje test som körts mot namnet försökte bryta den ena eller den andra halvan. Ingen av dem brast.

Varför uppdelningen var rätt

Ett enda beskrivande ord för hela mekanismen hade varit enklare, och fel. Varje term som täcker båda halvorna skulle behöva välja cykel eller spärrmekanism, och det ärliga svaret är att detta är en maskin som beter sig olika beroende på hur länge man betraktar den. Ingen av halvorna skruvades fast på den andra i efterhand.

Lokalt återkommer samma förhållanden. Maskiner bjuds upp, coins säljs, båda marknaderna stannar av och allt börjar igen, eftersom inget enskilt varv permanent förändrar hur nästa varv ser ut. Globalt förändras två saker permanent varje varv, i motsatta riktningar, och ingen mekanism någonstans i den här boken kan göra någon av dem ogjord. Det som ackumuleras är skillnaden mellan dem.

Vad som återstår

Namnet håller alltså, testat mot allt som byggts sedan det först kallades oförtjänt. Carnot local, därför att den snabba halvan återvänder dit den började. Brownian global, därför att den långsamma halvan aldrig gör det, och därför att riktningen den inte återvänder i är uppåt.

Båda namnen kommer från tankeexperiment, inget av dem byggdes någonsin. Varifrån de kom, och vad som fortfarande är oavgjort, är det som återstår.

KAPITEL TRETTON (A)

Motorn ingen kan bygga

Ett namn kan förtjänas utan att visa varifrån det kom. Det är här.

Namnet har testats mot allt som byggts före det och det håller. Vad det testet aldrig gjorde var att säga varifrån de två namnen kommer, eller peka ut vilken del av nätverket som spelar vilken roll. Båda kommer från tankeexperiment, inget av dem var någonsin tänkt att byggas, och det visar sig spela roll.

Vad Carnot beskrev

En Carnotmotor kan inte byggas. Sadi Carnot beskrev den på 1820-talet som en idealisering, en motor utan friktion, utan läckage, där ingenting går till spillo någonstans, just för att han skulle kunna räkna ut det mesta någon värmemotor över huvud taget skulle kunna åstadkomma. Varje verklig motor når inte hela vägen dit. Det var poängen. Det är ett tak, inte en ritning.

På papper har den fyra delar och kör fyra steg. En varm reservoar och en kall reservoar ligger vid olika temperaturer. Mellan dem finns ett arbetsmedium, vanligtvis en gas, som driver en kolv. Gasen expanderar mot den varma reservoaren, absorberar värme och utför arbete. Den expanderar vidare, avskuren från reservoaren, och kyls medan den gör det. Den komprimeras mot den kalla reservoaren och avger värme. Den komprimeras igen, isolerad från båda, tills den anländer exakt där den började.

Den sista detaljen är hela poängen, och hela skälet till att den här boken lånade namnet. En Carnotcykel återvänder exakt till sitt starttillstånd, varje gång. Ett helt varv förändrar ingenting inför nästa.

Carnot beskrev inte en motor någon kunde bygga. Han beskrev den ingen kunde överträffa.

Var motorn finns här

Den varma reservoaren är mänsklig efterfrågan i sig, brådskan att genomföra transaktioner och önskan att hålla något som bevarar sitt värde, som anländer utifrån och är likgiltig inför vad någonting kostar att producera. Den kalla reservoaren är produktionskostnaden, de joule en coin inte kan minas för mindre än. Allt motorn gör händer mellan dessa två.

Arbetsmediet mellan dem är hashrate, som sväller när värme kommer in och krymper när den lämnar. Arbetet som utvinns är inte coinen själv utan det coinen intygar: säkerhet, finalitet, ett register över vad som hände och när, betalt med energi ingen kan fejka.

Den mappningen avgör något boken har cirklat kring i flera kapitel. En Carnotmotors verkningsgrad beror på avståndet mellan dess två reservoarer och ingenting annat. Vidga gapet och mer arbete kommer ut. Stäng det och motorn stannar. Lönsamhetsgapet är det avståndet. Det är därför en botten inte är en sinnesstämning eller brist på mod. Det är en motor vid slutet av sitt slag, där efterfrågan har fallit för att möta produktionskostnaden och ingen temperaturskillnad återstår att arbeta över.

Idealiseringen gör nytta på ett andra sätt, och det är lätt att missa. Carnots motor är ett tak ingenting når, och det som skiljer varje verklig motor från den är friktion, värme som går någonstans utan att utföra arbete. Samma subtraktion gäller här. Ansträngning som läggs på block som förlorar kapplöpningen är friktion. Rewards som tunnas ut när de routas genom mellanhänder är friktion. Varje läcka som namngavs i slutet av Del ett är avståndet mellan ett nätverk och gränsen det arbetar mot.

Soundness får därmed en renare definition än något supply-schema någonsin skulle kunna ge. Ett sound nätverk är ett som kör nära taket. Ett mindre sound nätverk har samma delar ordnade på samma sätt och förlorar mer av arbetet på vägen ut. Ingen av dem är en annan maskin. Den ena befinner sig helt enkelt längre från gränsen än den andra.

KAPITEL TRETTON (B)

Spärrmekanismen som inte kan fungera

Den andra apparaten är den som misslyckas, och skälet till att den misslyckas är skälet till att den här inte gör det.

Ena halvan av namnet är redovisad. Den andra kommer från ett tankeexperiment byggt för att bevisa något omöjligt.

Vad Feynman beskrev

Den andra apparaten kräver större försiktighet, eftersom versionen de flesta känner till är den som misslyckas. Richard Feynman beskrev en skovel i ett bad, ryckande när molekyler träffar den från alla håll, som delar axel med ett tandat hjul som hålls av en spärrhake i ett annat. Det ser ut som om den borde vrida sig åt ett håll och låsa, och därmed omvandla slumpmässig rörelse till gratis riktat arbete.

Det gör den inte, och Feynman byggde den för att visa varför. Spärrhaken befinner sig i samma brus som allt annat. Utan energi som kontinuerligt används för att hålla den rigid lyfter den lika ofta som den håller fast, och hjulet driver ingenstans. Tankeexperimentet finns för att visa att riktad rörelse ur ren slumpmässighet är omöjlig. Det är en demonstration av misslyckande.

Det som kör i ett proof-of-work-nätverk är inte den apparaten. Det är den som fungerar, och skillnaden är hela skälet till att den här boken inte heter Carnot Local, Feynman Global. En Brownian ratchet är klassen av verkliga system som faktiskt omvandlar oriktade fluktuationer till ackumulerande framsteg, och de lyckas av ett oglamoröst skäl: något betalar, kontinuerligt, för att hålla asymmetrin rigid. Spärrhaken är inte gratis. Det har den aldrig varit.

Feynman byggde en spärrmekanism för att bevisa att den inte kan fungera gratis. Den här fungerar därför att den inte är gratis.

Namnge vad som betalar här och mekanismen slutar vara en metafor. Aktiv hashrate faller när priset faller, och kraftigt. Det som

inte händer är att maskinerna skrotas. De stängs av och ställs någonstans, kapacitet parkerad snarare än förstörd, i väntan på ett pris som motiverar elräkningen igen. De flesta coins som gick in i förvaring stannar också där, eftersom det inte ger någonting att flytta dem vid botten. Inget av detta är ett beslut någon fattar kollektivt. Båda är redan tagna kostnader som hindrar hjulet från att glida tillbaka, och båda fortsätter hålla bara så länge något fortsätter finansiera dem.

Var spärrmekanismen finns här

Skoveln, som rycker utan någon nettoriktning, är den lokala cykeln. Pris och hashrate går heta och kalla, expanderar och komprimeras och landar nära där de började efter varje varv, det till synes reversibla beteende som namnkapitlet redan testade.

Tänderna och spärrhaken är det som hindrar det ackumulerade arbetet från att rullas tillbaka. Maskiner som satts in under en het fas kan stängas av, och det gör de, men de blir inte obbyggda, och de som kommer tillbaka kommer tillbaka tillsammans med vad nästa fas än lade till. Issuance tunnas ut enligt ett schema och blir aldrig tjockare igen. Ansträngningen bakom en coin kan alltså falla medan kapacitet står oanvänd, men den återvänder inte till där den var innan fasen började.

En andra spärrhake går åt andra hållet, och att bara namnge den ena skulle beskriva apparaten fel. Vad en maskin förbrukar per enhet arbete tar ett steg nedåt varje gång en bättre maskin vinner på total kostnad, och inte heller det steget vänder. Två spärrmekanismer riktade mot varandra, båda låsta, och hjulet vrider sig åt det håll den starkare drar. Över hela varv har det varit uppåt: coins kostar mer arbete än de gjorde, trots att varje maskin som producerar dem blivit bättre.

De två temperaturerna är där analogin behöver försiktighet snarare än entusiasm. Det ena badet är marknaden, snabb och högljudd, rör sig på minuter. Det andra är tillverkningen av en bättre maskin, chipdesign och fabrication som rör sig enligt ett långsamt, avsiktligt

schema. Skillnaden i tempo är verklig och förklarar något specifikt: varför gränsen rör sig i steg i stället för att glida. Fabs levererar i generationer, så förbättringen anländer på en gång eller inte alls.

Vad det inte förklarar är varför rörelsen går åt ett håll, och det vore bekvämt att låtsas motsatsen. Feynmans spärrhake glider bakåt därför att termiskt brus kan lyfta den, och bara en temperaturskillnad hindrar det. Ingenting motsvarande hotar den här mekanismen. Ett chip som har byggts kan inte bli mindre kapabelt, oavsett tempo. Snabba upp fabs tills de matchar marknaden och gränsen skulle fortfarande bara sjunka, bara oftare.

Den här spärrmekanismen kan pausas. Den kan inte köras baklänges.

Likheten är alltså nära men inte exakt, och skillnaden skär åt båda håll. Jämfört med Feynmans apparat är den här säkrare, eftersom dess asymmetri sitter i fysiken snarare än i en upprätthållen gradient. Den är också skörare, eftersom det som kan gå fel inte är reversering utan att den upphör.

Feynmans två bad var oberoende. De här är det inte, och skillnaden sätter en gräns för hur länge spärrmekanismen fortsätter klicka. Ingen designar och fabricerar en bättre miningmaskin enligt ett schema. De gör det när avkastningen motiverar kostnaden för att försöka. Låt gapet vara stängt tillräckligt länge och nästa generation blir ofinansierad, inte därför att fysiken förbjuder den utan därför att siffrorna inte stöder den. Litografi har en vägg någonstans. Incitamentet har ingen vägg, bara ett borttonande. Avkastningen på att försöka igen tunnas ut tills det inte längre är värt någons tid, och det finns inget ögonblick någon kan peka på och kalla slutet. Hjulet stannar inte så mycket som saktar ned bortom vad man märker, och det håller sig där det kom tills en marknad het nog att finansiera ett nytt försök dyker upp.

KAPITEL FJORTON

Vad som fortfarande är öppet

Inte allt här förtjänade sin plats på samma sätt. En del testades mot händelser. En del har ännu inte hänt.

En bok byggd på det här sättet är skyldig läsaren en tydlig linje mellan det som har kontrollerats och det som bara har resonerats fram. Det mesta som kom före hör hemma på den första sidan. Några saker hör hemma på den andra, och de bör namnges i stället för att lämnas att flyta ihop med allt som bekräftats.

Fee-mekanismen är sound. Den har inte varit ihållande.

Det centrala påståendet i Del tre, att en fee sänker energin bakom varje coin en minare till slut håller och delvis konkurreras bort när hashrate anländer, följer av mekanismer som testats på andra ställen i boken. Joulegränsen, en maskins effektivitet, är inte vad något av detta rör. Resonemanget håller. Vad som inte har inträffat, åtminstone inte under någon ihållande sträcka, är en fee-spik stor nog att testa påståendet i skala. Varje nätverk som används här har haft fees små i förhållande till issuance under hela sin historia. Mekanismen är sound. Den förblir också, ärligt talat, till största delen teoretisk.

En sound mekanism och en observerad mekanism är inte samma påstående. Den här boken har erbjudit det första. Den kan ännu inte erbjuda det andra.

Hur fees omfördelar är fortfarande en öppen fråga

Den här boken visade hur fees sänker energin bakom varje coin en minare till slut håller, och hur de med tiden konkurreras bort som varje annat lönsamhetsgap. Den räknade aldrig ut den djupare

frågan om hur ihållande fee-intäkter bör fördelas när de blivit stora nog att spela roll, om någon andel bör jämnas ut över tid i stället för att betalas ut block för block, och vad det skulle göra med minarnas inkomststabilitet. En öppen designfråga, inte en avgjord sådan, och boken lämnar den där den fann den.

Ett strukturellt påstående, ännu inte ett historiskt

En gräns förtjänar att sägas rakt ut, och den ligger på mekanismens nedåtgående halva. Joulegränsen tar steg nedåt bara så länge någon är villig att betala för att nästa maskin ska existera. Den viljan är inte garanterad och inte schemalagd. Den beror på en avkastning som en lång, platt marknad kan utplåna helt, och när den gör det håller spärrmekanismen sin position i stället för att avancera. Ingenting som redan vunnits kommer tillbaka, så riktningen överlever, men en stillastående gräns betyder också att de två rörelserna slutar motverka varandra och kostnaden för en coin stiger snabbare så länge det varar. Om det fysiska taket eller det ekonomiska binder hårdast under de kommande årtiondena är en levande fråga som den här boken inte besvarar.

En andra öppen fråga är ännu större: om överlämningen fullbordas, vilket är aritmetik som möter en deadline. Issuance faller enligt ett schema ingen kan ändra. Fee-intäkter stiger bara så snabbt som ett nätverk börjar användas. Ingenting garanterar att den andra går om den första innan den första når noll, och inget resonemang avgör om den kommer göra det. Ribban finns. Ingenting här bevisar att den inte går att klara.

Det finns ett motargument som mekanismen själv levererar, och det förtjänar att sägas även om ingenting har testat det. Frågan ställs vanligtvis i coins: kan fee-intäkter nå det antal coins som issuance brukade betala? Det kan vara fel nämnare. Det som köper mining är inte ett antal coins utan vad de coinsen kan köpa, och samma uttunning av issuance som krymper antalet tunnar också ut det supply som finns tillgängligt för köpare. Mot ihållande efterfrågan betyder färre coins till försäljning att varje coin kan köpa mer.

Om det håller kan budgeten gå ihop med ett mycket mindre antal fee-coins än en coin-för-coin-ersättning antyder. Den vanliga inramningen, där fees måste nå någon procentandel av hela stocken, frågar då efter en storhet mekanismen inte har någon anledning att bry sig om. Frågan värd att ställa är vad en marginell fee köper i verkligt arbete, inte vilken andel av coinsen den representerar.

Uttryckt i full styrka skulle det vara ett jämviktpåstående om ett tillstånd ingen har observerat, vilket är varför det ligger här i stället för i fee-kapitlet. Det beror också på samma efterfrågegolv som namnges nedan. Tunnare supply höjer priset bara där någon fortfarande bjuder.

Två villkor som det uppgående påståendet vilar på

Argumentet att en coin blir svårare att producera över tid bär två antaganden, och båda förtjänar att sägas snarare än absorberas.

Det första är att ett golv av efterfrågan består. Någon mängd köpare som inte lämnar, oavsett vad priset gör, av vilket skäl som helst. Ovanför någon nivå av adoption verkar det säkert att anta, och under den löses hela argumentet upp, eftersom tunnare supply mot ingenting inte är ett gap. Var den nivån ligger, och om ett givet nätverk har passerat den, är inget den här boken kan mäta.

Det andra är ett lopp vars utfall bara är känt hittills. Varje gap är mindre än det föregående, så stegen uppåt krymper.

Effektivitetsvinsterna krymper också, begränsade av fysiken i ena änden och av om någon finansierar nästa generation i den andra. Båda storheterna avtar, och vilken som avtar snabbast avgör om kostnaden för att producera en coin fortsätter stiga eller till slut vänder.

Inte som hittills observerats antyder att vändningen har skett. Det är inte samma sak som att visa att den inte kan ske, och den ärliga positionen är att riktningen har hållit så länge någon har kunnat observera den, över en tidsrymd kort nog för att en rimlig person skulle kunna kalla den tidig.

Varför detta spelar större roll än det först kan verka

Allt som kom före överlever detta. En mekanism som resonerats fram korrekt ur testade delar har värde innan händelsen den beskriver inträffar. Alternativet, att vänta tills varje påstående har observerats i skala innan något av det skrivs ned, innebär att bara skriva om saker som redan har hänt färdigt.

Det viktiga är att vägra sudda ut skillnaden. Den som avslutar den här boken bör veta vilka påståenden som vilar på händelser som inträffat och vilka som vilar på resonemang om händelser som ännu inte berört dem. Båda har värde. Bara det ena förtjänar att kallas avgjort.

Avslutning

Den här boken öppnade innan pris existerade, när maskiner körde och ingenting prissatte dem, och avslutade med att testa sitt namn mot allt som byggts däremellan. Namnet höll. Mekanismen det namnger, snabb och reversibel på nära håll, långsam och enkelriktad på avstånd, är allt den satte sig för att visa.

Det som fortfarande är oavgjort namnges tydligt, inte som en svaghet, utan som den ärliga kanten av det som har kontrollerats.