FORSKNINGSNOTAT · OFFENTLIG UTGAVE

2026 · 11



BEVIS PÅ NYTTIG ARBEID · KRYPTO × SILISIUM

Regnekraft som konsensus

KI × krypto × brikker i 2026, med utgangspunkt i Pearls bevis på nyttig arbeid

Pearl · Nyttig arbeid · DePIN og agenter · ASIC-økonomi · Prosessnoder · Trinnvise budsjetter

KONKLUSJONEN

Pearl beviser at matrisemultiplikasjon kan sikre en blokkjede, men ennå ikke at arbeidet er nyttig. På tvers av KI × krypto finnes den betalte etterspørselen i inferens, data og personvern, og en ASIC lønner seg bare der potten er stor, reglene er stabile og brikken har et andremarked.

Tan Shuai

Teknolog og gründer · KI-forsker og -utvikler

tanshuai.com · i@tanshuai.com

Data per 13. november 2026

Beløp i amerikanske dollar

INNHOLD

Innhold

◆ **Sammendrag** — Teoremet holder, insentivet gjør det ikke — 04

01 **Omfang og metode** — Omfang, metode og fire tester — 07

02 **Pearl · mekanismen** — Pearl: matrisemultiplikasjon som konsensus — 08

03 **Pearl · økonomien** — Pearl: skala, utstedelse og nyttegapet — 10

04 **Pearl · reglene** — Pearl: regelrisiko, numerikk og styring — 12

05 **Kjeder med nyttig arbeid** — Kjeder med nyttig arbeid: verken matriser eller nullkunnskap stopper ASIC-er — 13

06 **Det bredere landskapet** — Resten av KI × krypto: reell, men liten etterspørsel, og verdi som flytter til aksjer — 16

07 **ASIC-økonomi** — ASIC-spørsmålet: én formel, tre målestokker — 18

08 **Brikke for brikke** — Fem brikketyper, fem svar — 21

09 **Prosessnoder** — Prosessnoder: la den største livstidskostnaden velge — 24

10 **Et trinnvis budsjett** — Fra modell til silisium: et trinnvis budsjett for en første brikke — 28

11 **Muligheter** — Hvor mulighetene er, og hva jeg ville gjort — 30

12 **Signaler å følge** — Hva å følge med på, november 2026 til 2027 — 32

13 **Spørsmål å stille** — Spørsmål du ikke stilte, men burde ha stilt — 33

◆ **Om forfatteren** — Tan Shuai — 34

◆ **Kilder** — 35

FIGURER

Figurer

FIG. 01	KI × krypto i seks sektorer: hvor betalt etterspørsel er reell	06
FIG. 02	På Pearls heltallsarbeid deler GPU-er et energitak	09
FIG. 03	Pearls første seks måneder: hashrate følger pris, reglene endres stadig	11
FIG. 04	Subsidiemultippelen: hvor mange ganger ekstern inntekt et nettverk betaler	15
FIG. 05	Hvorfor effektivitet slutter å lønne seg: en ASIC beholder høyst 1 − 1/k av inntekten	19
FIG. 06	De fleste potter er mindre enn ett brikkedesignbudsjett	20
FIG. 07	Fem brikketyper, fem svar	24
FIG. 08	En wafer i fremste node koster ti ganger en moden	25
FIG. 09	Kjøp bevis før masker: et trinnvis budsjett for en første brikke	28

Merker i teksten

- **estimat** forfatterens beregning eller slutning ut fra siterte data
- **leverandørpåstand** publisert av selskapet som selger produktet, ikke uavhengig verifisert
- **analyse** forfatterens tolkning av datagrunnlaget

Dette er en oversettelse av den engelske utgaven; ved avvik gjelder den engelske utgaven.

Data per 13. november 2026 · Beløp i amerikanske dollar

SAMMENDRAG

Teoremet holder, insentivet gjør det ikke

KONKLUSJONEN

Pearl viser at «regnekraft som konsensus» virker som ingeniørkunst, men ennå ikke at det er nyttig.

≈90 EH/s
Pearls nettverk 13. november 2026, der én H er én INT7-multipliser-akkumuler

≈1 %
av Pearls blokker bærer reelt KI-arbeid (Blockworks, 28. oktober 2026)

≈70 mill. USD
i året i verifiserbar ekstern inntekt hos Bittensor, mot over 300 millioner dollar i utstedelse

175–180×
Aleos prover-belønninger mot gebyrene i tredje kvartal 2025

R × (1 – 1/k)
fortjenestetaket for en ASIC som er k ganger billigere enn den marginale utvinneren estimat

≈1,5 mill. USD
for å nå målt silisium på N7 gjennom en modell, en FPGA og en MPW, før et maskesett til ≈3,5 mill. USD estimat

Pearl

13. november 2026 kjørte Pearls nettverk med om lag 90 EH/s. I konsensuskoden er én «hash» én heltalls multipliser-akkumuler, så nettverket tilsvarer heltallsgjennomstrømningen til om lag 122 000 H100. Likevel bærer bare om lag 1 % av blokkene reelt KI-arbeid, og det ene offentlige inferenspartnerskapet tilbys ikke lenger på leverandørens serverløse API. Årsaken er økonomisk, ikke kryptografisk: en GPU som utvinner mens den serverer inferens, oppnår bare om lag 1 % til 27 % av hashraten til en dedikert utvinner, så rasjonelle utvinnere multipliserer tilfeldige matriser.

Betalt etterspørsel

På tvers av KI × krypto viser betalt etterspørsel som kan verifiseres, seg tre steder: salg av inferens, salg av data og salg av personvern. Bittensors verifiserbare eksterne inntekt er om lag 70 millioner dollar i året, om lag fire femtedeler av den fra subnett for regnekraft og infrastruktur. Grass oppgir 17 millioner dollar i datainntekt i første halvår 2026. Konfidensiell inferens i klarerte kjøremiljøer er i drift. Til sammenligning utgjør betalinger som faktisk er startet av KI-agenter, om lag 5 000–11 000 dollar i måneden, og zkML og desentralisert trening har ennå ingen oppgitt betalende etterspørsel.

Subsidie og verdi

Subsidiemultippelen er den ærligste helsesjekken. Aleos prover-belønninger var om lag 175–180 ganger gebyrene; Bittensors utstedelse er om lag 4–11 ganger den verifiserbare inntekten; Renders markedsverdi er om lag 360 ganger gebyrene på kjeden; og Pearls utvinnerinntekt på rundt 460 millioner dollar i året er for det meste blokksubsidie, nesten uten forbindelse til betalt KI-etterspørsel. Subsidier er drivstoff for en kaldstart, ikke en forretningsmodell. Samtidig flytter verdien fra tokener til aksjer: fire aksjeselskaper som bruker sentralisert infrastruktur og kryptonativ distribusjon, er verdsatt til om lag 8,5 milliarder dollar, omtrent det samme som KI-tokenene på protokoll- og applikasjonslaget til sammen.

ASIC-er

For brikker er fortjenestetaket til en ASIC omtrent inntekten per regneenhet ganger (1 − 1/k), der k er hvor mange ganger billigere den er enn den marginale maskinvaren. Fordi leddet er konkavt, gir effektivitet utover k = 5–10 nesten ingen ekstra fortjeneste; det som avgjør utfallet, er størrelsen på potten, hvor lenge reglene varer og om brikken har et andremarked. Mine svar etter brikketype: ta ikke tape-out av en dedikert INT7-brikke for Pearl nå, men sats heller på en inferensakselerator som også kan utvinne; hold deg unna det åpne markedet for bitcoin-utvinnere som nykommer; bygg ikke en frittstående treningsbrikke som lite team; bygg inferensbrikker når en kunde er signert; sikre deg med ZK-akseleratorer og posisjoner deg tidlig innen FHE.

Noder og budsjetter

Prosessnoden bør velges etter den største posten i brikkens livstidskostnad: energi for brikker som går døgnet rundt, pakking og minne for treningsbrikker, valget mellom SRAM og HBM for inferensbrikker. Og en første brikke bør kjøpes trinnvis, en modell, en FPGA, en flerprosjektwafer og først deretter et maskesett, slik at en endring i protokollen koster prisen for en prototyp i stedet for en tape-out. Mulighetene ligger der feltene krysser hverandre: krypto som første kunde, KI som andremarked.

Spørsmål	Vurdering	Sentrale tall (kilder i kapitlene)
① **Virker Pearl, og er arbeidet nyttig?**	Det virker: en blokkjede sikret av matrisemultiplikasjon i stor skala. Ennå ikke nyttig: nesten all utvinning skjer på tilfeldige matriser	Om lag 90 EH/s 13. november 2026; 1 H = 1 INT7-multipliser-akkumuler; om lag 1 % av blokkene med KI-arbeid
② **Hvor er den reelle betalte etterspørselen innen KI × krypto?**	Inferens, data og personvern. Agentbetalinger, zkML og desentralisert trening er fortsatt før etterspørsel	Bittensor om lag 70 millioner dollar i året i verifiserbar inntekt; Grass 17 millioner dollar i 1. halvår 2026; agentbetalinger om lag 5 000–11 000 dollar i måneden
③ **Er en ASIC verdt å bygge?**	Bare der potten er stor, reglene er stabile og brikken har et andremarked. I dag tilbyr intet nettverk alle tre	Fortjenestetak ≈ R × (1 − 1/k); bitcoin om lag 11,5 milliarder dollar i året i utvinnerinntekt, Pearl om lag 0,46–0,49 milliarder, Kaspa om lag 18 millioner
④ **Hvilke brikker bør et lite team bygge?**	Inferensakseleratorer som også kan utvinne; inferensbrikker for en signert kunde; tidlig FHE-arbeid. Ikke bitcoin-utvinnere for det åpne markedet eller treningsbrikker	Kaspas beste ASIC tjener 0,86 dollar om dagen; designbudsjetter på 3/2 nm 60–400 millioner dollar eller mer
⑤ **Hvilken prosessnode?**	Den største livstidskostnaden avgjør: energi, pakking og minne, eller minnearkitekturen	TSMC N2 om lag 30 000 dollar per wafer mot om lag 3 000 dollar for N28; HBM og CoWoS om lag 63 % av kostnaden for en H100
⑥ **Hva koster en første brikke, og hvordan bør den kjøpes?**	I fire trinn: en modell, en FPGA, en flerprosjektwafer, så masker. Stopp før masker hvis reglene eller kjøperen ikke er avklart	En kommersiell MPW-plass 50 000–500 000 dollar; N7-masker om lag 3,5 millioner dollar; et designbudsjett på 7/6 nm 15–100 millioner dollar

FIG. 01 **KI × krypto i seks sektorer: hvor betalt etterspørsel er reell**

Verifiserbar betalt etterspørsel mot subsidie- og verdsettelsessignaler, november 2026

Kjeder med nyttig arbeid 01

REELT, MEN LITE

≈70 mill. USD i året

Bittensors verifiserbare eksterne inntekt

Signal: utstedelse 4–11× inntekt; Pearl ≈1 % KI-blokker

Mekanismene virker; nytten trenger betalere

Desentralisert regnekraft 02

REELT, MEN LITE

2,35 mill. USD i året

Renders gebyrer på kjeden, de største verifiserbare

Signal: markedsverdi ≈360× gebyrer

Mest videresalg av standard inferens

Trening og inferens 03

GEVINST I AKSJER

100+ mill. USD i året

Prime Intellect, et aksjeselskap på sentraliserte GPU-er

Signal: Gensyns trenings-mainnet ikke i drift

Fremgangen er reell; gevinsten går til aksjene

Verifiserbar KI 04

TIDLIG

398

betalende brukere av Phalas TEE-sky, utgangen av 2025

Signal: ingen oppgitt betalt zkML

TEE-er i drift; zkML tidlig

Agentbetalinger 05

FØR ETTERSPØRSEL

5–11k USD i måneden

x402-betalinger faktisk startet av agenter

Signal: ≈200 mill. transaksjoner, mest signalering

Skinnene kom først; etterspørselen ikke

Datanettverk 06

REELLE KJØPERE

17 mill. USD

Grass' datainntekt, første halvår 2026 (egenrapportert)

Signal: markedsverdi ≈10× årlig inntekt

En av få sektorer med reelle kjøpere

Kilde: DefiLlama, SubConnect (via hoge.gg), TRM Labs, Phala, Dealroom, SiliconANGLE, CoinGecko, Blockworks; forfatterens sammenstilling.

KAPITTEL 01

01 OMFANG OG METODE
Omfang, metode og fire tester

Hvorfor denne rapporten, og hvorfor nå

I april 2026 satte en ny blokkjede, Pearl, en gammel idé i produksjon: la utvinnerne konkurrere om blokker ved å utføre matrisemultiplikasjonene som KI kjører på, i stedet for å hashe. Innen seks måneder nådde nettverket om lag 90 EH/s og tokenet en markedsverdi på om lag 500 millioner dollar. Samtidig hentet markedsplasser for KI-regnekraft, nettverk for desentralisert trening, betalingsskinner for agenter og datanettverk inn milliarder, og bitcoin-utvinnere begynte å bygge om kraftlokasjonene sine til KI-datasentre. Jeg ville vite hvilke av disse som har reelle kunder, om spesialsilisium gir mening noe sted blant dem, og hvilken prosessnode og hvilket støperi et brikketeam faktisk kan bruke.

Fire tester for ethvert KI × krypto-prosjekt

En sikkerhetsstudie av Gridcoin fra 2017 hevdet at nyttig beregning bare kan sikre en blokkjede hvis den er vanskelig å løse, lett å verifisere og lett å belønne. Jeg legger til en fjerde test. Til sammen avgjør de det meste av det som følger.

01 **Vanskelig å løse.** Ærlig beregning må være den billigste måten å lage et gyldig bevis på; det må ikke finnes noen snarvei.

02 **Lett å verifisere.** Å kontrollere arbeidet må koste langt mindre enn å utføre det, ellers betaler nettverket to ganger.

03 **Lett å belønne.** Protokollen må kunne beregne belønningen ut fra beviset alene, uten å stole på en tredjepart.

04 **Noen betaler for resultatet.** Med mindre en kunde utenfor nettverket betaler for resultatet, er det «nyttige» arbeidet en subsidie med en fortelling.

Hash-puslespill består de tre første testene og stryker på den fjerde. Reelle KI-oppgaver består den fjerde, men stryker på den andre: å bevise en KI-beregning med nullkunnskap koster 100 til 10 000 ganger selve beregningen, og det er vist at ordninger for bevis på læring kan forfalskes billig. Pearls støyfylte matrisemultiplikasjon er den første troverdige broen som består verifiseringstesten og samtidig har samme form som KI-regnekraft.

Hvordan jeg arbeidet

Dette er skrivebordsforskning, gjort slik jeg ville gjennomgått en brikke eller en forretningsplan. Jeg leste Pearls kode, protokollforslag og hvitbok; kjededata fra en uavhengig fullnode; selskapsrapporter og resultatmeldinger; artikler fra kryptografi, datamaskinarkitektur og maskinlæring; prisdata fra støperier og leverandører; og fag- og teknologipresse. Hvert tall har dato. Der jeg selv utleder et tall, sier jeg det og merker det estimat. Tall som bare selgeren oppgir, er merket leverandørpåstand; min tolkning av datagrunnlaget er merket analyse. Beløp er i amerikanske dollar. Status er per 13. november 2026.

KAPITTEL 02

02

PEARL · MEKANISMEN

Pearl: matrisemultiplikasjon som konsensus

Ideen, fra teorem til mainnet

I april 2025 publiserte Ilan Komargodski og Omri Weinstein «Proofs of Useful Work from Arbitrary Matrix Multiplication». De konstruerer et bevis på nyttig arbeid for ethvert matriseprodukt med en overhead på bare 1 + o(1) ganger en naiv multiplikasjon; sikkerheten hviler på hvor vanskelig det er å løse grupper av tilfeldige lineære ligninger med lav rang, som er en antakelse, ikke et bevis. Artikkelen navngir feltets reelle vanskelighet: et bevis på nyttig arbeid med en overhead på en konstant faktor er trivielt, men ubrukelig; det vanskelige er å sørge for at ærlig beregning forblir den billigste måten å vinne på når utvinnerne velger sine egne inndata.

Pearls mainnet startet 27. april 2026 kl. 09:00 UTC. Utvinnere beregner et støyfylt produkt (A + E)(B + F), der støyen med lav rang er avledet fra en BLAKE3-forpliktelse, og fjerner så støyen for å få tilbake A·B. Akkumulatortilstanden til hver utdataflis hashes til en lottokupong; en vinnende flis åpnes og bevises med et rekursivt Plonky2-nullkunnskapsbevis på under 60 KB, inne i et blokksertifikat med tak på 65 KB. Verifiseringen er et lite bevis med konstant størrelse, uavhengig av matrisestørrelsen: like billig å kontrollere som et hash-puslespill, mens selve beregningen kan være nyttig.

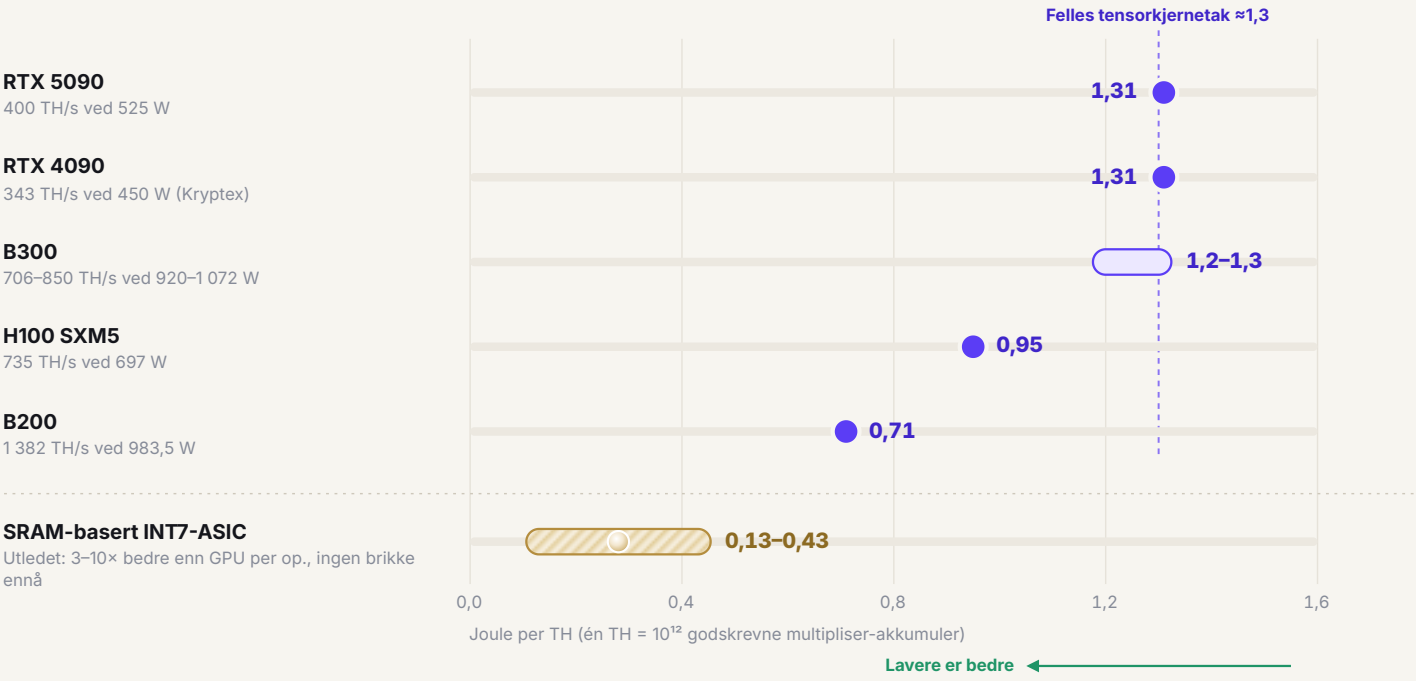
Én multipliser-akkumuler er én «hash»

For en brikkedesigner er enheten det viktigste faktumet. Pearls konsensuskode skalerer målet for hvert forsøk med flisstørrelsen ganger lengden på prikkproduktet, så **1 H er nøyaktig én godskrevet INT7 × INT7 → INT32-multipliser-akkumuler (MAC)**. Siden blokk 96 251 krever en rangstraff en støyrang på minst 128; ved minste rang er 1 H fortsatt lik 1 MAC. Pearls «EH/s» betyr derfor bokstavelig talt 10^18 heltalls multipliser-akkumuler per sekund: **for første gang er en blokkjedes sikkerhetsbudsjett priset i tensorgjennomstrømningen til KI-akseleratorer.** Målte GPU-hashrater ligger på 60 % til 95 % av hvert korts tette INT8-toppytelse for multipliser-akkumuler, noe som stemmer med denne lesningen.

Maskinvare	Pearl-hashrate	Effekt	Joule per billion MAC (J/TH)	Kilde (dato)
RTX 5090	400 TH/s	525 W	1,31 estimat	Kryptex (12. november)
RTX 4090	om lag 305 TH/s (miljøets intervall 280–330); Kryptex oppgir 343 TH/s	450 W (Kryptex)	1,31 (Kryptex-tall) estimat	prlstats (3. oktober); Kryptex
H100 SXM5	735 TH/s	697 W	0,95 estimat	PeakMiner, via prlstats (19. september)
B200	1,382 PH/s	983,5 W	0,71 estimat	PeakMiner, via prlstats
B300	706–850 TH/s	920–1 072 W	1,2–1,3 estimat	prlstats; SimeonOnSecurity

FIG. 02 **På Pearls heltallsarbeid deler GPU-er et energitak**

Joule per billion INT7-multipliser-akkumuler (J/TH) ved målt Pearl-hashrate; lavere er bedre



Kilde: Kryptex (12. november 2026); PeakMiner- og SRBMiner-målinger via prlstats; SimeonOnSecurity; ASIC-intervallet er forfatterens slutning, ikke en måling.

To detaljer i tabellen betyr noe for brikkedesignere. For det første konvergerer forbrukerkortene RTX 4090 og 5090 og datasenterbrikken B300 mot om lag 1,3 J/TH, og selv det beste kortet, B200, når bare om lag 0,71 J/TH. En datasenter-GPU som koster titusenvis av dollar, bruker nesten like mye energi per heltalls multipliser-akkumuler som et spillkort, noe som peker mot et felles tak for tensorkjernenes energi per INT8-MAC, og det taket er nettopp det en dedikert brikke kunne bryte. For det andre er B300 tregere enn B200: NVIDIA kuttet INT8-gjennomstrømningen kraftig i Blackwell Ultra, så heltallsarbeidet må ta en langsommere vei på den brikken. Ledende KI-silisium beveger seg bort fra INT8 mot FP8 og FP4. Når tallformatet en konsensus velger, spriker fra der maskinvaren er på vei, tvinges protokollen til å endre reglene, og det er roten til FP8-forken og til min ASIC-vurdering senere i rapporten.

KAPITTEL 03

03

PEARL · ØKONOMIEN

Pearl: skala, utstedelse og nyttegapet

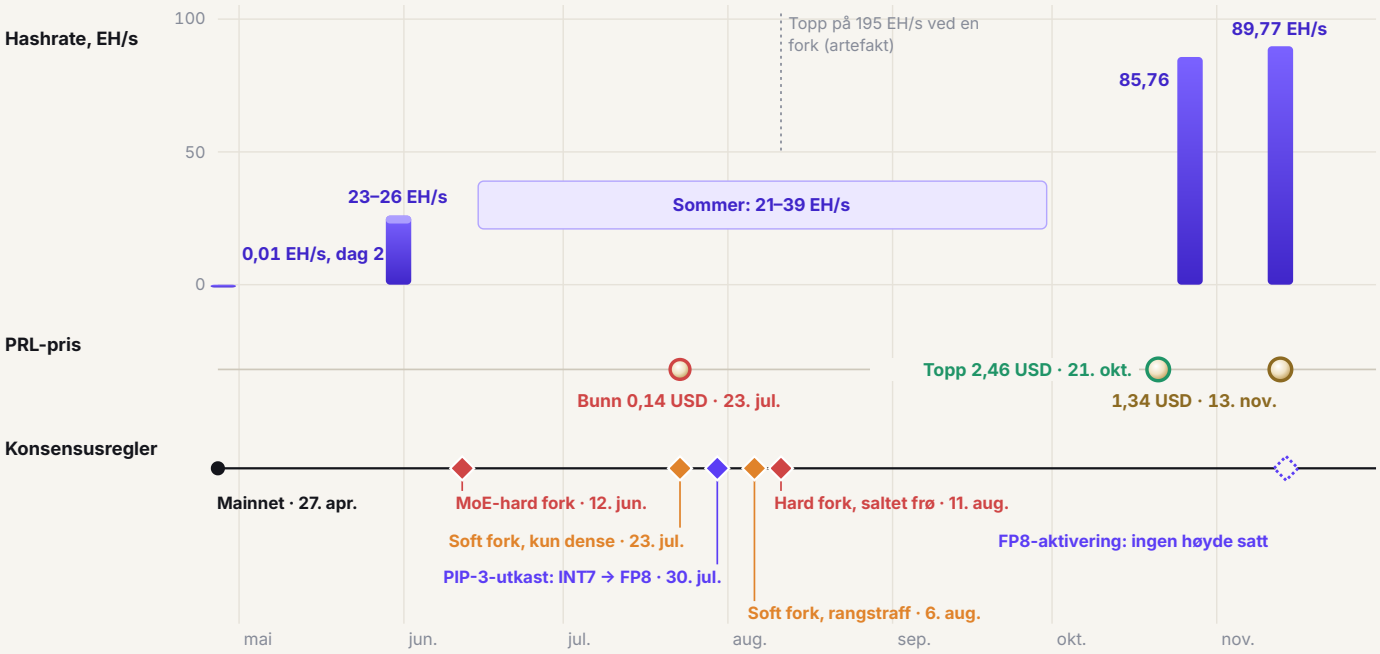
Fra 0,01 til 90 EH/s på seks måneder

Måltall	Verdi (13. november 2026)	Grunnlag og kilde
Nettverkets hashrate	Om lag 90 EH/s (grunnlinje 89,77; intervall samme dag 88,20–93,22; dagstopp 12. november på 110–123)	Uavhengig fullnode prlstats; Kryptex
Vanskelighetsgrad og blokkhøyde	58 841 982 og 142 530	prlstats
Tilsvarende maskinvare	Om lag 122 000 H100 eller 225 000 RTX 5090	Ved 735 og 400 TH/s per kort estimat
Pris, markedsverdi og fullt utvannet verdi	1,32–1,34 dollar; om lag 500 millioner dollar; om lag 2,8 milliarder dollar (CoinGecko-rangering 101)	CoinGecko
Høyeste og laveste kurs noensinne	2,46 dollar (21. oktober) og 0,1399 dollar (23. juli)	CoinGecko
Utvunnede mynter	377,6 millioner PRL, 17,98 % av taket på 2,1 milliarder	prlstats
Blokksubsidie og daglig utstedelse	Om lag 2 173 PRL og om lag 0,97–1,03 millioner PRL	prlstats; Kryptex
Nytt tilbud de neste 12 månedene	Om lag 78 % av dagens tilbud	prlstats
Utvinnerinntekt	Om lag 1,25 millioner dollar om dagen (modell), om lag 460 millioner dollar i året	prlstats
Inntekt per enhet hashrate, R	Om lag 14–15 dollar per PH/s per dag; et RTX 5090 tjener om lag 5–6 dollar om dagen	estimat; Kryptex
Blokker med reelt KI-arbeid	Om lag 1 % (estimat fra 28. oktober)	Blockworks
Konsentrasjon i utvinningsgrupper	Kryptex fant 46,4 % av blokkene siste 24 timer; de to største gruppene om lag 62 %	prlstats
Konsentrasjon blant innehavere	Gini-koeffisient for adresser 0,969; de 100 største adressene har 53,0 %	prlstats

Pearls hashrate er nær en etterslepende funksjon av prisen. Dagen etter lanseringen kjørte nettverket med om lag 0,01 EH/s; ved utgangen av mai nådde det 23–26 EH/s. Gjennom sommeren falt prisen om lag 86 % fra mai-toppen, og hashraten beveget seg sidelengs på 21–39 EH/s. Etter at prisen steg om lag tidobbelt i september og oktober, nådde hashraten 85,76 EH/s 27. oktober og om lag 90 EH/s i november. En topp på 195 EH/s 11. august falt sammen med en fork og bør leses som en estimeringsartefakt. Energibruken vokste med: én studie anslo om lag 112 MW for hele nettverket ved 24 EH/s, og en modell fra prlstats setter den til om lag 190–215 MW i dag.

FIG. 03 **Pearls første seks måneder: hashrate følger pris, reglene endres stadig**

Nettverkets hashrate, tre prismerker og hver konsensusendring, 27. april til 13. november 2026



Kilde: prlstats fullnode og serier; Kryptex; CoinGecko; Pearls params.go og PIP-3. Toppen 11. august er en estimeringsartefakt ved en fork.

Utstedelsen forsterker refleksiviteten

Tilbudstaket er 2,1 milliarder mynter, og det finnes ingen halveringer: blokksubsidien synker jevnt som E(t) = S·H / ((t + H)(t + H − 1)) med H = 650 226. Men utstedelsen telles i blokker, ikke i tid, og den tidlige vanskelighetsgraden startet for lavt og justerte seg langsomt. **Om lag 44,06 millioner mynter ble utvunnet første dag og om lag 120 millioner de første seks dagene**, om lag 32 % av dagens tilbud estimat. Nylige blokker, på om lag 171–183 sekunder, kommer fortsatt raskere enn målet på 194 sekunder. Resultatet er at tilbudet vil vokse med om lag 78 % de neste 12 månedene, en utvanning som utvinnere, maskinvareprodusenter og innehavere alle må forholde seg til.

Utvinnerøkonomien følger av dette. Utvinnerinntekten for hele nettverket er om lag 1,25 millioner dollar om dagen (modell); Kryptex' daglige utstedelse ganger dagens pris gir om lag 1,35 millioner dollar om dagen, så **inntekten per enhet hashrate R ≈ 14–15 dollar per PH/s per dag** estimat. Et RTX 5090 tjener om lag 5–6 dollar om dagen. En H100 eller H200 tjener om lag 11 dollar, mens den billigste offentlige leien på forespørsel er om lag 2,09 dollar per kort i timen, om lag 50 dollar om dagen, så å leie kort bare for å utvinne gir store tap. R svinger kraftig: ifølge prlstats-serien var den om lag 10 dollar i august og september og kortvarig om lag 33 dollar i midten av oktober estimat. Innen få uker etter lanseringen ble den estimerte daglige inntekten til et RTX 5090 halvert, fra om lag 33,80 dollar til om lag 17,19 dollar. Å leie GPU-er i skyen for å utvinne lønte seg bare de første ukene og under pristoppen i oktober.

Teoremet holder; insentivet gjør det ikke

Det reelle problemet er etterspørsel, ikke kryptografi. Pearls eneste offentlige kommersielle integrasjon er et Gemma-4-31B-it-pearl-endepunkt fra Together AI, lansert 15. mai til over 25 % under vanlig pris, med rabatten finansiert av den forventede fremtidige verdien av utstedelsen. 13. november viste modellsiden at det **ikke er tilgjengelig på Togethers serverløse API**. I juni konkluderte en opptelling av 8 012 utvinningsinstanser på nett, om lag 21 % av nettverket, med at nettverket ikke produserte noen nyttig KI-beregning i det hele tatt (forfatteren kal-

ler bevisene antydende, ikke avgjørende), og viste at shares bygd av rent tilfeldige matriser ble akseptert av utvinningsgruppene. 28. oktober anslo Blockworks at **bare om lag 1 % av blokkene bærer reelt KI-arbeid**; uten det, skrev de, er Pearl en mindre, mindre sikker bitcoin med raskere inflasjon.

Årsaken kan regnes ut. Overheaden på inferenssiden er virkelig liten: Pearl oppgir en økning på 5,08 % i ende-til-ende-tid for Llama 70B på fire H200, og en uavhengig test målte et tap av gjennomstrømning på 9,2 % på én Hopper-GPU. Utvinningssiden tjener for lite. Det offisielle vLLM-tillegget utvinner bare på prefill-batcher på minst 1 024 token og aldri på dekodingssteg. Et kort som serverer inferens, får om lag 27 % av hashraten til en dedikert utvinner på ren prefill-trafikk, om lag 5,4 % på en chat-blanding som er 80 % dekoding, og bare om lag 1 % på trafikk dominert av dekoding. Uten betalt etterspørsel etter inferens multipliserer en rasjonell utvinner tilfeldige matriser; protokollen verifiserer at de forpliktede matrisene ble multiplisert ærlig, ikke om de var nyttige. **Teoremet holder; insentivet gjør det ikke.** Pearls nytte er et kommersielt problem utenfor kjeden: noen må betale for inferens.

KAPITTEL 04

04 PEARL · REGLENE
Pearl: regelrisiko, numerikk og styring

Fire forker på to måneder

Den andre siden ved Pearl er hvor raskt reglene endres. Fra juni til august 2026 presset laben gjennom fire konsensusendringer ved hardkodede høyder: en mixture-of-experts-hard fork (blokk 71 935, om lag 12. juni), en soft fork for kun dense (91 630, om lag 23. juli), en soft fork med rangstraff (96 251, om lag 6. august) og en hard fork med saltet frø (99 000, om lag 11. august). Etter forken med saltet frø kunne gamle utvinnere bare produsere ugyldige shares; rangstraffen kuttet den effektive hashraten til konfigurasjoner med høy rang med 50 % til 87,5 %.

Neste steg er PIP-3, fortsatt et utkast: det flytter utvinningen fra INT7 til FP8 × FP8 → FP32 og krever bitnøyaktige enhetsprofiler, **med støtte for bare to arkitekturer, Hopper og Blackwell**. Dokumentet kaller maskinvareavhengighet et nødvendig onde ved flyttallsprotokoller og advarer om at enhver toleranse i verifiseringen innbyr til grinding-angrep. 12. november satte mainnet-parameterne i fp8-scheme-grenen ingen aktiveringshøyde. Under det nåværende utkastet slippes ikke RTX 40-serien, A100 og AMD-kort inn, mens en prlstats-modell med lav sikkerhet anslår at om lag 82 % av hashraten kommer fra forbrukerkort. Å tvinge gjennom forken risikerer en splittelse av kjeden eller et tilbakeslag fra utvinnerne.

Et trilemma for tallformater

Pearl står overfor et trilemma: et tallformat kan være nyttig for KI (FP8 eller FP4), bitnøyaktig verifiserbart på tvers av maskinvare og maskinvarenøytralt, men høyst to av de tre. INT7-ordningen er verifiserbar og nøytral, men spriker fra der KI-silisium er på vei. FP8 med en hviteliste er nyttig og verifiserbar, men binder konsensus til én leverandør. FP8 med en toleranse er nyttig og nøytral, men åpner døren for grinding-angrep. Flyttallsaritmetikk i tensorkjerner følger generelt ingen numerisk standard og er ikke reproduserbar på tvers av generasjoner; på Hopper beholder for eksempel FP8-akkumulering bare 13 brøkbit og kutter av. Fra en brikkedesigners ståsted er en «Hopper-profil» en fullt bestemt aritmetikk som en ASIC kunne implementere bit for bit, kanskje mer effektivt enn GPU-en. Men å gjøre det ville vært forretning i en gråsone mot protokollens uttalte hensikt, med svært høy styringsrisiko analyse.

Styring

Styringen er konsentrert. Laben skrev hvert protokollforslag; forker aktiveres ved hardkodede høyder uten signalering fra utvinnerne; det finnes ingen implementasjon av en klient nummer to; og per begynnelsen av oktober var ingen tredjepartsrevisjon av noden eller nullkunnskapskretsene publisert. Den israelske avisen TheMarker meldte at laben hentet om lag 120–130 millioner dollar i en skjult runde (om lag 55 millioner dollar i egenkapital pluss et fond for GPU-infrastruktur på om lag 75 millioner dollar); Pearl har ikke bekreftet det gjennom offisielle kanaler. «Ingen investorallokering i tokenet» og «et selskap med venturekapitalaksjonærer» kan begge være sant, men spenningen består: KI-inntekt kan flyte til aksjene mens utvanningen rammer tokeninnehaverne.

Samlet sett er Pearl det reneste eksperimentet med «regnekraft som konsensus» så langt: en ny mekanisme, verifiserbar på kjeden, med en enhet som svarer én til én mot KI-maskinvare. Men nytten har ikke kommet, og sikkerhetsbudsjettet, hashraten og utvinnernes entusiasme henger alle på et token der hovedetterspørselen ennå ikke har oppstått, og der tilbudet vil vokse med om lag 78 % på 12 måneder. Tre signaler fra Blockworks er verdt å følge: om oppgraderingen går knirkefritt, om andelen blokker med KI-arbeid øker vesentlig, og om noen inferensleverandør gir utvinningsinntekten videre til kundene sine.

KAPITTEL 05

KJEDER MED NYTTIG ARBEID

05 Kjeder med nyttig arbeid: verken matriser eller nullkunnskap stopper ASIC-er

Kaspa: en matrise er verken nyttig eller ASIC-sikker

Kaspa er skoleeksempelet. kHeavyHash legger et 64 × 64-matrise-vektor-produkt over 4-bits verdier mellom to hasher, og produktet kastes. Om lag 16 måneder etter den rettferdige lanseringen i november 2021 annonserte IceRiver de første Kaspa-ASIC-ene 14. mars 2023, og ved utgangen av 2023 var GPU-utvinning over. Sammenligner man et RTX 4090 på 3,8 GH/s og 300 W med Bitmains KS7 på 77 J/TH, får man et effektivitetsgap på om lag **1 000 ganger** estimat. Etter festen kom sammenpressingen: 13. november kjørte nettverket med 358,9 PH/s, om lag 64 % under 1 EH/s i august 2024, og den beste KS7 tjener bare **0,86 dollar om dagen** ved 0,10 dollar per kWh.

Aleo: nullkunnskap stopper heller ikke spesialmaskinvare

Aleos prover-puslespill er laget for å etterligne arbeidet med å generere et SNARK-bevis; det beviser ikke brukernes transaksjoner, og prosjektet ønsker ZK-ASIC-er åpent velkommen. Om lag fem måneder etter mainnet i september 2024 ble dedikerte maskiner levert. I tredje kvartal 2025 mottok provere 31,2 millioner ALEO (om lag 7,8 millioner dollar), mens nettverket bare samlet inn om lag 43 000–44 000 dollar i gebyrer: **en subsidiemultippel på om lag 175–180**. Prisen falt fra om lag 9 dollar i den tidlige handelen til 0,22 dollar ved utgangen av det kvartalet, og ARC-46 krever nå en innsats på 100 000 til 2,5 millioner ALEO per løsning, noe som gjør utvinning til en innsatsterskel.

Qubic og Bittensor

Qubic markedsfører «nyttig arbeidsbevis» som trener det nevrale nettverket Aigarth, men det mest synlige resultatet av regnekraften i 2025–2026 var andre kjeders blokker. Først utvant den Monero, økte andelen fra under 2 % i midten av mai 2025 til over 25 % ved utgangen av juli og hevdet 51 % i august, noe som forårsaket en reor-

ganisering på seks blokker (en annen kilde sier 18). 1. april 2026 gikk den over til å utvinne Dogecoin med ASIC-er og brukte inntektene til tilbakekjøp og brenning. Det finnes ingen uavhengige bevis for at KI-treningen er nyttig, og markedsverdien falt fra om lag 280–300 millioner dollar til om lag 50 millioner dollar 13. november. Den avdekket også en eksternalitet: en kjede som betaler for generell regnekraft, skaper en stor, leiebar, koordinert pool av hashrate som kan vendes mot CPU-vennlige kjeder.

Bittensor er ikke arbeidsbevis, men innsatsvektet subjektiv poenggiving: validatorer gir utvinnere poeng, og vektene kappes ved den innsatsvektede medianen. Det er det eneste nettverket i denne gruppen med ekstern inntekt i stor skala. SubConnect-indeksen, som bare teller verifiserbare eksterne kunder, viser om lag **70 millioner dollar i året** i begynnelsen av november 2026 (om lag 35 millioner dollar 1. september), 78 % til 82 % av det fra regnekraft og infrastruktur; men med prisene i begynnelsen av november overstiger utstedelsen 300 millioner dollar i året, så inntekten dekker bare 9 % til 23 %. Inntektsanslagene varierer mye med grunnlaget, fra om lag 17 millioner dollar (Artemis) til 172 millioner dollar omregnet til årstall fra egenrapporterte totaler. I april brant 67 av 128 subnett mer enn 99 % av insentivene sine, og da det ledende teamet Covenant forlot nettverket etter en styringsstrid, falt TAO 24 % i løpet av timer.

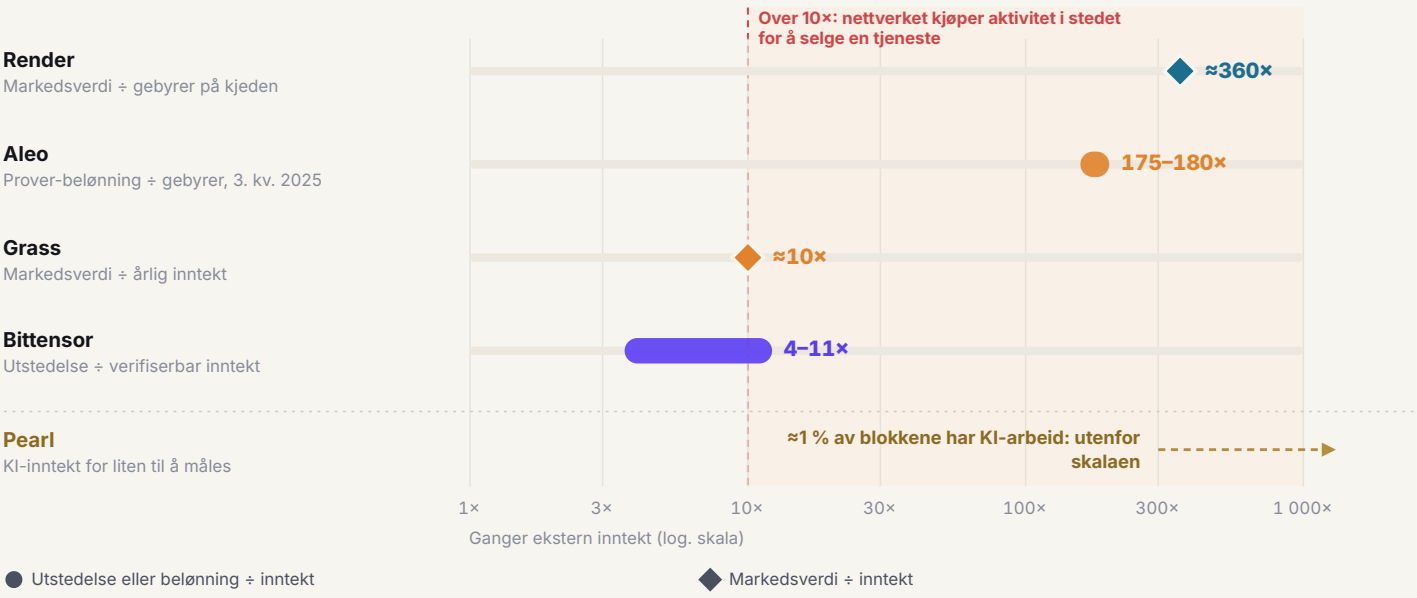
Historien gir samme svar

Primecoins primtallskjeder var raske å verifisere, men ingen trengte dem. Gridcoin stolte på statistikknettsteder fra tredjeparter for å attestere BOINC-bidrag, og forskere forfalsket blokker uten å utføre noen beregning. Filecoins lagringsbevis fungerer teknisk, men i tredje kvartal 2025 var utnyttelsen bare 36 %, og 99,5 % av gebyrene på 793 000 dollar var straffegebyrer, med basisgebyrer på bare 4 100 dollar.

Prosjekt	Arbeid eller konsensus	Markedsverdi (dato)	Maskinvarevei	Betalt etterspørsel mot subsidie	Vurdering
Pearl	Støyfylt matrisemultiplikasjon (INT7-MAC pluss ZK-sertifikat)	Om lag 500 millioner dollar (13. november)	GPU-er; FP8-utkastet ville hvitelistet Hopper og Blackwell	Om lag 1 % av blokkene med KI-arbeid; utvinnerinntekten mest subsidie	Den mest troverdige mekanismen; etterspørselen ubevist
Kaspa	kHeavyHash (et 64 × 64, 4-bits matrise-vektor-produkt mellom hasher)	Om lag 840 millioner dollar (13. november)	ASIC-er om lag 16 måneder etter lansering; nå bare ASIC	Hevder ingen nytte; utvinnerinntekt om lag 18 millioner dollar i året estimat	En matrise er verken nyttig eller ASIC-sikker
Aleo	Syntetisk SNARK-puslespill pluss innsatsbevis	Om lag 118 millioner dollar (utgangen av 3. kv. 2025)	Dedikerte maskiner etter om lag fem måneder	Prover-belønning om lag 175–180 ganger gebyrene	Syntetisk arbeid, drevet av subsidier
Qubic	«uPoW» (hevder å trene Aigarth)	Om lag 50 millioner dollar (13. november)	CPU og GPU; ASIC-er for Dogecoin siden april 2026	Ingen uavhengige bevis for nytte; regnekraften brukt til ekstern utvinning og tilbakekjøp	Aggregering av regnekraft pakket inn i en KI-fortelling
Bittensor	Yuma-konsensus (innsatsvektet poenggiving)	Om lag 2,55 milliarder dollar (11. november)	Generelle GPU-er; ingen ASIC-vei	Om lag 70 millioner dollar i året i verifiserbar inntekt mot over 300 millioner dollar i utstedelse	Den eneste med ekstern inntekt i stor skala; fortsatt en subsidie på 4–11 ganger
Filecoin (referanse)	Bevis på replikering og romtid	Om lag 1,5 milliarder dollar (utgangen av 3. kv. 2025)	—	Utnyttelse 36 %; kvartalsvise basisgebyrer 4 100 dollar	Nyttig, men mangler etterspørsel

FIG. 04 **Subsidiemultippelen: hvor mange ganger ekstern inntekt et nettverk betaler**

Utstedelse eller markedsverdi delt på inntekt betalt fra utenfor nettverket, logaritmisk skala



Kilde: Blockworks (Aleo 3. kv. 2025), DefiLlama (Render-gebyrer), CoinGecko, hoge.gg (Bittensor), Dealroom (Grass), Blockworks 0xResearch (Pearl); forfatterens beregning.

Lærdommen for maskinvare: fast, regelmessig arbeid betalt i et likvid token får ASIC-er innen om lag 3 til 16 måneder, ofte fra utfordrere før de etablerte. Påstander om «nytte» holdt bare der en ekstern kunde betaler for resultatet. Og de viktigste årsakene til strandet maskinvare er høy subsidie i forhold til inntekt og utviklernes kontroll over arbeidsfunksjonen.

KAPITTEL 06

DET BREDERE LANDSKAPET

06 Resten av KI × krypto: reell, men liten etterspørsel, og verdi som flytter til aksjer

Desentraliserte regnekraftmarkeder

Desentralisert regnekraft har betalende kunder, men etterspørselen er liten, konsentrert og for det meste videresalg av inferens på åpne modeller. Gebyrer som kan verifiseres på kjeden, er små: DefiLlama viser om lag 2,35 millioner dollar i gebyrer for Render det siste året og om lag 680 000 dollar for Livepeer, og hele DePIN-sektoren tjente bare om lag 72 millioner dollar i inntekt på kjeden i 2025. Egenrapporterte tall er større, men løst definert: Aethir oppgir «over 127,8 millioner dollar» i inntekt for regnskapsåret 2025 uten å si om det er brutto fakturering eller protokollens andel. Tokenverdier og inntekt har skilt lag i begge retninger: Renders markedsverdi er om lag 360 ganger gebyrene på kjeden, mens Aethirs markedsverdi på om lag 87,7 millioner dollar er lavere enn den egenrapporterte inntekten estimat.

Påstanden om å være 70 % til 85 % billigere holder bare mot de store skyleverandørenes priser på forespørsel. 3. november var den vektede gjennomsnittsprisen for H100 på Akash om lag **2,73 dollar per GPU-time** (intervall 2,04–3,16 dollar), under om lag 6,88 dollar hos AWS og 11,06 dollar hos Google Cloud, men over om lag 1,73 dollar hos Vast.ai, 1,99 dollar i RunPods community-sky og om lag 2,44 dollar for en ettårig reservasjon (priser på andre plattformer avlest 12. september; Akash, som publiserte tallene, er en interessert part). Etterspørselen er mest standard inferens distribuert gjennom OpenRouter, om lag 1,7 milliarder token om dagen på AkashML og over 4 milliarder på io.net, i direkte konkurranse med alle neoskyer. De største dollarbeløpene i «desentralisert regnekraft» sentraliseres på nytt: Axe Compute, som har Aethirs token som reserveaktivum, signerte en femårskontrakt verdt 1,5 milliarder dollar om å leie ut sin egen klynge på 9 200 B300, mot en inntekt i første kvartal 2026 på 35 000 dollar.

Desentralisert trening og inferens

Trening over internett er demonstrert ved 8 til 40 milliarder parametere. Pluralis-8B trente i 40 dager på 330 noder, for det meste forbruker-GPU-er, og nådde 63 % av effektiviteten til en sentralisert H100-referanse, selv om artikkelen innrømmer at kjøringen ikke var desentralisert og trengte Pluralis' egne noder og en opptaksmyndighet. Nous Researchs Psyche fullførte forhåndstreningen Consilience med 40 milliarder parametere. I frontskala ble arbeidet sentralisert på nytt: Prime Intellects INTELLECT-3, en mixture-of-experts-modell med 106 milliarder parametere, ble trent over to måneder på 512 H200 koblet med 400 Gbps InfiniBand. Begrensningene er tydelige: noder trenger minst 200 Mbit/s båndbredde og om lag 100 ganger kommunikasjonskomprimering, og tillit og verifisering avhenger fortsatt av operatørens privilegerte roller.

Pengene gikk til aksjeselskaper som selger sentraliserte produkter. Prime Intellect hadde over 100 millioner dollar i årlig inntekt før selskapet hentet 130 millioner dollar til en verdsettelse på 1 milliard dollar i juli; Venice, en app for privat inferens, oppgir over 70 millioner dollar i årlig inntekt og overskudd siden første kvartal 2026 (selskapets tall), hentet 65 millioner dollar til en verdsettelse på 1 milliard dollar og kjører på leide GPU-er. På tokensiden er Gensyns sentrale treningsnettverk fortsatt «ikke fastsatt», og tokenet er verdt om lag 17,2 millioner dollar; tokenet til Ritual, et KI-nativt lag 1, falt 72 % fra toppen etter mainnet (bare overskrift).

Verifiserbar KI

Produksjonen valgte klarerte kjøremiljøer (TEE-er). Hoppers konfidensielle databehandling legger til under 7 % overhead på typiske LLM-spørringer og nesten ingenting for store modeller; Phalas overhead i drift er om lag 0,5 % til 5 %, men ved utgangen av 2025 betalte 398 av de 10 004 brukerne. Tillitsroten i en TEE er brikkeleverandøren: TEE.fail, offentliggjort i oktober 2025, brukte en DDR5-bussinterposer til under 1 000 dollar for å hente ut attesteringsnøkler fra fullt oppdaterte Intel TDX- og AMD SEV-SNP-maskiner, noe som igjen undergraver NVIDIAs konfidensielle databehandling på GPU, og begge leverandørene sier at fysiske angrep ligger utenfor trusselmodellen deres. Det er nettopp DePIN-situasjonen, der nodeoperatører har fysisk tilgang. zkML kan nå bevise en komplett LLM: Lagranges DeepProve beviser GPT-2 med om lag 174 token i minuttet og Gemma 3 med om lag 86, flere størrelsesordener unna inferens i produksjon og uten oppgitt betalt bruk.

Agentbetalinger og data

x402 er det beste advarende eksempelet. TRM Labs teller om lag 198,9 millioner transaksjoner og 52,7 millioner dollar gjort opp av kjente tilretteleggere siden mai 2025, 99,6 % i USDC; etter at selvbetalinger, batchstrømmer og selgere med færre enn ti kjøpere er fjernet, er andelen som faktisk er startet av agenter, bare 0,6 % til 7,5 %, **om lag 5 000–11 000 dollar i måneden**. Artemis vurderer at over 95 % av aktiviteten er protokollsignalering snarere enn kjøp og salg. Samtidig standardiseres skinnene av de etablerte: x402 Foundation ble opprettet under Linux Foundation 14. juli, med Visa, Mastercard, Stripe, Google, AWS, Cloudflare og Coinbase som kjernemedlemmer, og Tempo, som skrev Machine Payments Protocol sammen med Stripe, lanserte mainnet i mars til en verdsettelse på 5 milliarder dollar. Plattformer for agenttokener drives fortsatt av launchpad-logikk: Virtuals oppgir selv 479 millioner dollar i «aGDP», og ElizaOS' grunnlegger erklærte tokenet dødt etter et forlik i et gruppesøksmål. Verdien vil mer sannsynlig bli fanget av utstedere av stablecoins og etablerte betalingsaktører; kryptos særegne rolle her kan bli identitet og ansvarlighet for agenter.

Data er en av få undersektorer med reelle kjøpere utenfor kjeden. Grass oppgir 17 millioner dollar i datainntekt i 2025 og ytterligere 17 millioner dollar i første halvår 2026, sikter mot 75 millioner dollar for året og sier at selskapet går med overskudd; GRASS er verdt om lag 328 millioner dollar, om lag ti ganger den årlige inntekten basert på første halvår estimat. Vollgraven er innsamlingsskalaen til distribuert båndbredde i private husholdninger, ikke krypto i seg selv. Data-DAO-er og datamarkedsplasser mangler synlig betalt etterspørsel: Vana er verdt om lag 21,5 millioner dollar og Ocean om lag 27,6 millioner dollar, og Ocean er i rettstvist med Fetch.ai. Bevis på personskap får reelle integrasjoner etter hvert som agentene blir flere: World sier at de har verifisert nesten 18 millioner mennesker, og Zoom, Docusign og Tinder støtter deler av World ID.

Kapitalen har stemt

Sektor	Verifiserbar betalt etterspørsel	Subsidie- og verdsettelsessignaler	Vurdering
Kjeder med nyttig arbeid	Bittensor om lag 70 millioner dollar i året i verifiserbar ekstern inntekt; Pearl om lag 1 % av blokkene med KI-arbeid	Aleo 175–180 ganger; Bittensor 4–11 ganger; Pearl mest subsidie	Mekanismene har verdi; nytten trenger betalende kunder
Desentraliserte regnekraftmarkeder	Gebyrer på kjeden om lag 0,68–2,35 millioner dollar i året (Livepeer, Render); egenrapportert 4–128 millioner dollar	Renders markedsverdi om lag 360 ganger gebyrene	Reelt, men lite, mest videresalg av standard inferens
Desentralisert trening og inferens	Aksjeselskaper: Prime Intellect over 100 millioner dollar i året, Venice over 70 millioner dollar (sentralisert infrastruktur)	Gensyns trenings-mainnet ikke i drift; Ritual-tokenet −72 % fra toppen	Den tekniske fremgangen er reell; gevinsten går til aksjene
Verifiserbar KI	TEE-er i drift (398 betalende brukere hos Phala); ingen oppgitt betalt zkML	—	TEE-er nyttige; zkML tidlig

Sektor	Verifiserbar betalt etterspørsel	Subsidie- og verdsettelsessignaler	Vurdering
Agentbetalinger	Agentinitierte strømmer om lag 5 000–11 000 dollar i måneden	Om lag 200 millioner transaksjoner, mest signalering og spekulasjon	Skinnene først, etterspørselen senere
Datanettverk	Grass 17 millioner dollar i 1. halvår 2026 (egenrapportert)	GRASS om lag 10 ganger årlig inntekt	En av få sektorer med reelle kjøpere

Legg de seks sektorene side om side, og konklusjonen er konsistent: **subsidier er drivstoff for en kaldstart, ikke en forretningsmodell.** 13. november var CoinGeckos KI-kategori verdt om lag 18,6 milliarder dollar totalt, men om lag 56 % av dette er generelle lag 1-kjeder som NEAR og ICP, pluss prosjekter på konsensusnivå som TAO, staket TAO (muligens dobbelttelt med TAO) og Pearl; KI-tokener på protokoll- og applikasjonslaget utgjør til sammen om lag 8 milliarder dollar eller mindre estimat. Det er omtrent den samlede verdsettelsen av fire aksjeselskaper: Tempo (5 milliarder dollar), Nous (angivelig 1,5 milliarder dollar), Prime Intellect (1 milliard dollar) og Venice (1 milliard dollar). Venturefinansieringen innen krypto står fast på om lag 4,5–5 milliarder dollar i kvartalet, med økningen fra KI-relatert infrastruktur, der andelen av oppgitte beløp steg fra 8,1 % til 18,2 % i tredje kvartal 2026; og 84,7 % av de 118 tokenene som ble lansert i 2025, handles under lanseringsprisen. I én setning: **krypto står for distribusjon og oppgjør, aksjene tar gevinsten**, i hvert fall i 2026.

KAPITTEL 07

07

ASIC-ØKONOMI

ASIC-spørsmålet: én formel, tre målestokker

Én formel: hvorfor effektivitet slutter å lønne seg etter k = 5

La R være daglig inntekt per regneenhet (nettverkets utvinnerinntekt delt på nettverkets hashrate), c den daglige kostnaden for en regneenhet på den marginale maskinvaren (på Pearl en GPU), og k hvor mange ganger billigere en ASIC er enn den marginale maskinvaren (c_ASIC = c/k). Så lenge GPU-er forblir de marginale utvinnerne, presser fri inn- og utgang R mot c, så en ASIC tjener R − c/k per regneenhet:

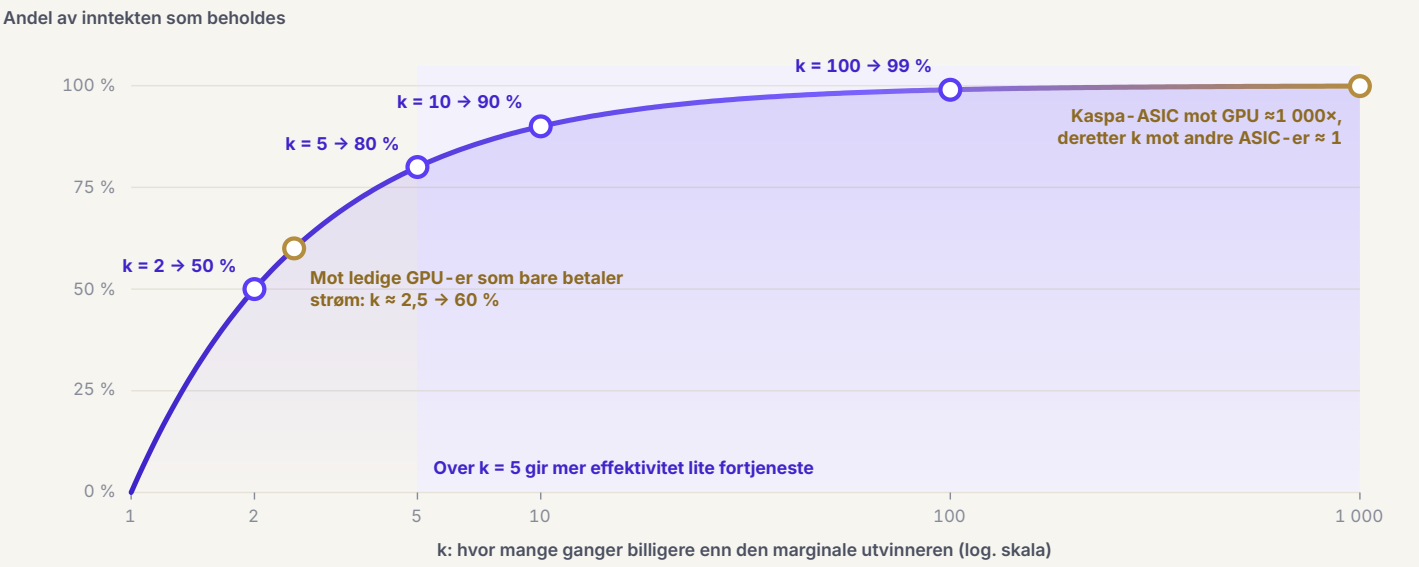
ASIC-ens fortjenestetak ≈ R × (1 − 1/k)

For nettverket som helhet er taket for årlig bruttofortjeneste for en ASIC-flåte omtrent nettverkets utvinnerinntekt × (1 − 1/k), og bare inntil ASIC-er erstatter GPU-er som de marginale utvinnerne.

Formelen har tre konsekvenser. For det første er (1 − 1/k) konkav: ved k = 2 beholder en ASIC 50 % av inntekten, ved k = 5 80 %, ved k = 10 90 %, ved k = 100 99 %. **Utover k = 5–10 gir mer effektivitet nesten ingen ekstra fortjeneste**; størrelsen på R og på potten avgjør. For det andre nullstilles referansen: når ASIC-er er de marginale utvinnerne, må k måles mot andre ASIC-er. Kaspas ASIC-er hadde om lag 1 000 gangers effektivitetsfortrinn over GPU-er, noe som bare kjøpte en kort gullalder; i dag tjener den beste KS7 0,86 dollar om dagen. For det tredje er referansen på en GPU-vennlig kjede som Pearl ofte ikke innkjøpsprisen for en GPU, men **strømmen til en ledig GPU**: et eid RTX 5090 på 525 W og 0,10 dollar per kWh koster om lag 1,26 dollar om dagen i strøm og tjener om lag 5–6 dollar estimat. Mot GPU-er som er sunk cost, har selv en ASIC som bruker en femtedel av energien, en effektiv k på bare om lag 2,5 hvis avskrivningen tilsvarer strømkostnaden, og et fortjenestetak på om lag 60 % av R (en illustrerende antakelse).

FIG. 05 **Hvorfor effektivitet slutter å lønne seg: en ASIC beholder høyst 1 – 1/k av inntekten**

Andel av inntekten en ASIC kan beholde mot den marginale utvinneren, etter kostnadsfortrinnet k



Kilde: Forfatterens modell: når den marginale maskinvaren setter prisen, går inntekten per regneenhet mot dens kostnad; Kaspa- og RTX 5090-tall fra rapporten.

Tre målestokker: potten, tilbakebetalingsskalaen og reglene

Den første målestokken er **potten**. Omregnet til årstall fra om lag 2 893 BTC i blokkbelønning i første uke av november (om lag 222 millioner dollar) tjener bitcoin-utvinnere om lag 11,5 milliarder dollar i året estimat. Pearls utvinnere tjener om lag 0,46–0,49 milliarder dollar (ved dagens priser); Aleos prover-belønninger, omregnet til årstall fra tredje kvartal 2025, om lag 31 millioner dollar; og Kaspas utvinnere, ved en blokkbelønning på 1,945 KAS og ti blokker i sekundet, om lag 18 millioner dollar estimat. **Et helt års utvinnerinntekt for Kaspa er mindre enn nedre ende av ett enkelt designbudsjett for en brikke på 5/4 nm (om lag 30 millioner dollar).**

Den andre målestokken er **hashraten som trengs for å betale tilbake NRE**:

h* = NRE ÷ [R × (1 – 1/k) × T × p]

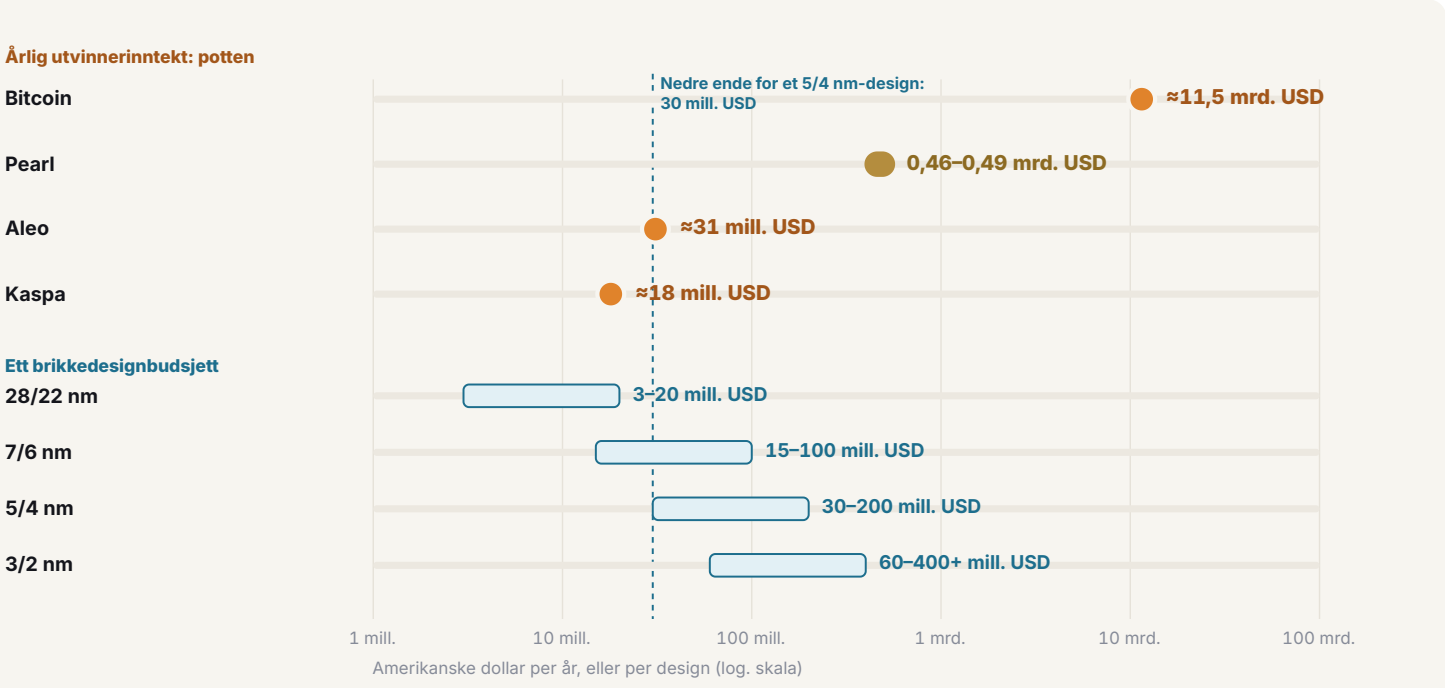
der T er det nyttige vinduet i dager og p sannsynligheten for at reglene forblir uendret i det vinduet. For Pearl, ta R = 14 dollar per PH/s per dag, k = 5, T = 365 dager og en NRE på 20 millioner dollar (en N7/N6-brikke med repeterende array; i nedre ende av intervallene på 5–30 millioner dollar for mellomnoder fra Silicon Analysts og 15–100 millioner dollar for regne-ASIC-er på 7/6 nm fra AnySilicon, fordi en utvinningsbrikke bruker lite IP og en repetert struktur; min antakelse). Med p = 1 trengs om lag **4,9 EH/s** i drift et helt år, om lag 5 % av nettverket; med p = 0,5 om lag **9,8 EH/s**, om lag 11 %; og hvis R faller tilbake til sommerens nivå på om lag 10 dollar, trengs om lag 6,9 EH/s selv med p = 1 estimat. Skalaen er ikke uoppnåelig. Problemet er p og T.

Den tredje målestokken er **regelrisiko**, og den er ofte avgjørende. Moneros anti-ASIC-fork i 2018 strandet Bitmains X3 og kostet kortvarig nettverket nesten halve hashraten. Sias fork samme år gjorde utvinnerne til Bitmain og Innosilicon ubrukelige, mens bruktprisen på Obelisk-utvinneren, knyttet til utviklerne, steg fra 2 499 dollar til over 5 000 dollar. Litt over en måned etter Ethereums Merge hadde færre enn 20 % av de tidligere Ethereum-utvinnerne funnet nytt arbeid. **Den som kontrollerer arbeidsfunksjonen, kontrollerer skjebnen til maskinvareinvestorene**, og Sia viser at «ASIC-motstand» kan bli utviklernes egen vollgrav. Maskinvare med et andremarked overlever: etter the Merge flyttet GPU-er til KI og skyen, mens ASIC-er for én algoritme trengte seg sammen i Ethereum Classic. Vinduet krymper også: Kaspas første ASIC tok om lag 16 måneder, Aleos om lag fem, og den første som når effektivitetsfronten, er ofte en utfordrer snarere enn en etablert aktør.

Nettverk	Årlig utvinnerinntekt (om lag)	Marginal maskinvare eller referansemaskinvare	Regelstabilitet	k tilgjengelig for en nykommer	Vurdering
Bitcoin	11,5 milliarder dollar	Bitmain S23 XP Hyd (8,9 J/TH, 25,5 dollar per TH)	Svært høy	≤1	En stor pott, men k tilhører de etablerte
Pearl	0,46–0,49 milliarder dollar (ved dagens priser)	Eide eller ledige GPU-er (marginalkostnad ≈ strøm) og datasenter-GPU-er	Svært lav: fire forker på to måneder; FP8-hviteliste venter	Kanskje 3–10 ganger i effektivitet analyse ; lavere mot GPU-er som er sunk cost	Potten er stor nok; regelrisikoen legger ned veto
Aleo	Om lag 31 millioner dollar (3. kv. 2025, omregnet til årstall)	IceRiver AE2 og andre dedikerte maskiner	Middels: innsatsterskel i ARC-46	≈1	En liten pott, og terskelen stiger
Kaspa	Om lag 18 millioner dollar	KS7 (77 J/TH)	Høy	≈1	Årsinntekt under nedre ende av ett designbudsjett på 5/4 nm

FIG. 06 **De fleste potter er mindre enn ett brikkedesignbudsjett**

Årlig utvinnerinntekt i fire nettverk mot designkostnaden for én brikke etter prosessnode, log. skala



Kilde: Hashrate Index (bitcoin, november 2026), prlstats og Kryptex (Pearl), Blockworks (Aleo, 3. kv. 2025), minerstat (Kaspa), AnySilicon (designbudsjetter, 2026); omregnet til årstall av forfatteren.

Kvadranten «stor pott, stabile regler og k > 1» er tom i dag: bitcoin har potten og de stabile reglene, men k tilhører de etablerte; Pearls pott er stor nok, men reglene er minst stabile; Kaspa og Aleo har stabile nok regler og potter som er for små.

KAPITTEL 08

08

BRIKKE FOR BRIKKE

Fem brikketyper, fem svar

PoUW à la Pearl: ingen dedikert INT7-brikke; sats på en utvinner som kan servere inferens

Argumentet for en ASIC er reelt. Bare om lag 1 % av blokkene bærer KI-arbeid i dag, så hvitbokens økonomiske argument, at en dedikert ASIC mister evnen til å gjøre nyttig arbeid og derfor tjener mindre, står svakest akkurat nå. De dyreste delene av en GPU, HBM og CoWoS-pakking, utgjør om lag 63 % av produksjonskostnaden for en H100, mens logikkdien bare utgjør om lag 9 %. En brikke som ikke gjør annet enn 7-bits heltalls multipliser-akkumuler, holder operandene i SRAM på brikken og kjører på lav spenning, kunne trolig nådd 3 til 10 ganger energien per operasjon til en GPU på samme node og et større fortrinn i kostnad per operasjon [analyse; ingen målinger ennå]. Argumentet mot er tyngre. Leveringstider hos støperiene på ledende noder kan overstige 50 uker, og et nytt team trenger om lag 18 til 24 måneder fra start til volum estimat; når en brikke kommer, kan Pearl godt ha gått over til FP8 og deretter FP4. Og fordi PIP-3 definerer den tillatte aritmetikken gjennom en hviteliste over enheter, ville en INT7-brikke rett og slett slutte å virke når den aktiveres.

Min konklusjon er derfor: **ta ikke tape-out av en dedikert INT7-brikke for Pearl nå.** Det finnes to bedre veddemål. Det ene er en inferensakselerator som også kan utvinne: bygd rundt generell INT8/FP8-GEMM og operander i SRAM, slik at verdien havner i et reelt inferensmarked hvis tilgangen til utvinning nektes. Det andre er å delta i protokolldebatten og presse på for en leverandørnøytral kanonisk aritmetikk som en ASIC kan implementere nøyaktig, sammen med en forpliktelse til algoritmestabilitet, som er forutsetningen for at kvadranten «stor pott, stabile regler, k > 1» skal finnes. Inntil da kan en arkitektur valideres på FPGA-er eller flerprosjektwafere (MPW) på moden node, slik at NRE-risikoen holdes i størrelsesordenen én million dollar. Kapittel 10 gjør dette om til et trinnvis budsjett.

Utvinnere av bitcoin-typen: de etablerte eier k, og kraft er den knappe ressursen

Bitcoins regelrisiko er lavest, men konkurransen presser en nykommers k under 1. Bitmains S23 XP Hyd når 8,9 J/TH, selges for 25,5 dollar per TH og leveres fra november; effektiviteten til flaggskipene falt fra 17,5 J/TH for S21 i 2023 til 8,9 J/TH, om lag 49 % på tre år. En nykommer som leverer i volum i 2027–2028, ville trenge om lag 8 J/TH eller bedre for å stå seg estimat. Utfordrerne forsvinner: Canaan rapporterte en inntekt i andre kvartal 2026 på 31,9 millioner dollar med et brutto tap på 29,3 millioner dollar og veiledet bare 11–15 millioner dollar for tredje kvartal; Bitdeers salg av egne rigger til eksterne kjøpere i tredje kvartal falt til 0,3 millioner dollar, med en bruttomargin for konsernet på 3,4 %; Auradine endret navn til Velaura AI og gikk over til KI-brikker; og Core Scientific kansellerte en ordre på om lag 15 EH/s med 3 nm-maskiner fra Blocks Proto-enhet og bokførte et tap på 41,9 millioner dollar.

Etterspørselen krymper også. 9. november var hashprisen om lag 31,89 dollar per PH/s per dag, terminkurven til april 2027 lå i snitt på om lag 32,7 dollar, og gebyrene var bare 0,72 % av blokkbelønningene. Ved 0,045 dollar per kWh betaler S23 XP Hyd seg tilbake på om lag 3,1 år estimat, nær den neste halveringen som ventes rundt 2028. Viktigere er alternativkostnaden for kraften: leieavtaler for KI og høyytelsesdatabehandling tjener nå om lag 1,67–1,9 millioner dollar per kontraktsfestet megawatt i året, som med 80 % til 85 % netto driftsinntekt er om lag 1,5 til 2,9 ganger bruttofortjenesten ved utvinning per megawatt (om lag 0,56–0,9 millioner dollar) [estimat; de to megawattgrunnlagene er forskjellige]. Core Scientific vil slutte å utvinne i fjerde kvartal; Bitfarms, nå Keel, har

stengt alle sine utvinningsanlegg i USA; IREN tjente 200 millioner dollar på KI-sky og bare 28 millioner dollar på utvinning i ett kvartal. **Kraft og datasenterkapasitet er eiendelene; utvinningsmaskiner er forbruksvarer.**

NRE-regnestykket er like nådeløst. Effektivitet i fronten krever nå prosesser i 3 nm-klassen (ifølge sekundærkilder bruker MicroBT Samsung SF3, og brikkene til Auradine og Proto er 3 nm). Masker koster om lag 10–20 millioner dollar og full NRE 30–100 millioner dollar eller mer; ved 20–25 dollar per TH og 30 % bruttomargin gir hver solgte 1 EH/s om lag 6–7,5 millioner dollar i bruttofortjeneste, så for å dekke årlig FoU på Bitdeers nivå, om lag 110–160 millioner dollar, må man selge om lag 20–25 EH/s i året til eksterne kjøpere, om lag 2 % av nettverket estimat. Konklusjonen: **et nytt team bør ikke gå inn i det åpne markedet for bitcoin-utvinnere.** Tre tilfeller gir fortsatt mening: vertikal integrasjon med billig egen kraft; nisjeformer som utvinnere for hjemmet og til oppvarming (Canaan lanserer også produkter for oppvarming i hjemmet); og deltakelse i de etablertes veikart gjennom IP og designtjenester.

KI-treningsbrikker: ikke som lite team

For treningsbrikker er k vanskeligst å oppnå. Ved samme generasjon og presisjon leder Googles Ironwood over B300 i FP8-effektivitet på brikkenivå med bare om lag 1,1 til 1,8 ganger (effekten til Ironwood er en journalists anslag) estimat; de 30 til 80 gangene som ofte siteres fra TPU v1-artikkelen, ble målt mot en K80, som ikke hadde tensorkjerner. Den reelle hevarmen er tallformatet: å gå fra FP8 til FP4 gir vanligvis 2 til 3 ganger gjennomstrømningen på samme silisium, og NVIDIA beveger seg raskest der: selskapet hevder 50 PF NVFP4-inferens for Rubin, i volum i andre halvår 2026. Terskler for kostnad og forsyning er enda høyere: designbudsjetter på 3/2 nm ligger på 60–400 millioner dollar eller mer; CoWoS-kapasiteten i 2026 er om lag 106 000–130 000 wafere i måneden, og TSMC skal vurdere prisøkninger på opptil 20 %; med en kontraktspris på 15,6 dollar per GB for HBM3E koster HBM-en alene i en akselerator med 288 GB om lag 4 500 dollar estimat. Dette markedet tilhører samutvikling med de store skyleverandørene etter Broadcom-modellen (kapittel 11). Konklusjonen: **små team bør ikke bygge frittstående treningsbrikker**; bygg heller IP, chiplets eller designtjenester.

KI-inferensbrikker: bytt generalitet mot k, og det lønner seg

Inferens er der ASIC-er har mest rom, fordi k kan kjøpes ved å gi opp generalitet. Etched hevder at serveren med åtte brikker kjører Llama-70B med over 500 000 token i sekundet, om lag 20 ganger åtte H100; Taalas kobler modellvekter fast inn i maske-ROM og hevder 10 ganger lavere effekt og 20 ganger lavere produksjonskostnad (begge leverandørpåstand). SRAM-sentrerte arkitekturer unngår HBM og CoWoS, og nodene er mer håndterlige: Taalas bruker TSMC 6 nm, og Groq gikk fra 14 nm til Samsung 4 nm. Kryptodistribusjon hjelper ikke inferensbrikker, siden desentraliserte regnekraftnettverk kjører nesten utelukkende på NVIDIA; veien inn er innkjøpsøkonomien til neoskyene og det store innenlandske inferensmarkedet i Kina, der statsfinansierte datasentre må bruke innenlandske KI-brikker, importen av H200 strupes, og Beijing vil at store internettselskaper skal kjøre inferens på innenlandske brikker. Konklusjonen: **verdt å bygge**, så lenge det finnes en tydelig kunde og graden av binding til modeller og arkitektur er et bevisst valg. Det er også det beste andremarkedet for en PoUW-utvinningsbrikke.

ZK- og FHE-akseleratorer: sikre deg på ZK, posisjoner deg tidlig på FHE

GPU-er har allerede tatt igjen ZK-bevising i sanntid: Succincts SP1 Hypercube beviste 99,7 % av Ethereum-blokkene på under 12 sekunder på 16 RTX 5090. Cysic hevder at ZK C1-brikken er 10 til 100 ganger så effektiv som GPU-provere og vil leveres i 2026, men etterspørselen kommer i stor grad fra selskapets egne tokenbelønninger leverandørpåstand; jeg fant ingen offentlige bevis for at ASIC-er for Aleos puslespill brukes til reell ZK-bevising. ZK-bevising er heltallsbasert og deterministisk, nær i form det utvinningsbrikker gjør, men bevissystemene endres raskt (SP1, RISC Zero, Halo2, Plonky2 og flere). Konklusjonen: **vent og sikre**, med programmerbare MSM-, NTT- og hashmotorer, først på FPGA-er, deretter som ASIC-er.

FHE er den mest maskinvarebundne primitiven med størst oppside. Intels Heracles, på Intel 3 med 197 mm², 176 W og 48 GB HBM3, kjører FHE-operasjoner 1 074 til 5 547 ganger raskere enn en Xeon med 24 kjerner, men Intel har ingen kommersielle planer, og prosjektets leder sluttet i desember 2025. Niobium bygger på Samsung 8LPU med SemiFive som designpartner (en utviklingskontrakt på om lag 6,86 millioner dollar) og har hentet over 23 millioner dollar; Optalysys, med en fotonisk tilnærming, hentet 31 millioner dollar og sier at en fullverdig kommersiell brikke fortsatt er to til tre år unna; og Zamas FPGA-design med åpen kildekode når om lag 13 000 programmerbare bootstraps i sekundet ved om lag 200 W, den offentlige referansen enhver ASIC må slå tydelig. Konklusjonen: **posisjoner deg tidlig og valider med lette eiendeler**, for et vindu rundt 2027–2029. Etterspørselen vil mer sannsynlig forankres i kryptert KI for bedrifter og myndigheter enn i kryptovaluta selv, og FHE trenger HBM, så kostnadsstrukturen ligner en treningsbrikkes.

Brikketype	Hvor k kommer fra	Etterspørsel og pott	NRE og terskler	Regel- eller bindingsrisiko	Andremarked	Vurdering
PoUW-utvinningsbrikke à la Pearl	Å droppe HBM, CoWoS og generelle enheter: kanskje 3–10 ganger i J/op analyse	Utvinnerinntekt om lag 0,46–0,49 milliarder dollar i året, volatil	Repeterende array på N7/N6 om lag 10–30 millioner dollar analyse	Svært høy: protokollen bestemmer tallformatet og hvitelisten over enheter	KI-inferens, hvis bygd som generell INT8/FP8-GEMM	Ingen dedikert INT7-brikke; bygg inferens først og utvinnbar, eller vent på kanonisk aritmetikk
SHA-256-utvinningsbrikke for bitcoin	k ≤ 1 mot Bitmain	Om lag 11,5 milliarder dollar i året, åpent marked holdt av to selskaper	Masker i 3 nm-klassen 10–20 millioner dollar; full NRE 30–100 millioner dollar eller mer	Lav (stabil algoritme); høy konkurranse- og halveringsrisiko	Nesten ingen (én algoritme)	Nykommere holder seg unna det åpne markedet; bare egen kraft, nisjeformer eller IP
KI-treningsbrikke	Systoliske arrayer av samme generasjon bare 1,1–1,8 ganger; formatet er hevarmen	Størst (Broadcom om lag 58 milliarder dollar i inntekt fra KI-halvledere i regnskapsåret 2026)	Design på 3/2 nm 60–400 millioner dollar eller mer; CoWoS og HBM	NVIDIAs årlige takt	—	Små team bygger IP, chiplets og designtjenester, ikke frittstående brikker
KI-inferensbrikke	Å gi opp generalitet: 10–20 ganger hevdet leverandørpåstand	Stor og fragmentert; det innenlandske markedet i fastlands-Kina er stort i seg selv	SRAM-arkitekturer på N6/N7–N4 er håndterlige	Binding til modeller og arkitektur	Det er hovedmarkedet	Verdt å bygge: sikre kunden, velg så bindingen
ZK-akselerator	10–100 ganger GPU-er hevdet leverandørpåstand	Liten, mest drevet av tokenbelønninger	N7/N6, så N5; FPGA først	Bevissystemer endres raskt	Begrenset utenfor ZK	Vent og sikre: programmerbare MSM- og NTT-motorer
FHE-akselerator	1 074–5 547 ganger en Xeon (Heracles)	Ennå ikke dannet; forankret i bedrifter og myndigheter	Trenger HBM; kostnadsstruktur nær treningsbrikker	Standarder og økosystem uavklart	Kryptert databehandling, privat KI	Posisjoner tidlig, valider med lette eiendeler; vindu 2027–2029

FIG. 07 **Fem brikketyper, fem svar**

Hvor kostnadsfortrinnet k kommer fra, hva silisiumet kan selges inn i hvis reglene endres, og konklusjonen



PoUW-utvinningsbrikke à la Pearl

IKKE NÅ

k: ingen HBM eller generelle enheter: 3–10× per op. (utledet)

Andremarked: KI-inferens, hvis generell INT8/FP8-GEMM

Sats på en inferensbrikke som kan utvinne, ikke en egen INT7-brikke



SHA-256-brikke for bitcoin

HOLD DEG UNNA

k: ≤1 mot de etablerte

Andremarked: nesten ingen

Bare med egen strøm, en nisjeform, eller som IP



KI-treningsbrikke

IP, IKKE BRIKKER

k: 1,1–1,8× ved samme presisjon

Andremarked: —

Pakking og HBM avgjør; bygg IP, chiplets, tjenester



KI-inferensbrikke

BYGG

k: gi opp generalitet: 10–20× hevdet

Andremarked: det er hovedmarkedet

Sikre kunden, velg så bindingen



ZK-bevisakselerator

VENT OG SIKRE

k: 10–100× GPU-er hevdet

Andremarked: begrenset utenfor ZK

Programmerbare MSM- og NTT-motorer; FPGA først



FHE-akselerator

POSISJONER TIDLIG

k: 1 074–5 547× en Xeon (Heracles)

Andremarked: kryptert databehandling, privat KI

Et vindu 2027–2029; valider med lette eiendeler

Kilde: Forfatterens sammenstilling av kapittel 7 og 8; leverandørtall som merket i rapporten.

KAPITTEL 09

09

PROSESSNODER

Prosessnoder: la den største livstidskostnaden velge

Kostnadsstigen: wafere i fremste node koster ti ganger modne

Begynn med regnskapet. En wafer i fremste node koster nå om lag ti ganger en moden: TSMC N2 om lag 30 000 dollar, N3 om lag 20 000 dollar, N7 om lag 9 500 dollar og N28 om lag 3 000 dollar; Samsung SF3 om lag 15 000 dollar, om lag 25 % under N3; og produksjonskostnaden i SMICs 7 nm-klasse skal ligge 40 % til 50 % over TSMCs. TSMC skal etter det som meldes, heve prisene med ytterligere 3 % til 6 % fra januar 2027, mest for 2 nm og 3 nm. Masker og designkostnader varierer enda mer, og kildene er uenige, så tabellen viser begge.

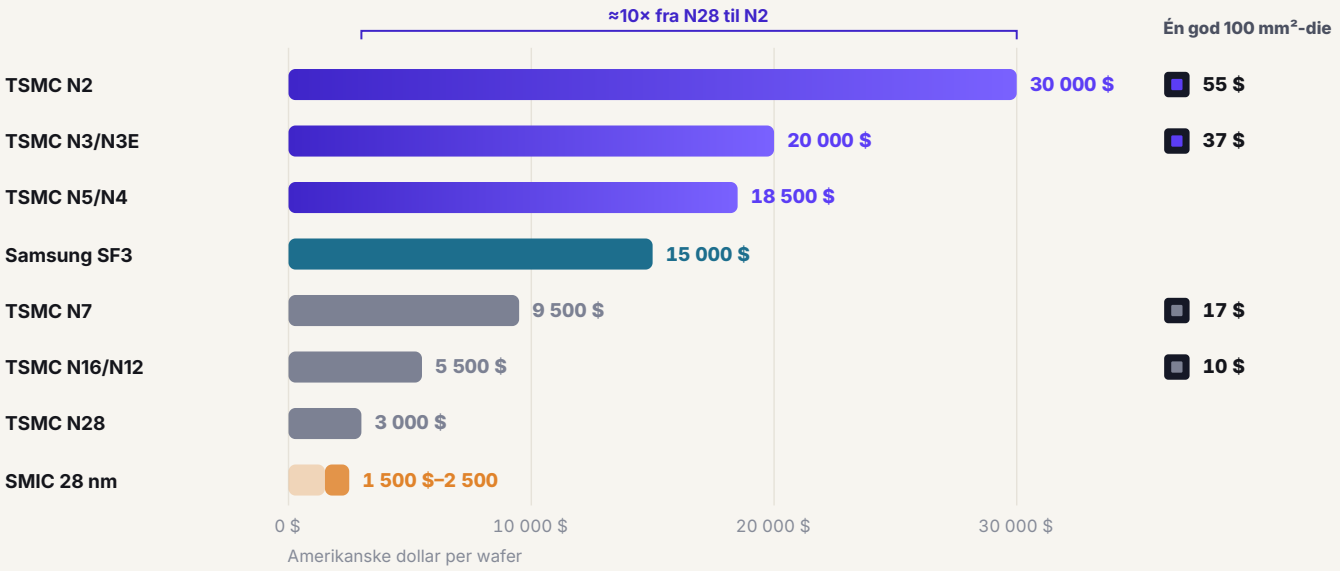
Node	Waferpris (estimat)	Maskesett (modellverdi / veiledende intervall)	Designbudsjett (AnySilicon)	MPW (per prosjekt)
TSMC N2	Om lag 30 000 dollar	—	3/2 nm: 60–400 millioner dollar eller mer	—
TSMC N3/N3E	Om lag 20 000 dollar (18 000–27 000 dollar)	15 millioner dollar / 10–20 millioner dollar	Som over	—

Node	Waferpris (estimat)	Maskesett (modellverdi / veiledende intervall)	Designbudsjett (AnySilicon)	MPW (per prosjekt)
Samsung SF3	Om lag 15 000 dollar (13 000–17 000 dollar)	12 millioner dollar	—	—
TSMC N5/N4	Om lag 18 500 dollar (16 000–21 300 dollar, lav sikkerhet)	6,5 millioner dollar / 10–20 millioner dollar	5/4 nm: 30–200 millioner dollar	—
TSMC N7	Om lag 9 500 dollar (8 100–10 900 dollar)	3,5 millioner dollar / 5–10 millioner dollar	7/6 nm: 15–100 millioner dollar	Kommersielt 100 000–500 000 dollar
TSMC N16/N12	Om lag 5 500 dollar	1,8 millioner dollar	16/12 nm: 6–40 millioner dollar	Akademisk om lag 35 000 dollar per mm²
TSMC N28	Om lag 3 000 dollar	1 million dollar / 1–3 millioner dollar	28/22 nm: 3–20 millioner dollar	Kommersielt 50 000–150 000 dollar; akademisk om lag 12 000 dollar per mm²
SMIC 28 nm	1 500–2 500 dollar	—	—	—
SMIC 7 nm-klassen (N+2/N+3)	40–50 % over TSMC	—	—	—

FIG. 08

En wafer i fremste node koster ti ganger en moden

Estimert pris per 300 mm-wafer etter node, og kostnaden for én god 100 mm²-die ved 85 % utbytte



Kilde: Silicon Analysts waferpriser (estimater, N5 lav sikkerhet), Wccftech (SMIC); die-kostnader er forfatterens beregning med antatt utbytte.

Så fysikken. Horowitz' klassiske målinger viser at en programmerbar instruksjon koster om lag 70 pJ, mens selve aritmetikken koster noen få pikojoule: **aritmetikk er billig og overhead er dyrt**, og det er grunnen til at systoliske arrayer og dedikerte brikker finnes. Å halvere strukturstørrelsen halverer omtrent energien per operasjon, men forsyningsspenningen har stoppet opp rundt 0,9–1,1 V. En N2-wafer koster 50 % til 67 % mer enn N3, så med mindre tettheten øker med mer enn om lag 1,5 ganger, går kostnaden per transistor opp i stedet for ned estimat: ledende noder må betale for seg gjennom effektivitet og ytelse. For en die på 100 mm² ved 85 % utbytte er kost-

naden for hver god die om lag 55 dollar på N2, 37 dollar på N3, 29–34 dollar på N5, 17 dollar på N7 og 10 dollar på N16 [estimat; utbyttet er en antakelse].

Valg av node etter brikketype og team

Min regel er: **la den største posten i brikkens livstidskostnad velge noden.** For regnebrikker som går fullt belastet døgnet rundt (utvinning, ZK), dominerer strømmen livstidskostnaden, så når algoritmen er stabil, bør de flytte til N5/N4 og N3/SF3; mens algoritmen er uavklart eller pengene er knappe, valider først på MPW på moden node. For treningsbrikker er flaskehalsen pakking og minne (HBM og CoWoS utgjør om lag 63 % av materialkostnaden for en H100), så noden er sekundær. For inferensbrikker er den første beslutningen minnearkitekturen: SRAM-sentrerte design kan bli på N6/N7 til N4, mens HBM-design arver kostnadsstrukturen til treningsbrikker. FHE er bundet av minnebåndbredde og kan ikke unngå HBM.

Brikketype	Oppstartsselskap eller lite team	Skalert selskap	Vei i fastlands-Kina	Hovedpunkter
PoUW-utvinningsbrikke for matrisemultiplikasjon (SRAM-basert, uten HBM)	Prototyp på MPW på 28 nm eller 16/12 nm; første volum på N7/N6; N5/N4 når algoritmen og inntekten er stabile; dies på 50–150 mm² i standard flip-chip-pakker	N3/N3E eller Samsung SF3	SMIC N+1/N+2 er gjennomførbart (ingen HBM eller CoWoS nødvendig), til om lag 40–50 % mer per god die	Energi dominerer; protokollreglene er den største risikoen
SHA-256-utvinningsbrikke	Ikke jag fronten; nisjeformer kan bruke modne noder	3 nm-klassen; de etablerte flytter fra TSMC 5 nm til 2 nm og fra Samsung SF3 til 2 nm (sekundærkilder)	Vanskelig å matche effektiviteten i fremste node	Strømprisen og halveringssyklusen avgjør marginene
KI-treningsbrikke	Ingen frittstående brikke: IP, chiplets, designtjenester	N3P, så N2/A16; 2–8 chiplets; sikre CoWoS og HBM tidlig	SMIC N+2/N+3 med innenlandsk HBM (Huawei-modellen); FP8 per brikke om lag 0,2–0,5 ganger NVIDIAs, kompensert med systemskala	Pakking og HBM er flaskehalsen
KI-inferensbrikke	SRAM-sentrert eller fastkoblet, N6/N7 eller N4/N5/SF4; bare INT8, FP8 og FP4	N3/N2 med HBM (lang kontekst, mixture of experts), eller SRAM med flere chiplets	SMIC N+2 med LPDDR eller GDDR; minne i HBM-klassen er flaskehalsen	Graden av arkitektonisk binding er den sentrale beslutningen
ZK-akselerator	Start på FPGA eller MPW på 16/12 nm; så N7/N6 og N5	N5/N3	SMIC N+1/N+2 er gjennomførbart	Heltallsbasert og deterministisk; lett å verifisere
FHE-akselerator	FPGA (mot referansen med åpen kildekode) eller MPW på 16/12 nm; volum krever HBM	N5/N3 med HBM	Begrenset av tilgang til HBM	Minnebåndbredde, ikke aritmetikk, bestemmer hastigheten

Avansert eller moden, fire typer støperier, og chiplets

Alternativ	Viktigste styrker	Viktigste svakheter	Best for
Ledende noder (N3/N2, SF3/SF2, Intel 18A)	Hver hele node halverer omtrent energien per operasjon; tett SRAM	Wafere 3–10 ganger, masker 5–15 ganger og designbudsjetter 10–20 ganger dem for modne noder; leveringstider over 50 uker; kostnaden per transistor på N2 kan stige	Regnebrikker med stabile algoritmer som går døgnet rundt; treningsbrikker
Modne noder og mellomnoder (N7/N6, N16/12, N28)	Masker i millionklassen, billig MPW, rask iterasjon, mange støperier (TSMC, UMC, GlobalFoundries, SMIC)	Ikke konkurransedyktig effektivitet ved full belastning døgnet rundt	Prototyper, nisjemarkeder, inferens på kanten
TSMC	Det beste utbyttet og økosystemet	De høyeste prisene; trang kapasitet på N2/N3; lange køer for CoWoS	Team som jager effektivitetsfronten med volumforpliktelser
Samsung Foundry	Wafere om lag 20–25 % billigere (SF3 om lag 15 000 dollar mot om lag 20 000 dollar for N3); brukt av blant andre Groqs andre generasjon	Støperivirksomheten taper penger og sikter mot balanse innen utgangen av 2027	Kostnadsfølsomme regnebrikker
Intel Foundry	Komplekse brikker som Heracles bevist på Intel 3	Ingen offentlige eksterne priser eller kundedata for 18A; støperivirksomheten taper penger	Vurder økosystem og støtte i hvert enkelt tilfelle
Støperier i fastlands-Kina (SMIC og andre)	Nær et stort innenlandsk marked; 28 nm-wafere til 1 500–2 500 dollar	Kapasitet i 7 nm-klassen om lag 45 000–60 000 wafere i måneden, i stor grad tatt av Huawei; utbytte om lag en tredjedel av TSMCs; 40–50 % høyere kostnader; bare DUV	Inferens-, utvinnings- og ZK-brikker for det innenlandske markedet
Chiplets	Overvinner grensene for retikkel og utbytte; standard for HBM-systemer (MI355X, Ironwood, Trainium3)	Høyere pakkekostnad og avhengighet av CoWoS; testing av kjent god die gir ekstra kostnad	Trenings- og store inferensbrikker; ikke nødvendig for små utvinnings- eller ZK-brikker

KAPITTEL 10

ET TRINNVIS BUDSJETT

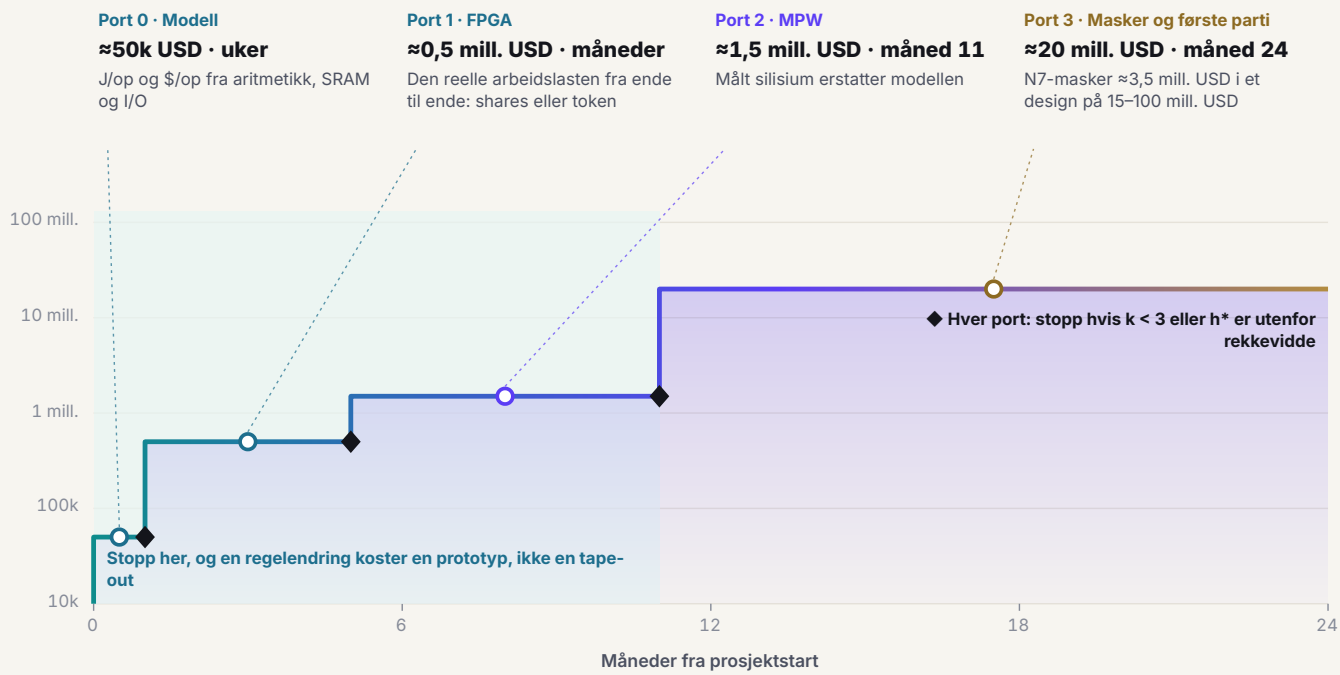
10 Fra modell til silisium: et trinnvis budsjett for en første brikke

Kjøp bevis før masker

En fullkundetilpasset brikke er en serie veddemål, hvert større enn det forrige, og disiplinen består i å kjøpe bevis før man kjøper masker. Jeg bruker fire porter analyse. Port 0 er en modell: en arkitekturstudie som anslår J/op og $/op ut fra aritmetikken, SRAM-en og I/O, mot referansemaskinvaren i kapittel 7; den koster uker og titusenvis av dollar. Port 1 er en FPGA-prototyp som kjører den reelle arbeidslasten fra ende til ende, shares fra utvinning eller inferenstoken, og beviser dataveien og protokollintegrasjonen; den koster noen måneder og noen hundre tusen dollar. Port 2 er en flerprosjektwafer: en kommersiell plass koster om lag 50 000–150 000 dollar på N28 og 100 000–500 000 dollar på N7, og målt silisium erstatter modellens energianslag. Port 3 er hele maskesettet og det første produksjonspartiet: masker på om lag 1 million dollar på N28, 3,5 millioner dollar på N7 og 15 millioner dollar på N3, innenfor et designbudsjett på 15–100 millioner dollar på 7/6 nm. Hver port trenger et tall som stopper prosjektet, for eksempel k under 3 mot den marginale maskinvaren, eller en tilbakebetalingshashrate h* som vinduet ikke kan nå.

FIG. 09 **Kjøp bevis før masker: et trinnvis budsjett for en første brikke**

Akkumulert forbruk i amerikanske dollar for et N7/N6-prosjekt gjennom fire porter, log. skala; hver port har et tall som stopper prosjektet



Kilde: Wafer-, MPW- og maskepriser som i kapittel 9 (Silicon Analysts, AnySilicon, modellverdier); tidspunkter og forbruk per port er forfatterens illustrerende antakelser.

Trappen er bratt. I et N7/N6-prosjekt koster de tre første portene til sammen om lag 1,5 millioner dollar og om lag elleve måneder; den fjerde koster over ti ganger så mye estimat. Derfor betyr rekkefølgen mer enn noden: hvis protokollen endrer aritmetikken, eller kjøperen trekker seg, taper et team som stoppet ved port 2, prisen for en prototyp, ikke for en tape-out.

Hva hver brikke koster, og hva som må være sant

Prosjekt	Port 2 (prototyp)	Port 3 (node og designbudsjett)	Én god 100 mm²-die	Hva som må være sant for å betale seg tilbake
Inferensakselerator som kan utvinne	MPW på 16/12 nm eller N7, 0,1–0,5 millioner dollar	N6/N7, om lag 15–30 millioner dollar estimat	Om lag 17 dollar på N7, før pakking og minne	En signert inferenskunde bærer det meste av NRE; utvinningsinntekt er oppside, ikke grunnscenarioet
Dedikert INT7-utvinner for Pearl (ikke anbefalt nå)	MPW på 28 nm, 0,05–0,15 millioner dollar	N7/N6, om lag 20 millioner dollar	Om lag 17 dollar på N7	Om lag 4,9 EH/s et helt år med p = 1, eller 9,8 EH/s med p = 0,5 (kapittel 7)
ZK-akselerator	FPGA, så MPW på 16/12 nm	N7/N6, så N5	Om lag 10 dollar på N16, 17 dollar på N7	Bevissystemene samler seg om MSM- og NTT-kjerner som et fast design kan betjene
FHE-akselerator	FPGA mot referansen med åpen kildekode	N5/N3 med HBM, 30 millioner dollar eller mer	Dominert av HBM og pakking	En kjøper av kryptert KI i volum, som ennå ikke finnes

To kommersielle poenger følger. For det første er den billigste effektiviteten arkitektonisk: å holde operandene i SRAM og utelate HBM og CoWoS fjerner det meste av kostnaden til en GPU (om lag 63 % av materialkostnaden for en H100) før noen node er valgt. For det andre er tid en kostnad: et nytt team trenger om lag 18 til 24 måneder fra start til volum, og leveringstidene i fremste node overstiger 50 uker, så en protokoll som endrer aritmetikken med noen måneders mellomrom, kan gjøre en brikke foreldet før port 3 har betalt seg.

Tre regler for et lite team

Samlet gir disse tallene tre regler analyse. For det første: **bli ved port 1 eller 2 til det finnes en navngitt kjøper eller en låst protokollversjon**; verken tokenprisen eller hashraten erstatter noen av dem. For det andre: **kjøp k med arkitektur først og med node dernest**: en SRAM-basert array på N7 kan slå en generell brikke på N3 for én arbeidslast, til en brøkdel av maskekostnaden. For det tredje: **skriv ned tilbakebetalingshashraten eller -volumet, med p, før tape-out**, og pris betalinger etter milepæler mot en fast protokollversjon, slik at kunden, ikke designhuset, bærer regelrisikoen.

KAPITTEL 11

11 MULIGHETER
Hvor mulighetene er, og hva jeg ville gjort

Spesialbrikker: etterspørselen kommer overveldende fra KI

I 2026 kommer etterspørselen etter spesialbrikker overveldende fra KI. Broadcoms inntekt fra KI-halvledere i tredje kvartal av regnskapsåret 2026 var 16,7 milliarder dollar, opp 221 % fra året før, om lag 58 milliarder dollar for året, 73 % av det fra XPU-er for seks kunder (fra en automatisk transkripsjon av resultatpresentasjonen). Global Unichips inntekt i andre kvartal steg 128 % fra året før, med inntekt fra nøkkelferdig produksjon opp 188 % og en bruttomargin på 21,5 %. Alchips inntekt i første kvartal fordelt på node var 21 % på 3/2 nm, 63 % på 7/5 nm og 16 % på 12 nm og større. VeriSilicons nye ordrer for 2026 nådde 8,24 milliarder RMB (om lag 1,16 milliarder dollar) ved utgangen av april, 91,37 % av dem for KI-databehandling. Markedet har tre nivåer: øverst flerårig samutvikling verdt milliarder; i midten prosjekter fra 7 nm til 2 nm med NRE fra noen få millioner til over hundre millioner dollar (5–30 millioner dollar på mellomnoder, 30–100 millioner dollar eller mer i fremste node); og en lang hale av ASIC-er på modne noder med NRE på 0,5–5 millioner dollar. Kunder innen krypto og utvinning er en liten, syklisk nisje, men de er den raskeste og mest tillatelsesfrie «første kunden» som betaler for regnekraft i dag.

Kompetansen til et team for utvinningsbrikker som lar seg overføre best, lavspenningsdrift nær terskelen, massivt replikerte regnearrayer, kraftforsyning og kjøling i kilowattklassen og raske tape-outs på ledende noder, er nøyaktig det inferensbrikker og ZK- og FHE-akseleratorer trenger. Kapitalmarkedene priser dette: Velaura AI (tidligere Auradine) hentet 110 millioner dollar i august til en verdsettelse på over 1 milliard dollar. Moteksempelet er Canaans enhet for edge-KI-brikker, som hadde en inntekt på 0,9 millioner dollar i regnskapsåret 2024 mens den brukte 15 % av driftskostnadene, og ble lagt ned i juni 2025. Forskjellen ligger i en uavhengig vei til markedet, ikke i gjenbruk av utvinningskanaler.

KI-utvikling: timer er en råvare; verdien ligger i skjøtene

I den lave enden er tjenester for KI-utvikling blitt en råvare: typiske timepriser på Clutch er 25–49 dollar, og 50–99 dollar i USA, Canada og lignende markeder; et team for blokkjedeutvikling koster om lag 15 000 til over 90 000 dollar i måneden. Å selge timer har ingen vollgrav. Verdien ligger i skjøtene mellom fagfeltene: kjerner og kompilatorer for spesialbrikker, utvinning innebygd i inferenstjenester (Pearls vLLM-tillegg er ett eksempel), verifiserbar inferens som kombinerer TEE-er med ZK-stikkprøver, og betalinger og identitet for agenter.

KI × krypto-systemer: sikre kjøperen av regnekraft før tokenet

For alle som designer en KI-nativ kjede eller et regnekraftnettverk, har verktøykassen for verifisering i 2026 tatt form. I rekkefølge etter kostnad per arbeidsenhet, fra lavest til høyest: statistisk utvalg (Hyperbolics bevis på sampling), delegering med dommer (Gensyns Verde, som bare trenger én ærlig verifikator, men krever bitnøyaktig kjøring), TEE-er (nær nativ hastighet, men tillit til brikkeleverandøren), full redundans og generell zkML. Den praktiske utformingen er lagdelt: TEE-er eller utvalg for lav forsinkelse, tvisteløsningsspill eller ZK-stikkprøver for endelighet; en artikkel fra desember 2025 simulerte konfidensiell databehandling på H100 med svindelbevis og tilfeldige ZK-stikkprøver ved 99 % av sentralisert gjennomstrømning og en marginalkostnad på 0,07 dollar per spørring. Maskinvarefilosofien avgjør sikkerhet og distribusjon: GPU-nativ PoUW er i begynnelsen beskyttet av

leiebare GPU-er i skyen, så angrepskostnaden er knyttet til leieprisene, og Qubic viser at arbeidsbevis på generell maskinvare kan erobres i sin helhet av eksterne insentiver.

Kostnad og tid er ikke barrieren. Pearl gikk fra artikkel (april 2025) til mainnet på om lag 12 måneder, forket fra btcd, med fullnode, lommebok, lettklient og utvinner ved lanseringen. De fleste DeFi-revisjoner koster 25 000–100 000 dollar, revisjoner for bedrifter eller flere kjeder 150 000–250 000 dollar eller mer, ZK-kretser 80 % til 120 % mer, og prosjekter med reell verdi på spill budsjetterer 150 000–500 000 dollar i året til sikkerhet. De reelle barrierene er distribusjon og likviditet. Grunnleggere forteller at Binance har bedt om 0 % til 3,5 %, og angivelig 8 %, av tokentilbudet for en notering (Binance benekter å tjene på noteringer); alle de seks prosjektene Cointelegraph gjennomgikk som brukte market making-avtaler med «tokenlån pluss kjøpsopsjon», falt, og Movements market maker solgte tokener for om lag 38 millioner dollar på noteringsdagen. Alternativene er likviditet på kjeden, som med Hyperliquid, som passerte 10 milliarder dollar i markedsverdi uten Binance-notering og der HIP-3-markedene for evigvarende kontrakter passerte 3,2 milliarder dollar i åpne posisjoner i juni, og offentlige salg gjennom store børser, som da Monad hentet 269 millioner dollar gjennom Coinbase. En høy fullt utvannet verdi med lav fri flyt var den tydeligste indikatoren på fall etter lansering i 2025–2026.

Tokendesign er en del av systemdesignet. Utstedelsen bør følge betalt etterspørsel, ikke gå foran den: nettverkene i denne rapporten med de sunneste subsidiemultiplene knytter belønninger til arbeid som en ekstern kjøper betaler for, og de med de dårligste betaler for hashrate eller innsats uten noe bak. En praktisk regel er å publisere, før lansering, subsidiemultippelen nettverket sikter mot i første, andre og tredje år, og å kutte utstedelsen når målet ikke nås analyse.

Retning	Hvem som kjøper, og betalingsvilje	Vindu	Sentrale ferdigheter	Hovedrisiko
Inferensakselerator som kan utvinne	Neoskyer, private installasjoner, PoUW-nettverk	2027–2028 (avhengig av FP8- og FP4-forkene)	INT8-, FP8- og FP4-GEMM; SRAM-arkitektur; protokollintegrasjon	Opptak i protokollen, arkitektonisk binding
SRAM-basert eller fastkoblet inferensbrikke	Neoskyer, datasentre i fastlands-Kina, kanten	Nå	Kompilatorer og modelltilpasning; design på N6–N4	Modellene endres for raskt
Utvinningsbrikke (nisje eller vertikalt integrert)	Utvinnere med egen kraft; utvinnere for hjemmet og til oppvarming	Nå, begrenset av halveringen og hashprisen	Lavspenningsarrayer, effektivitet, forsyningskjede for volum	Priskriger fra de etablerte, strømpriser
Akselerasjon av ZK-bevising	Provernettverk, rollups	Vent til bevissystemene konvergerer	Programmerbar MSM og NTT	Etterspørselen avhenger av tokenbelønninger
FHE-akselerasjon	Kryptert KI for bedrifter og myndigheter; personvernkjeder	2027–2029	NTT, HBM-systemer, kryptografisk ingeniørarbeid	Etterspørselen ennå ikke dannet; lange salgssykluser
Herding av TEE og verifiserbar inferens	Nettverk for konfidensiell inferens, DePIN	Nå	Minnekryptering med integritet, uavhengige attesteringsrøtter, ZK-stikkprøver	Avhengighet av leverandørenes økosystemer
KI-nativ kjede eller regnekraftnettverk	Inferenskjøpere, utvinnere, utviklere	Nå	Verifiseringsdesign, utstedelsesdesign, distribusjon	Fall etter lansering, tokenlikviditet

Tre veier jeg ville valgt, hver med et første steg

Hvis jeg måtte velge, ville jeg tatt høyst tre veier, hver med et lite første steg som tester den før penger forpliktes analyse.

- **Vei A: en inferensakselerator som også kan utvinne.** Første steg: en fireukers arkitekturstudie som modellerer J/op og $/op for en SRAM-basert INT8/FP8-GEMM-array mot RTX 5090 og H100, både på Pearls arbeid og på transformer-inferens, fulgt av validering på FPGA eller MPW på moden node med en NRE i størrelsesordenen én million dollar.
- **Vei B: tjenester for spesialsilisium med krypto som første kunde og KI som andremarked.** Første steg: gjør rapportens NRE- og break-even-modell om til en betalt mulighetsstudie for prosjekter med regnebrikker, med betaling etter milepæler og godkjenning mot en fast protokollversjon.
- **Vei C: et KI-nativt nettverk som signerer kjøperen av regnekraft før tokenet.** Første steg: et designnotat om lagdelt verifisering (TEE pluss utvalg pluss ZK-stikkprøver) og om en leverandørnøytral kanonisk aritmetikk, skrevet sammen med én navngitt inferenskjøper før noe tokendesign.

KAPITTEL 12

12 SIGNALER Å FØLGE
Hva å følge med på, november 2026 til 2027

Når	Hva å følge med på	Hvorfor det betyr noe
Når som helst	Pearls aktiveringshøyde for FP8	Avgjør om heltallsmaskinvare og kort som ikke er fra NVIDIA, fortsatt slippes inn, og om kjeden splittes
Månedlig	Pearls andel av blokker som bærer KI-arbeid	Den beste enkelttesten på om «nyttig» er i ferd med å bli sant
Månedlig	Om inferensleverandører gir utvinningsinntekten videre til kundene	Betalt etterspørsel møter utstedelse: modellen Pearl trenger
Kvartalsvis	Bittensors verifiserbare inntekt mot utstedelsen	Om det største nettverket med nyttig arbeid tetter subsidiegapet sitt
Kvartalsvis	Andelen x402-strømmer som faktisk er startet av agenter	Om agentbetalinger går fra signalering til handel
Januar 2027	TSMCs omtalte prisøkning på 3 % til 6 %, mest for 2 nm og 3 nm	Kostnaden for tape-outs i fremste node
Første kvartal 2027	FP4 i Pearl, ifølge referat fra grunnleggernes AMA	En ytterligere dreining av arbeidet mot NVIDIAs nyeste formater
Utgangen av 2027	Samsung Foundrys mål om å gå i balanse	Om en billigere andre kilde forblir sunn
April 2028	Bitcoins neste halvering	Halverer potten for SHA-256-utvinnere

KAPITTEL 13

13 SPØRSMÅL Å STILLE
Spørsmål du ikke stilte, men burde ha stilt

Spørsmålene nedenfor er dem jeg ville stilt før jeg forpliktet penger eller silisium til et KI × krypto-prosjekt.

Hvem kontrollerer arbeidsfunksjonen? Hvis et lite team kan endre aritmetikken ved en hardkodet høyde, er levetiden til maskinvaren din deres beslutning. Be om en skriftlig forpliktelse til stabilitet, eller design maskinvare med et andremarked.

Hva er subsidiemultippelen? Del utstedelsen (eller markedsverdien) på inntekt betalt fra utenfor nettverket. En multippel over 10 betyr at nettverket kjøper aktivitet, ikke selger en tjeneste.

Hva koster neste port, og hvilket tall stopper deg? En flerprosjektwafer koster titusener eller hundretusener av dollar; et maskesett koster millioner. Bestem stopptallet før du bruker pengene.

Hva er tilbakebetalingshashraten, med p? Del NRE på R × (1 − 1/k) × T × p. Hvis svaret er en stor andel av nettverket, er brikken et veddemål på reglene, ikke på silisiumet.

Hva er brikkens andremarked? Hvis protokollen forkes eller tokenet faller, hva annet kan silisiumet selges inn i? GPU-er overlevde Ethereums Merge fordi de hadde ett; ASIC-er for én algoritme gjorde det ikke.

Havner verdien i tokenet eller i aksjene? I 2026 er de lønnsomme KI × krypto-selskapene for det meste aksjeselskaper med kryptodistribusjon; bestem hvilket av de to du bygger før du henter penger.

Hvem er den første betalende kunden, ved navn? Hvert varig tilfelle i denne rapporten, fra Grass til Bittensors subnett for regnekraft, begynte med en navngitt kjøper utenfor nettverket.

Dette er områder jeg gjerne vil utforske sammen med andre, gjennom teknisk utveksling og teknisk samarbeid: spesialbrikker for utvinning, KI-trening og -inferens, og akseleratorer; KI-utvikling; og KI × krypto-systemer fra kjede til node til brikke. Du når meg på i@tanshuai.com.

Begrensninger ved denne rapporten

Dette er skrivebordsforskning basert på offentlige dokumenter frem til 13. november 2026. Jeg gjorde ingen primærintervjuer og ingen uavhengige målinger for denne utgaven. Flere sentrale tall er påstander fra selskaper eller leverandører, som Aethirs inntekt, Grass' inntekt, ytelsen til Etched og Taalas og Cysics effektivitet; de er merket som det. Kjedemåltall for Pearl kommer fra en uavhengig fullnode og fra utvinningsgrupper og endres fra time til time; jeg brukte avlesningene rundt kl. 07:13 UTC 13. november og oppgir intervaller for samme dag. Wafer-, maske- og designkostnader er tredjepartsestimater og modellverdier som spriker innbyrdes; jeg viser intervaller. Mitt break-even-regnestykke for ASIC-er og det trinnvise budsjettet bruker illustrerende antakelser (k, T, p, NRE og kostnader per port) som leseren bør erstatte med sine egne.

Om forfatteren

Tan Shuai er teknolog og gründer med over tjue års arbeid innen brikker, maskinvare og systemprogramvare, og 20 innvilgede patenter. Han har mange år med fabless brikkeutvikling og -ledelse bak seg, blant annet fullkundetilpasset design av ASIC-dataveier for utvinningsbrikker for kryptovaluta og multimediebrikker for kameraer, og det er linsen for denne rapporten: energi per operasjon, kostnad per wafer, hva en protokoll lar deg låse i silisium, og hvem som betaler. Arbeidet har tatt ham gjennom Silicon Valley, New York, Chicago, Taiwan, Greater Bay Area (Shenzhen og Hongkong), Vietnam og Malaysia. I dag arbeider han som KI-forsker og -utvikler.

Teknisk diskusjon: i@tanshuai.com · tanshuai.com

Merknader og ansvarsfraskrivelse

Denne rapporten er uavhengig skrivebordsforskning basert på offentlige dokumenter tilgjengelige frem til 13. november 2026. Den gis kun til informasjon og læring og er ikke investerings- eller teknisk rådgivning. Den omhandler bare teknologi og forretning. Priser, kjedemåltall og protokollregler endres; kontroller alt du bygger på, mot primærkilden. Tall merket `leverandørpåstand`, `estimat` eller `analyse` skal leses som det. Priser på kryptoeiendeler er svært volatile.

© 2026 Tan Shuai. Du kan dele denne rapporten uendret med kildeangivelse.

Kilder

Alle lest mellom 10. og 13. november 2026. Gruppert etter kapittel.

Pearl: protokoll, kode og kjededata

- Komargodski and Weinstein, "Proofs of Useful Work from Arbitrary Matrix Multiplication", arXiv 2504.09971: https://arxiv.org/abs/2504.09971
- Pearl Research Labs, INT-hvitbok: https://pearlresearch.ai/research/int-whitepaper
- Pearls kildekode: genesisblokk: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/node/chaincfg/genesis.go ; konsensusparametere og forkhøyder: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/node/chaincfg/params.go ; beregning av hashrate: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/zk-pow/src/api/sanity_checks.rs ; oppgraderingsveiledning for forken med saltet frø: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/docs/salted-seed-fork-upgrade-guide.md ; parametere i fp8-scheme-grenen: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/fp8-scheme/node/chaincfg/params.go
- Pearl Improvement Proposals: https://github.com/pearl-research-labs/pips ; PIP-3, utvinning med flyttall: https://github.com/pearl-research-labs/pips/blob/main/PIPS/pip-0003.md
- prlstats (uavhengig fullnode): nettverk: https://prlstats.com/api/network ; serier: https://prlstats.com/api/series ; forside og modell for utvinnerinntekt: https://prlstats.com/api/home ; utvunnet tilbud: https://prlstats.com/api/mined ; utvinningsgrupper: https://prlstats.com/api/pools ; innehavere: https://prlstats.com/api/holders ; antakelser om maskinvare og overhead: https://prlstats.com/api/assumptions
- Kryptex Pool: Pearl-nettverket: https://pool.kryptex.com/prl/about-coin ; hashrate: https://pool.kryptex.com/prl/hashrate ; RTX 5090: https://pool.kryptex.com/de/device/gpu/nvidia/nvidia-geforce-rtx-5090 ; RTX 4090: https://pool.kryptex.com/device/gpu/nvidia/nvidia-geforce-rtx-4090 ; "Pearl FP8 fork": https://pool.kryptex.com/articles/pearl-fp8-fork-en
- CoinGecko, Pearl: https://api.coingecko.com/api/v3/coins/pearl-2 ; https://www.coingecko.com/en/coins/pearl-research ; prishistorikk: https://api.coingecko.com/api/v3/coins/pearl-2/market_chart?vs_currency=usd&days=365&interval=daily ; søk etter tickeren «Perle»: https://api.coingecko.com/api/v3/search?query=perle
- SimeonOnSecurity, "Mining Pearl (PRL) in 2026": https://simeononsecurity.com/articles/pearl-prl-mining-guide-2026/
- Hashrate Index, "Pearl (PRL): Inside the AI-Compute Cryptocurrency", 2. juni 2026: https://hashrateindex.com/blog/pearl-prl-ai-compute-cryptocurrency/
- Tom's Hardware, "New AI compute cryptocurrency Pearl sparks a GPU mining rush, but profitability is sliding": https://www.tomshardware.com/tech-industry/cryptomining/new-ai-compute-cryptocurrency-pearl-sparks-a-gpu-mining-rush-but-profitability-is-sliding
- Together AI, partnerskap med Pearl Research Labs: https://together.ai/blog/together-ai-partners-with-pearl-research-labs ; modellside: https://together.ai/models/gemma-4-31b-it-pearl
- Basu, opptelling av Pearls utvinningsinstanser, arXiv 2606.04819: https://arxiv.org/html/2606.04819v2
- Blockworks, nyhetsbrevet 0xResearch, 28. oktober 2026: https://blockworks.com/newsletter/0xresearch/issue/post_daf0d74a-2bf4-41e4-86d3-2a1275475a24
- Datawallet, "Pearl Explained": https://www.datawallet.com/crypto/pearl-explained
- Coingabbar om TheMarkers omtale av finansieringen til Pearl Research Labs: https://www.coingabbar.com/en/pearl-research-labs-funding-130m-stealth-round-themarker

Kjeder med nyttig arbeid og historikk

- Grothe mfl., sikkerhetsanalyse av Gridcoin, USENIX WOOT 2017: https://www.usenix.org/system/files/conference/woot17/woot17-paper-grothe.pdf
- Forfalskning av bevis på læring, arXiv 2208.03567: https://arxiv.org/abs/2208.03567
- hoge.gg, verifisering og tillit i desentralisert inferens: https://hoge.gg/decentralized-inference-2026-verification-trust/ ; Bittensors inntekt og reserver: https://hoge.gg/bittensor-quantum-wallet-revenue-tao-treasury-2026/
- Kaspa: matrisekoden i kHeavyHash: https://github.com/kaspanet/rusty-kaspa/blob/master/consensus/pow/src/matrix.rs ; lansering: https://coinranking.com/coin/V8GxkwWow+kaspa-kas/about ; IceRivers kunngjøring av KS1/KS2: https://www.iceriver.io/2023/03/14/1677644580/ ; historikken fra GPU til ASIC: https://captainmining.com/blogs/crypto-news/the-evolution-of-kaspa-mining-from-gpus-to-asic-powerhouses ; GPU-hashrater: https://coincalculators.io/algorithms/kheavyhash ; KS7: https://www.asicminervalue.com/miners/bitmain/antminer-ks7-40th ; nettverk: https://minerstat.com/coin/kas ; 1 EH/s i 2024: https://ourcryptotalk.com/news/kaspa-reaches-1-ehs-in-hashrate ; Crescendo: https://ourcryptotalk.com/news/kaspa-crescendo-live
- Aleo: ofte stilte spørsmål om mainnet: https://aleo.org/post/aleo-mainnet-faq/ ; desentralisert bevising: https://aleo.org/post/decentralized-proving-advantages/ ; ASICs: https://whattomine.com/coins/432-aleo-zksnark/asics ; Blockworks, "State of Aleo Q3 2025": https://app.blockworks.com/report/state-of-aleo-q3-2025 ; ARC-46: https://chaincatcher.com/en/article/2144326
- Qubic: The Block om reorganiseringen av Monero: https://www.theblock.co/post/366535/monero-faces-chain-reorganization-fears-after-qubic-says-it-controls-51-of-hashrate ; Halborn: https://www.halborn.com/blog/post/explained-the-monero-51-percent-attack-august-2025 ; utvinning av Dogecoin: https://hackernoon.com/qubic-is-now-mining-dogecoin-on-its-ai-compute-infrastructure ; CoinGecko: https://www.coingecko.com/en/coins/qubic

- Bittensors dokumentasjon av konsensus: https://www.bittensor.com/llms.mdx/docs/internals/consensus/content.md ; FalconX, "State of Bittensor": https://www.falconx.io/newsroom/state-of-bittensor-subnet-adoption-trends-network-mechanics-and-covenants-departure
- Primecoin: https://en.wikipedia.org/wiki/Primecoin ; Blockworks, "State of Filecoin Q3 2025": https://app.blockworks.com/report/state-of-filecoin-q3-2025
- Monero og forker for ASIC-motstand: https://lbry.com/news/forking-for-asic-resistance ; Sias fork: https://hotfix.coindesk.com/markets/2018/11/01/sia-completes-hard-fork-as-bricked-miners-form-rival-blockchain ; Obelisk-priser: https://www.cryptoglobe.com/latest/2018/11/obelisk-hardware-skyrockets-in-selling-price-after-sia-hard-fork/ ; utvinnere etter the Merge: https://hotfix.coindesk.com/business/2022/11/11/ex-ethereum-miners-token-hop-to-stay-alive-after-the-merge

Sektorer innen KI × krypto

- DefiLlama: Render: https://defillama.com/protocol/render-network-bme ; Livepeer: https://defillama.com/protocol/livepeer
- Cointelegraph om Messaris tall for DePIN-inntekt: https://cointelegraph.com/news/depin-revenues-grow-despite-token-losses
- Aethir, oppsummering av 2025: https://aethir.com/blog-posts/aethirs-2025-wrap-up-decentralized-gpu-cloud-milestones
- CoinGecko, KI-kategorien: https://www.coingecko.com/en/categories/artificial-intelligence
- Akash, leiepriser for H100: https://akash.network/the-bid/h100-rental-price-2026-cost-per-hour/ ; rapport for 1. kv. 2026: https://akash.network/blog/akash-network-q1-2026-report/
- io.net, avtale på 8 millioner dollar og daglige token: https://lifestyle.kbew98country.com/story/271004/io-net-to-burn-up-to-12m-tokens-as-network-closes-8m-deal-and-hits-4-billion-daily-ai-tokens/
- DCD, Axe Computes kontrakt: https://www.datacenterdynamics.com/en/news/axe-compute-secures-15bn-compute-contract-with-unnamed-customer/
- Pluralis-8B: https://www.alphaxiv.org/abs/2607.13332.md ; Nous Research, Psyche: https://nousresearch.com/the-next-phase-of-psyche ; Implicator om INTELLECT-3: https://www.implicator.ai/prime-intellects-intellect-3-open-source-ambition-meets-centralized-reality/
- SiliconANGLE, finansieringen til Prime Intellect: https://siliconangle.com/2026/07/08/prime-intellect-raises-130m-1b-valuation-ai-training-platform/ ; The Block, Venice: https://www.theblock.co/post/406934 ; RuntimeWire, finansieringen til Nous: https://runtimewire.com/article/nous-research-75-million-round-1-5-billion-valuation
- ownyourmind, Gensyn: https://ownyourmind.ai/projects/gensyn/ ; Phemex, Ritual (bare overskrift): https://phemex.com/news/article/ritual-launches-ai-layer-1-mainnet-and-ritual-token-price-dives-72-from-high-101259
- Overhead ved konfidensiell databehandling, arXiv 2409.03992: https://arxiv.org/abs/2409.03992v2 ; Phalas rapport for 2025: https://phala.com/posts/phala-2025-report ; TEE.fail: https://thehackernews.com/2025/10/new-teefail-side-channel-attack.html ; DeepProve, IACR ePrint 2026/1112: https://eprint.iacr.org/2026/1112
- TRM Labs, måling av betalinger fra KI-agenter: https://www.trmlabs.com/trm-tech-blog/whos-actually-paying-measuring-ai-agent-payments-onchain ; Forkast om x402 Foundation: https://forkast.news/the-x402-foundation-activated-a-27-year-old-internet-code-200-million-transactions-later-the-real-volume-is-still-tiny/ ; The Block, Tempos mainnet: https://www.theblock.co/amp/post/394131/tempo-mainnet-goes-live-with-machine-payments-protocol-for-agents ; BlockEden om Virtuals' aGDP: https://blockeden.xyz/blog/2026/04/21/agdp-agent-gdp-virtuals-protocol-ai-blockchain-valuation-primitive-tvl-displacement/ ; The Block om ElizaOS: https://theblock.co/post/410774/eliza-labs-native-token-dead
- Dealroom, Grass' inntekt: https://dealroom.co/news/157794-grass-backed-by-multicoin-projects-75m-in-2026-data-revenue/ ; CryptoSlate, Fetch.ai og Ocean: https://cryptoslate.com/cryptos-flagship-ai-pact-fracture-fetch-sues-ocean-over-263m-fet-community-sales/ ; Fortune om World: https://fortune.com/2026/06/01/internet-according-to-sam-altman-seeing-orb/
- Galaxy, venturekapital i krypto: https://www.galaxy.com/insights/research/crypto-blockchain-venture-capital-q3 ; Crypto Briefing (bare overskrift): https://cryptobriefing.com/crypto-vc-investment-q3-2026-galaxy/ ; Blockhead om Tiger Research: https://www.blockhead.co/2026/10/14/bitcoin-rose-43-in-q3-crypto-venture-funding-did-not-follow/ ; ForkLog om tokenlanseringer i 2025: https://forklog.com/en/85-of-tokens-launched-in-2025-fell-below-initial-prices/

ASIC-økonomi og brikketyper

- Hashrate Index, oppsummering 9. november 2026: https://hashrateindex.com/blog/hashrate-index-roundup-november-9-2026/
- AnySilicon, designkostnad for ASIC etter node i 2026: https://anysilicon.com/news/how-much-does-asic-design-cost-in-2026-real-price-ranges-by-process-node/ ; Silicon Analysts, veiledning om tape-out-kostnader for fabless-selskaper: https://siliconanalysts.com/analysis/fabless-startup-tapeout-cost-guide ; markedsdata: https://siliconanalysts.com/market-data
- MillionMiner, Bitmain S23 XP Hyd: https://millionminer.com/news/bitmain-wdms-2026-s23-xp-hyd-launch
- Khattak og Mikaitis, FP8-akkumulering i tensorkjerner, arXiv 2512.07004: https://arxiv.org/html/2512.07004v2
- Canaan, resultater for andre kvartal 2026: https://finviz.com/news/389337/canaan-inc-reports-unaudited-second-quarter-2026-financial-results ; Bitdeer, resultater for tredje kvartal 2026: https://greenstocknews.com/news/nasdaq/btdr/bitdeer-reports-unaudited-third-quarter-2026-results-record-revenue-of-us-320-7-million-adjusted-ebitda-up-173-to-us-69-6-million
- TheEnergyMag: Velaura AI: https://theenergymag.com/news/market-news/velaura-ai-series-a-bitcoin-pivot ; Core Scientific og Block: https://theenergymag.com/news/2026-07-29/core-scientific-exit-block-bitcoin-deal-ai ; økonomien i KI-leieavtaler: https://theenergymag.com/news/2026-08-06/miner-weekly-ai-pumpability-out-fuel
- Blockworks, Cipher og Fluidstack: https://blockworks.co/news/cipher-mining-inks-3b-ai-hosting-deal-with-fluidstack ; Cointelegraph, Core Scientific: https://cointelegraph.com/news/core-scientific-to-quit-bitcoin-mining-by-year-end-as-ai-business-surges ; ForkLog, Bitfarms: https://forklog.com/en/former-bitfarms-shuts-down-all-mining-sites-in-the-us/ ; IREN, resultater for 1. kv. regnskapsåret 2027: https://globenewswire.com/news-release/2026/11/05/3397020/0/en/iren-reports-q1-fy27-results.html
- Spark, markedskonsentrasjon blant bitcoin-ASIC-produsenter: https://www.spark.money/research/bitcoin-asic-manufacturer-market-concentration

- Google, dokumentasjon for TPU7x: https://docs.cloud.google.com/tpu/docs/tpu7x?hl=es ; The Register, Ironwood: https://www.theregister.com/2025/04/10/googles_7thgen_ironwood_tpus_debut/ ; SemiAnalysis, B300: https://inferencex.semianalysis.com/chips/b300 ; TPU v1-artikkelen, arXiv 1704.04760: https://arxiv.org/abs/1704.04760 ; Glenn Lockwood, MI355X: https://glennklockwood.com/garden/processors/mi355x
- Tom's Hardware, Vera Rubin: https://www.tomshardware.com/pc-components/gpus/nvidia-launches-vera-rubin-nvl72-ai-supercomputer-at-ces-promises-up-to-5x-greater-inference-performance-and-10x-lower-cost-per-token-than-blackwell-coming-2h-2026 ; TrendForce, CoWoS-priser: https://trendforce.com/news/2026/10/27/news-tsmc-reportedly-eyes-20-cowos-price-hike-skips-equipment-price-renegotiations-amid-ai-demand-surge
- Menon Lab, sammenligning av akseleratorer for KI-inferens: https://themenonlab.blog/blog/ai-inference-accelerators-compared ; Introl, KI-akseleratorer utover GPU-er: https://introl.com/blog/ai-accelerators-beyond-gpus-tpu-trainium-gaudi-cerebras-2025
- StratNews (Reuters), innenlandske KI-brikker i statsfinansierte datasentre: https://stratnewsglobal.com/team-sng/china-orders-state-funded-data-centres-to-use-domestic-ai-chips/ ; TNW, import av H200: https://thenextweb.com/news/nvidia-h200-chips-hong-kong-china-import-approval
- Succinct, bevising i sanntid på 16 GPU-er: https://blog.succinct.xyz/real-time-proving-16-gpus/ ; Cysics ZK-ASIC-produkter: https://cysic-docs.pages.dev/hardware-products/zk-asic-products
- Tom's Hardware, Intel Heracles: https://www.tomshardware.com/tech-industry/cyber-security/intels-heracles-chip-computes-fully-encrypted-data-without-decrypting-it-chip-is-1-074-to-5-547-times-faster-than-a-24-core-intel-xeon-in-fhe-math-operations ; IEEE Spectrum: https://spectrum.ieee.org/fhe-intel ; Evertiq, Niobium og SemiFive: https://evertiq.com/design/2026-02-20-semifive-secures-design-win-with-niobium-for-fhe-accelerator ; The Quantum Insider, finansieringen til Niobium: https://thequantuminsider.com/2025/12/03/niobium-23m-fhe-funding/ ; Optica OPN, Optalysys: https://www.optica-opn.org/home/industry/2026/february/optalysys_raises_us_$31_million_to_push_photonics_computing_toward_cloud_infrastructure/ ; Zama, HPU på FPGA: https://www.zama.org/post/announcing-hpu-on-fpga-the-first-open-source-hardware-accelerator-for-fhe

Prosessnoder

- Silicon Analysts, waferpriser: https://siliconanalysts.com/data/wafer-pricing
- Tom's Hardware, rykter om priser for TSMC A16: https://www.tomshardware.com/tech-industry/semiconductors/tsmc-could-charge-up-to-usd45-000-for-1-6nm-wafers-rumors-allege-a-50-percent-increase-in-pricing-over-prior-gen-wafers ; Wccftech, SMICs priser: https://wccftech.com/smic-5nm-chip-prices-up-to-50-percent-more-expensive/amp/
- EUROPRACTICE, MPW-plan for TSMC 2026: https://europractice-ic.com/wp-content/uploads/2025/11/TSMC-Europractice-MPW-schedule-2026.pdf
- Horowitz, "Computing's Energy Problem", ISSCC 2014: https://www.Gwern.net/doc/cs/hardware/2014-horowitz-2.pdf
- Tom's Hardware, veikartet for Huawei Ascend: https://www.tomshardware.com/tech-industry/artificial-intelligence/huawei-ascend-npu-roadmap-examined-company-targets-4-zettaflops-fp4-performance-by-2028-amid-manufacturing-constraints ; The Substrate, Kinas forsyningskjede for KI-brikker: https://www.the-substrate.net/p/where-chinas-ai-chip-supply-chain ; Tom's Hardware, Trainium3: https://www.tomshardware.com/tech-industry/artificial-intelligence/amazon-launches-trainium3-ai-accelerator-competing-directly-against-blackwell-ultra-in-fp8-performance-new-trn3-gen2-ultraserver-takes-vertical-scaling-notes-from-nvidias-playbook

Muligheter og lanseringsøkonomi

- Webull (Benzinga), Broadcoms resultatpresentasjon: https://www.webull.com/news/15511095937917952 ; Quartr, Global Unichip 2. kv. 2026: https://quartr.com/events/global-unichip-corp-3443-q2-2026_F9×6NJQY ; Taiwan News, Alchip: https://www.taiwannews.com.tw/news/6370946 ; Design & Reuse, VeriSilicon: https://www.design-reuse.com/news/202530457-surge-in-custom-chip-business-propels-verisilicon-s-q1-revenue-to-double-with-new-orders-skyrocketing-to-8-2-billion-yuan-increased-r-d-investment-leads-to-wider-net-loss-earnings-insight/ ; The Block, Canaans KI-enhet: https://www.theblock.co/post/359250/crypto-miner-canaan-to-shutter-non-core-ai-semiconductor-business-unit-amid-strategic-realignment
- Clutch, priser for KI-utvikling: https://clutch.co/developers/artificial-intelligence/pricing ; PixelPlex, kostnad for blokkjedeutvikling: https://pixelplex.io/blog/blockchain-development-cost/
- Hyperbolic, bevis på sampling: https://hyperbolic.ai/blog/deep-dive-into-hyperbolic-proof-of-sampling ; Gensyn, Verde: https://www.gensyn.ai/research/verde-a-verification-system-for-machine-learning-over-untrusted-nodes ; lagdelt verifisering, arXiv 2512.20176: https://arxiv.org/abs/2512.20176v1
- Sherlock, prisreferanse for revisjoner i 2026: https://sherlock.xyz/post/smart-contract-audit-pricing-a-market-reference-for-2026
- Blockworks, Binances noteringsstandarder: https://blockworks.com/news/binance-listing-standards-scrutiny ; Cointelegraph, market maker-avtaler: https://cointelegraph.com/magazine/market-maker-deals-quietly-killing-crypto-projects ; Blockworks, Movement: https://blockworks.co/news/movement-rushi-manche-suspension-market-maker-web3port ; Nansen, HIP-3: https://nansen.ai/post/what-is-hip-3-hyperliquid ; The Block, Monad: https://www.theblock.co/post/380094/monad-mainnet-launches

BEVIS PÅ NYTTIG ARBEID · KRYPTO × SILISIUM

Regnekraft som konsensus

KI × krypto × brikker i 2026, med utgangspunkt i Pearls bevis på nyttig arbeid

Hvert sentralt tall i denne rapporten har kilde og dato. Der forfatteren selv utleder et tall, er det merket som estimat; der bare selgeren oppgir det, er det merket som leverandørpåstand. Rapporten omhandler bare teknologi og forretning.

Tan Shuai

Teknolog og gründer · KI-forsker og -utvikler

tanshuai.com · i@tanshuai.com

OFFENTLIG UTGAVE · Data per 13. november 2026

