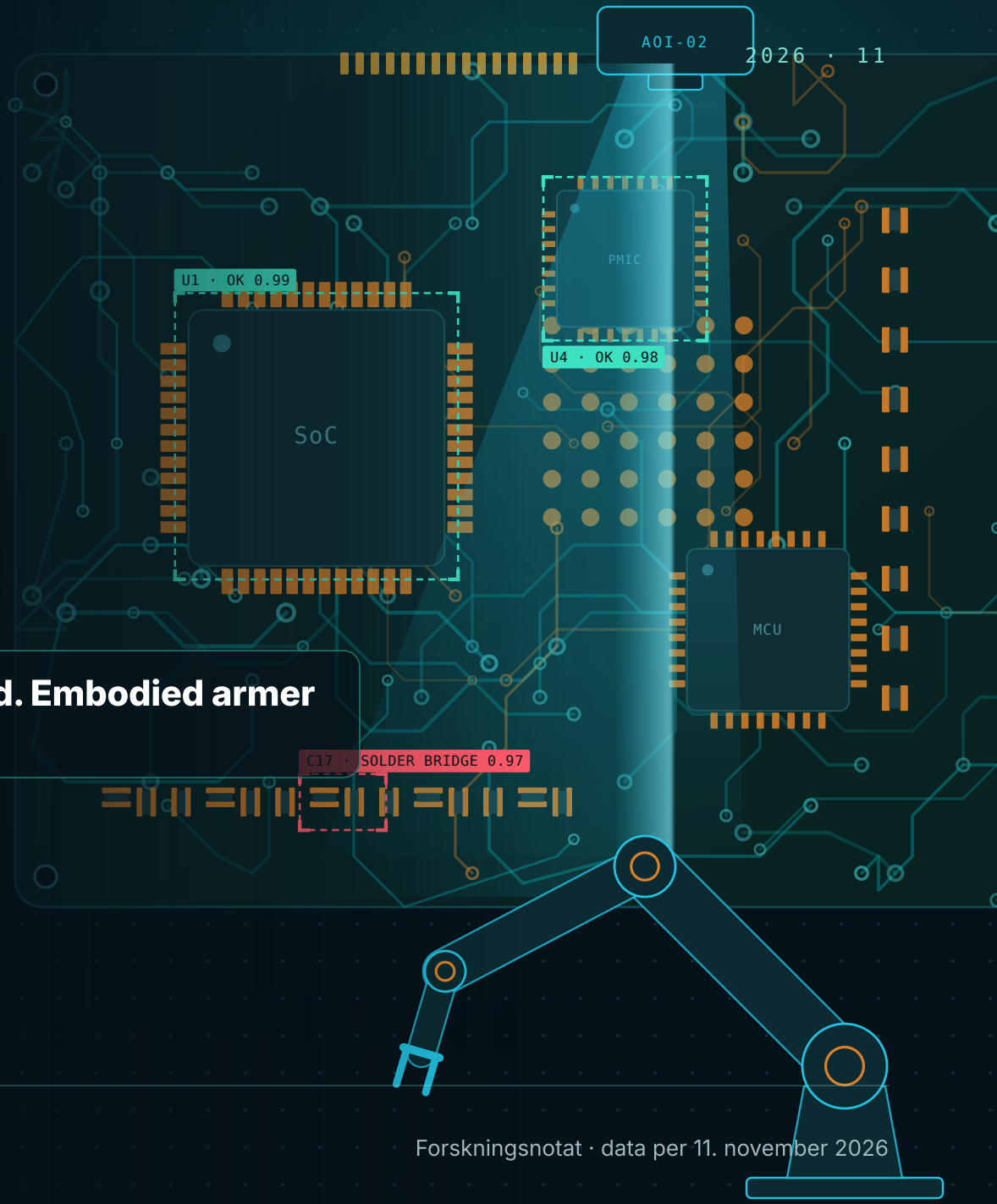
ELEKTRONIKKPRODUKSJON · AI-INSPEKSJON × ROBOTIKK

AI på SMT-linjen:

hva som betaler seg i 2026

AI-visuell inspeksjon og robotarmer i elektronikkfabrikker

Fastlands-Kina · Taiwan · Sørøst-Asia · USA



HOVEDFUNN

AI-gjennomgang er verdt å gjøre, i snever forstand. Embodied armer kan vente.

Tan Shuai
tanshuai.comi@tanshuai.com

Forskningsnotat · data per 11. november 2026

Verdt å gjøre, men snevert, nå og med partnere

HOVEDFUNN

Det som er modent i 2026, og som fabrikker vil betale for, er AI-gjennomgang og nisjeinspeksjon på AOI-bilder pluss programmert robotmating, ikke «en stor modell som ser på kort pluss embodied roboter som plukker dem».

0.46–0.65 yr

Tilbakebetaling for AI-gjennomgang i USA, Taiwan og Shenzhen, ved RMB 50k per linje

≥95% · <20 PPM

En topp-EMS' interne AI-gjennomgang: listen for salg til tier-1 EMS

100–700 RMB M

Servicebart tredjeparts retrofitmarked i Fastlands-Kina, engangs, ≈5-års vindu

0 scores

Industrielle defektbenchmarkpoeng for november 2026-flaggskipene

1.1–1.5 yr

Tilbakebetaling for en cobot-matingcelle, to skift

0.003–0.14 FTE

Arbeid en utplukkingsrobotarm sparer per skift: den betaler seg aldri

Kilde: rapportens sammendrag og kapittel 4–5; tilbakebetalings- og markedstall er forfatterens estimater.

Seks spørsmål, seks svar

① Hva fabrikker kjører

3D SPI, AOI-er før og etter reflow, stikkprøvebasert røntgen, ICT/FCT. En person gransker bak hver AOI; takt ≈13–22 s per kort.

② Hvor langt teknologien rekker

Inspeksjon er industriell kvalitet som detektor + AI-gjennomgang + noen få mennesker; ikke null mennesker til noen pris. Fastlandet: innenlandske modeller; Taiwan: kunden bestemmer; USA: toll og sertifisering.

③ Lokal og air-gapped

Praktisk; grensene er prosessuelle. En vifteløs boks ≤100 W ved linjen, servere i serverrommet, 8-bit som standard.

④ Lærer og elev

Inspeksjon: frontmodeller forhåndsmerker, mennesker avgjør, et gyllent sett porter. Armer: lærerne er fortsatt menneskelige demoer og simulering.

⑤ Kostnad og tilbakebetaling

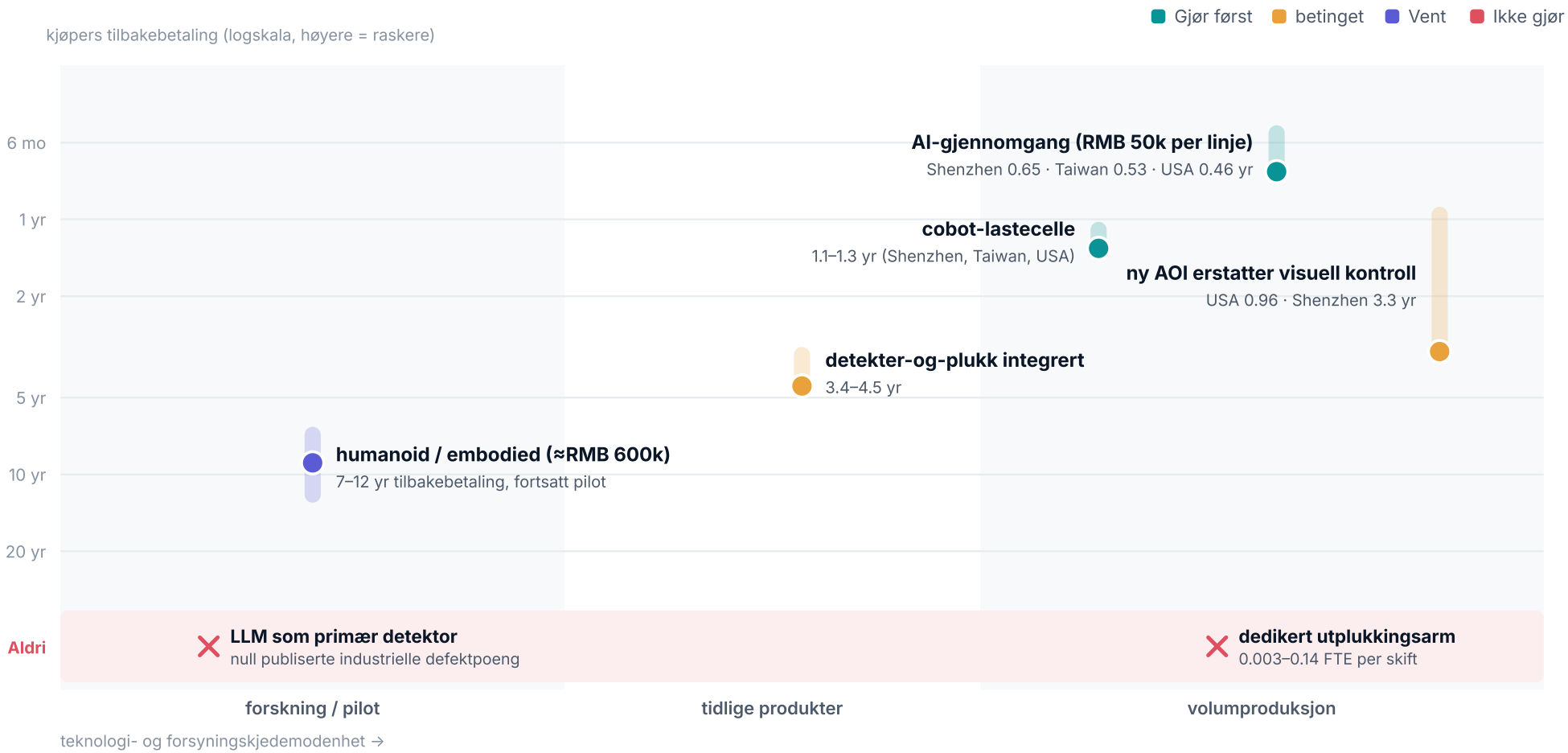
AI-gjennomgang innen ett år i USA, Taiwan og Shenzhen; cobot-mating 1.1–1.5 år; Sørøst-Asia 2–6 år; en utplukkingsarm aldri.

⑥ Nå eller vent

Reell etterspørsel, overfylt tilbud; OEM-AI etterlater et ≈5-års retrofitvindu. Inspeksjon nå, snevert; embodied AI etter 2027–28-data.

Kilde: rapportens sammendrag.

Hvor AI passer på fabrikkgulvet i dag

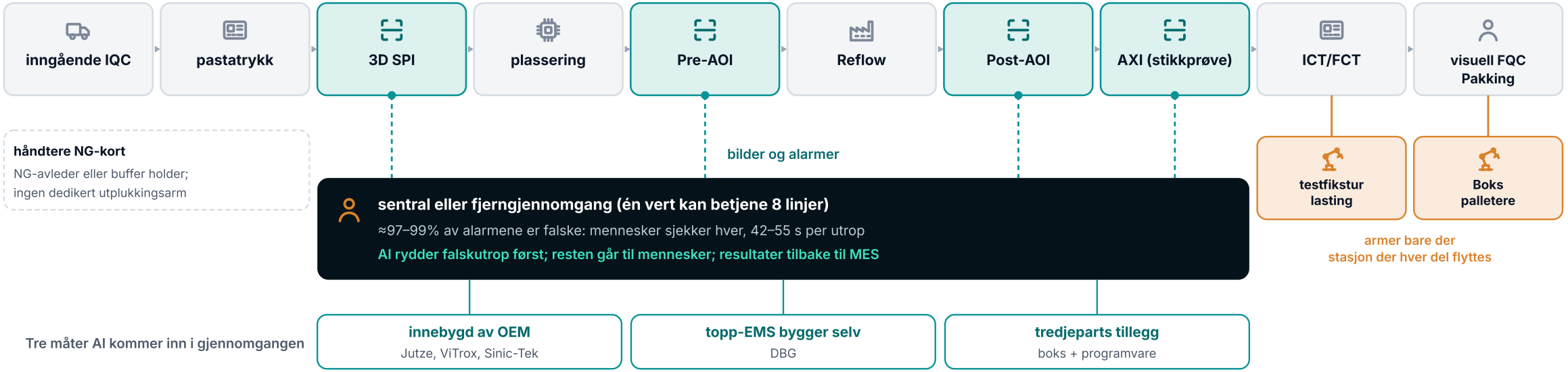


Kilde: Tilbakebetaling fra forfatterens modell (kapittel 4); modenhetsaksen er forfatterens vurdering.

Menneskene sitter bak AOI-en. Det er der AI kommer inn

En volum-SMT-linje

takt ≈13–22 s per kort · 3–5 AOI-er per linje



Kilde: Offentlige årsmeldinger og leverandørmateriale (Huaqin, DBG, Sinic-Tek med flere); sammenstilt av forfatteren.

Omtrent 97–99% av AOI-alarmene er falskutrop

per 100 AOI-alarmer



I dag: mennesker sjekker hvert utrop

42–55 s hver

≈448 falskutrop per skift på én travel linje

→ 5.2–6.8 h per skift ≈ 1 heltidsgransker

saksbemanning: 2 per skift

AI-gjennomgang: rydd falskutrop, gi resten til mennesker

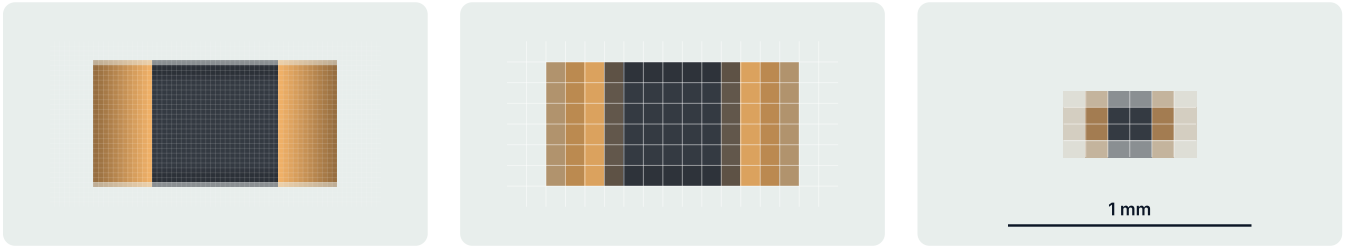
falskutrop eller gjennomgangstimer kuttet 60–90% (leverandørpåstander)

topp-EMS eget referansemål: dekker ≥95% av flaggede komponenter, escapes <20 PPM, menneskelig gjennomgang ned ≥85%

ved feil til mennesker, linjen ruller videre

Kilde: Siemens casestudie, iFactory (leverandørpåstand), DBGs årsmelding 2025; gjennomgangstimer estimert av forfatteren.

Et generelt kamera er ingen AOI



AOI: 8–20 µm per piksel
0402 ≈ 100×50 px

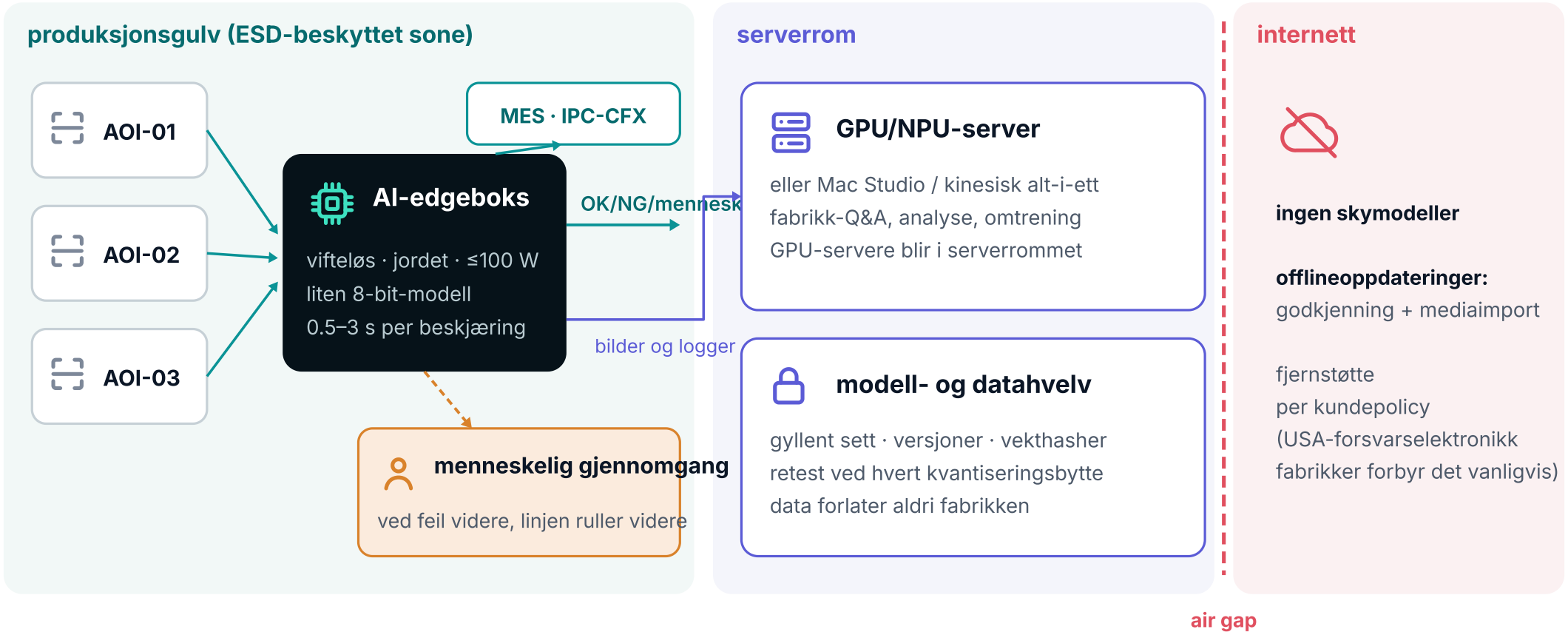
4K-kamera over et 300 mm-panel: ≈78 µm/px
0402 krymper til ≈13×6 px: nok for tilstedeværelse og grov forskyvning

samme kamera på en 01005
≈5×3 px: i praksis usynlig

- **AOI:** 8–20 µm per piksel, flervinklet flerfarget belysning og strukturert lys
- **4K over et 300 mm-panel:** ≈78 µm per piksel; en 0402 er ≈13×6 piksler, nok for tilstedeværelse, ikke for loddeskjøter
- **01005:** ≈5×3 piksler, i praksis usynlig
- **Altså:** AI-en arbeider på AOI-ens egne bilder; den erstatter ikke optikken

Kilde: Circuits Assembly; forfatterens beregning for et 300 mm-panel og en 4K-sensor. Pikselnettene er illustrative.

En air-gapped utrulling: boksen bestemmer, serverrommet svarer

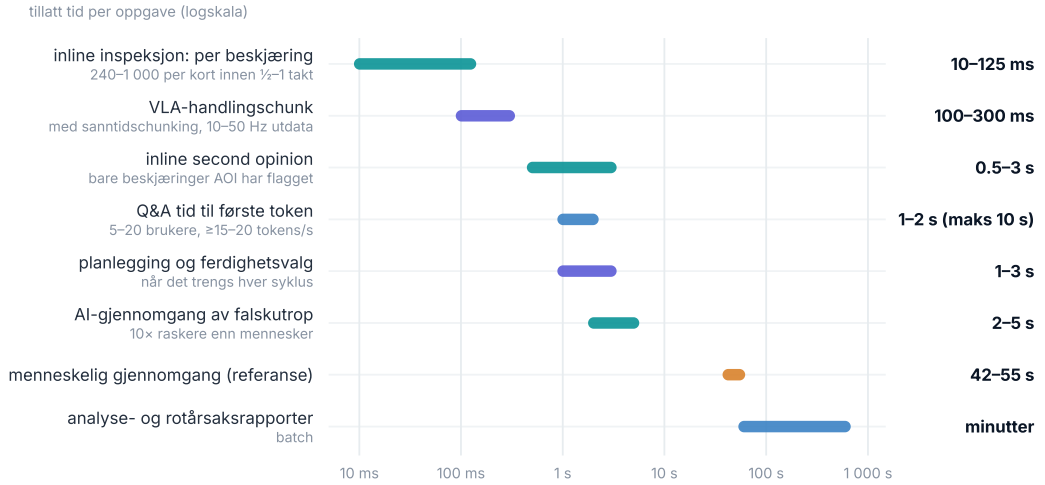


Kilde: Forfatterens syntese (kapittel 2).

Ren- og ESD-soner avgjør hvor beregning står; hastighetsgrenser avhenger av bruken

renhetskrav →

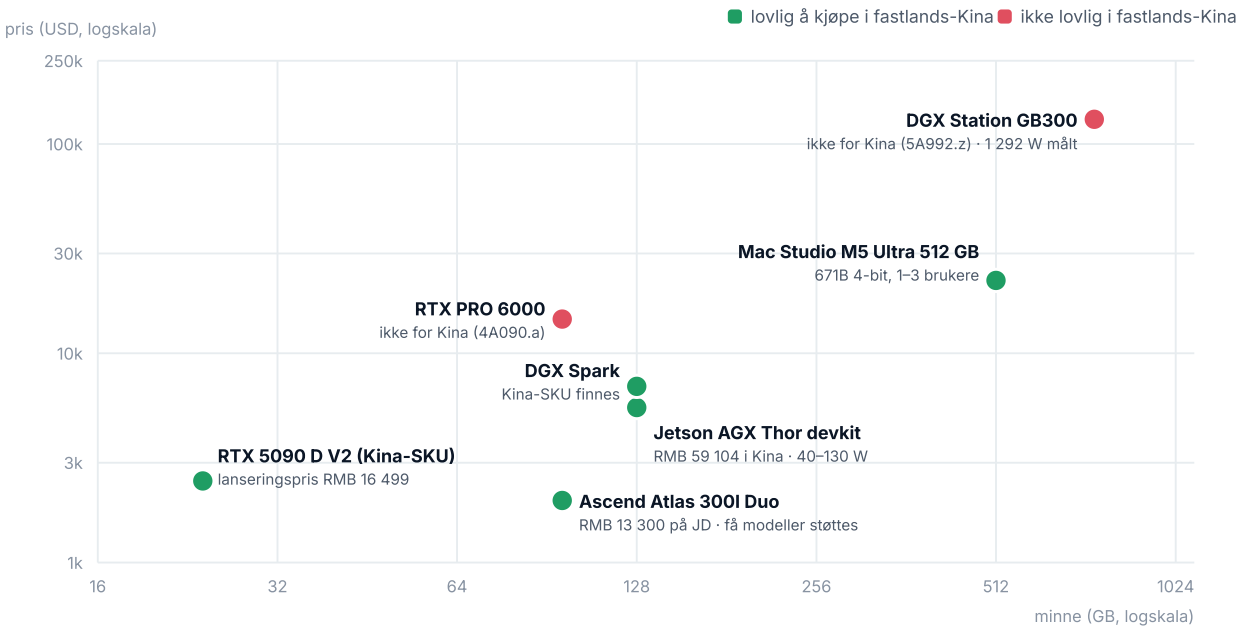
vanlig SMT/PCBA-hall	renrom ISO 7–8	mini-miljø ISO 5–6	fab, ISO 5 eller renere
ESD-beskyttet sone (≈ISO 8) RH 40–60%	medisinsk, kameramoduler, EV renrom + ESD	bar die, wire bond, optikk mini-miljø	SEMI E78 ESD · E187/E188 cyber fab-spesifikke planer
line-side beregning vifteløs, jordet metallboks ved AOI-en eller granskningsplassen	**line-side beregning** vifteløs, forseglet IP65/66, lett å tørke av; be om ISO 14644-14-data	**line-side beregning** bare kameraer og lys; regneboks utenfor	**line-side beregning** kun verktøyintegrerte, fab-sertifiserte kontrollere
GPU/NPU-server serverrom eller klimatisert IT-rack	**GPU/NPU-server** utenfor renrommet, nettverk inn	**GPU/NPU-server** serverrom	**GPU/NPU-server** væskekjølte rack i subfab eller datasenter



Nøkkelpunkt En vanlig SMT-hall er et ESD-beskyttet område, ikke et klassifisert renrom: en vifteløs boks i et jordet metallkabinett står ved AOI-en eller granskningsplassen, og GPU-servere kommer aldri på linjen.

Kilde: ANSI/ESD S20.20, IEC 61340-5-1, ISO 14644, SEMI-standarder og leverandørmateriale; sammenstilt av forfatteren. Forfatterens syntese (kapittel 1–2).

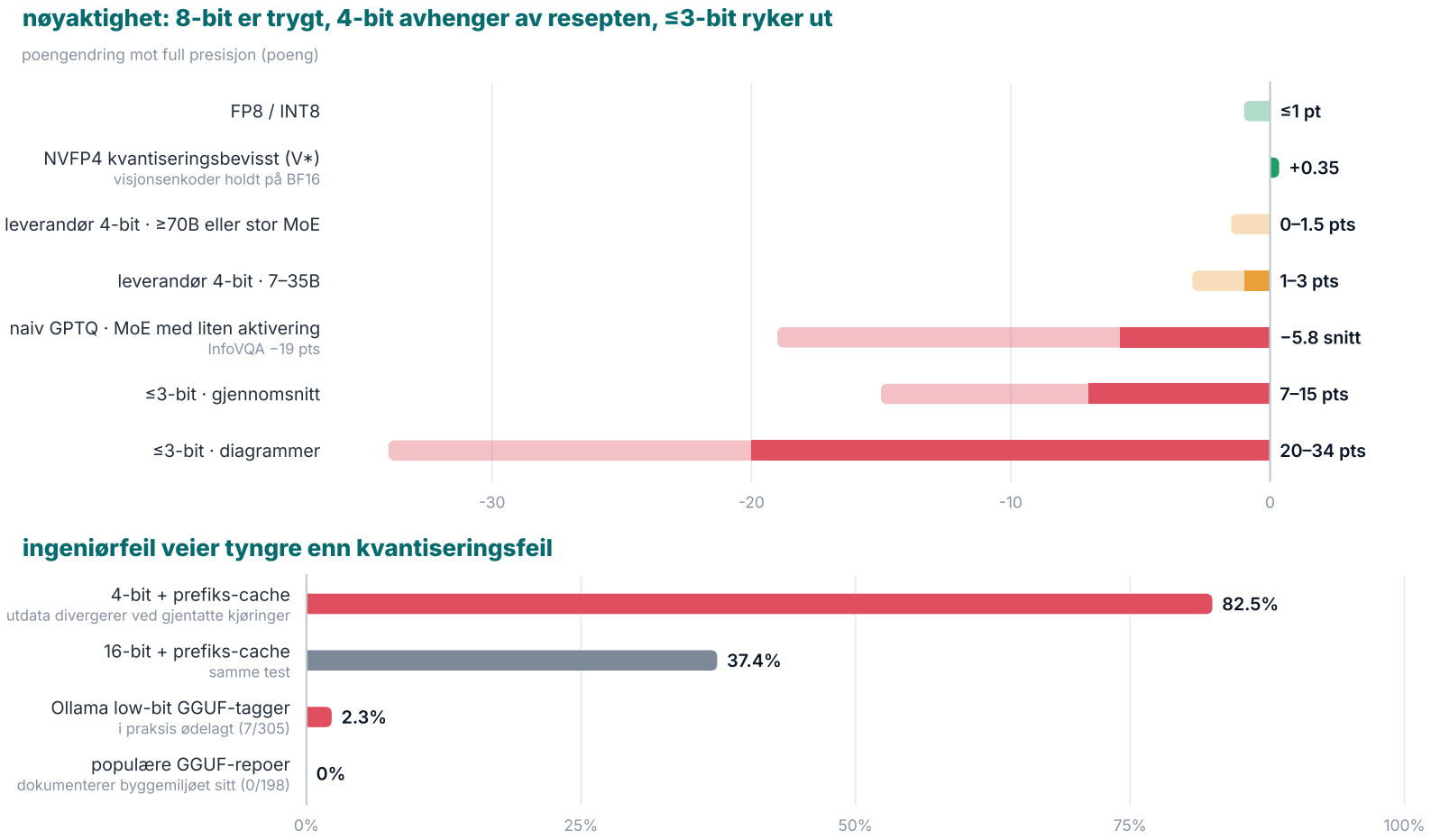
Eksportregler velger maskinvarens shortlist før benchmarks gjør det



- **Jetson Thor:** 128 GB, 40–130 W; 2–8B synsmodeller på AOI-beskjæringer, VLA-er i 3B-klassen i sanntid; RMB 59 104 i Kina
- **Mac Studio 512 GB:** DeepSeek 671B i 4-bit for 1–3 brukere
- **DGX Station:** 5A992.z, ikke for fastlandet; en 743B-modell gir 32 brukere ≈4 tokens/s hver
- **Innenlandske akseleratorer:** to Ascend-servere med åtte kort for fullverdig flerbruker-Q&A

Kilde: NVIDIAs eksportklassifiseringer, Apple, RS China, JD.com og anmeldelsespriser (november 2026). StorageReview (aug og okt 2026); ServeTheHome. Uavhengige tester fra én kilde.

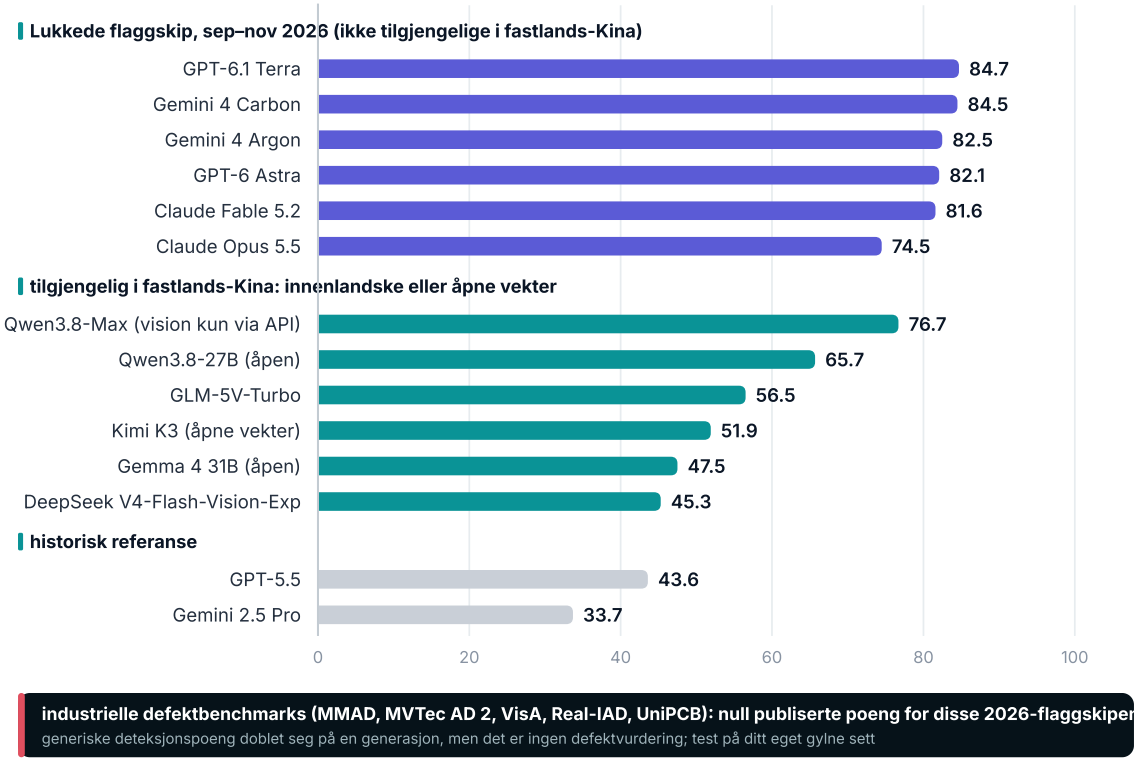
Kvantisering: 8-bit er trygt, 4-bit avhenger av resepten, 3-bit og lavere ryker ut



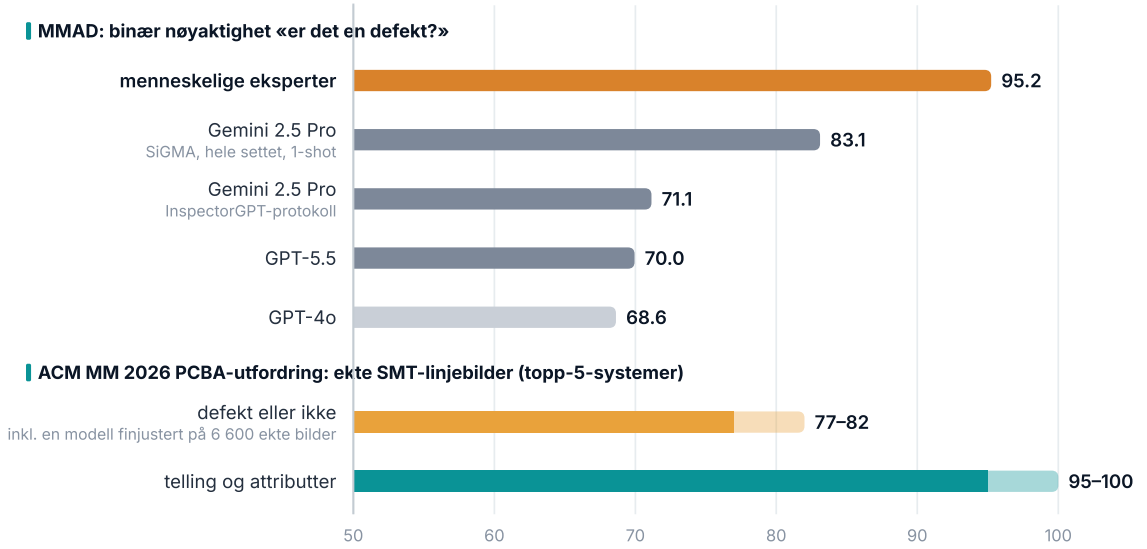
Kilde: NVIDIA Nemotron-modellkort, VLMQ, VEQ, arXiv 2609.05881, 2610.19498, 2609.04748 med flere.

Generisk syn doblet seg på en generasjon; industrielle defektpoeng mangler

Roboflow generisk deteksjon mAP@50



nøyaktighet eller poeng (%)



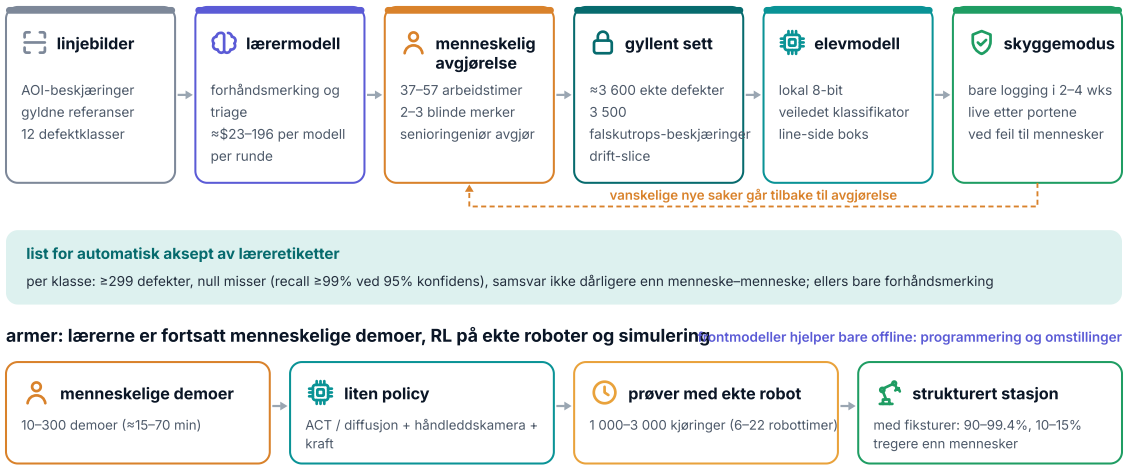
industrielle defektbenchmarks (MMAD, MVTec AD 2, VisA, Real-IAD, UniPCB): null publiserte poeng for disse 2026-flaggskipene

generiske deteksjonspoeng doblet seg på en generasjon, men det er ingen defektvurdering; test på ditt eget gylne sett

Kilde: Roboflow Vision Evals; modellutgivelsesnotater; MMAD, MVTec AD 2 og andre benchmarksider (per 11. nov 2026). MMAD; SiGMA; InspectorGPT; ACM MM 2026 PCBA-utfordring.

Frontmodeller forhåndsmerker, mennesker avgjør, et gyllent sett porter

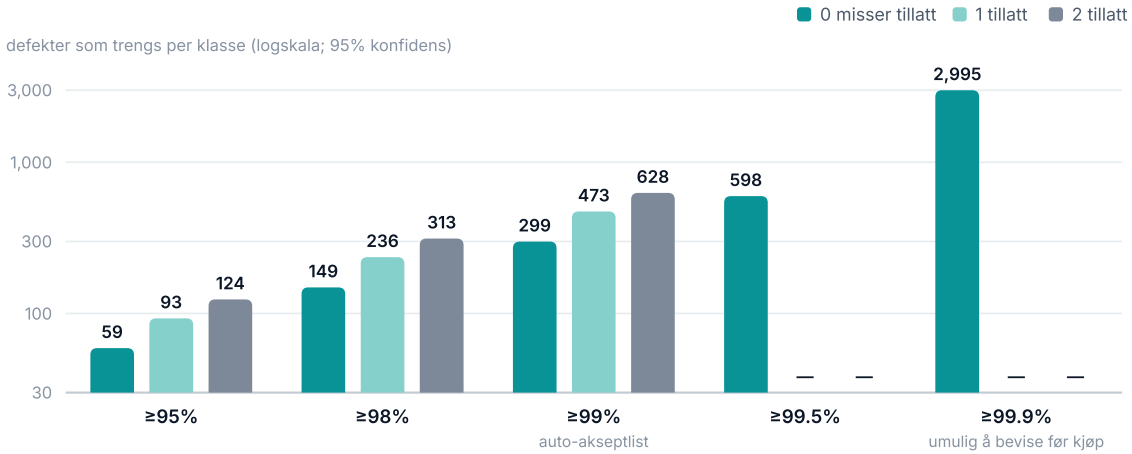
inspeksjon: frontmodellen forhåndsmerker, mennesker avgjør, et gyllent sett porter



list for automatisk aksept av læreretiketter

per klasse: ≥299 defekter, null misser (recall ≥99% ved 95% konfidens), samsvar ikke dårligere enn menneske–menneske; ellers bare forhåndsmerking

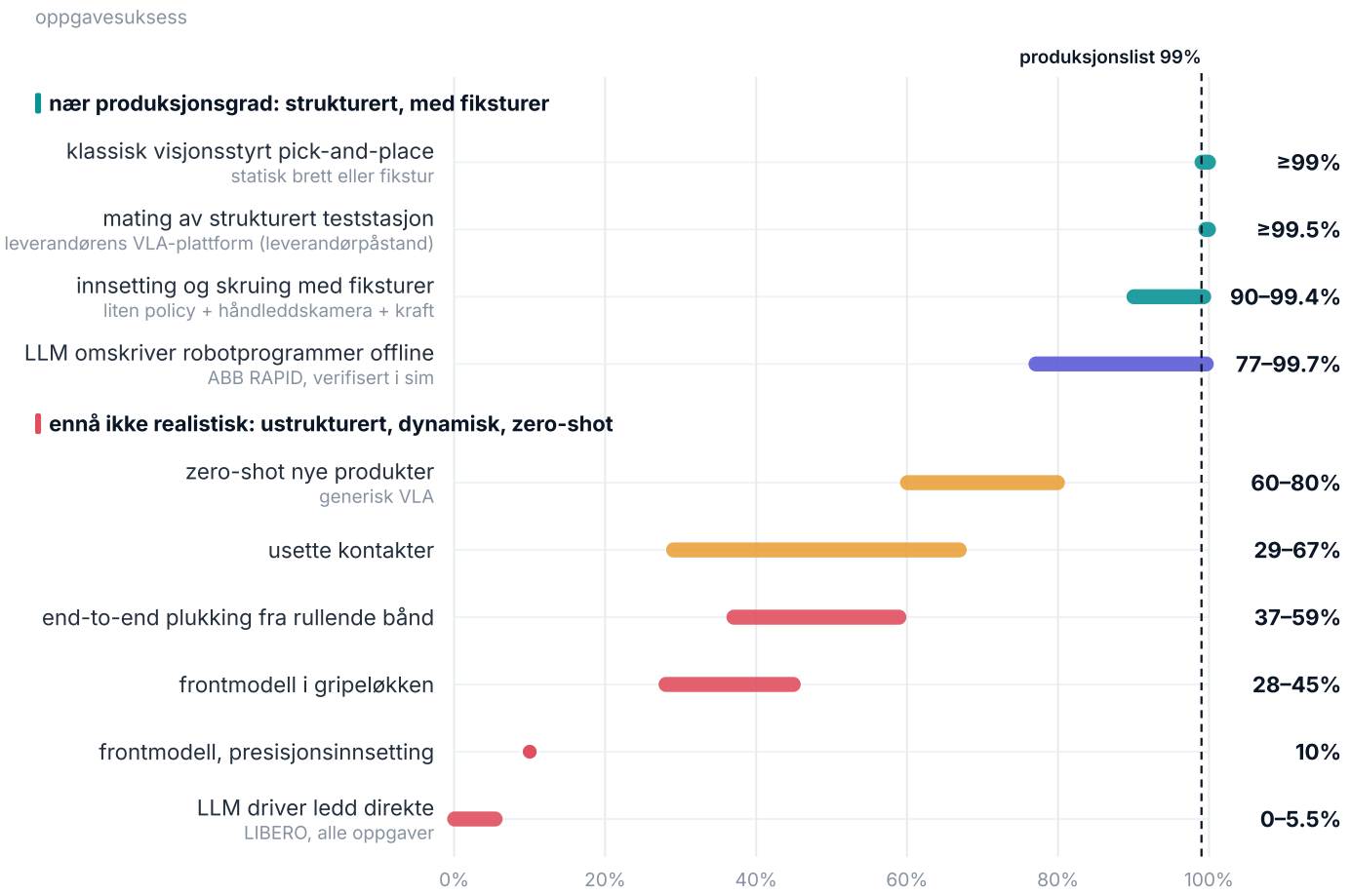
armer: lærerne er fortsatt menneskelige demoer, RL på ekte roboter og simulering frontmodeller hjelper bare offline: programmering og omstillinger

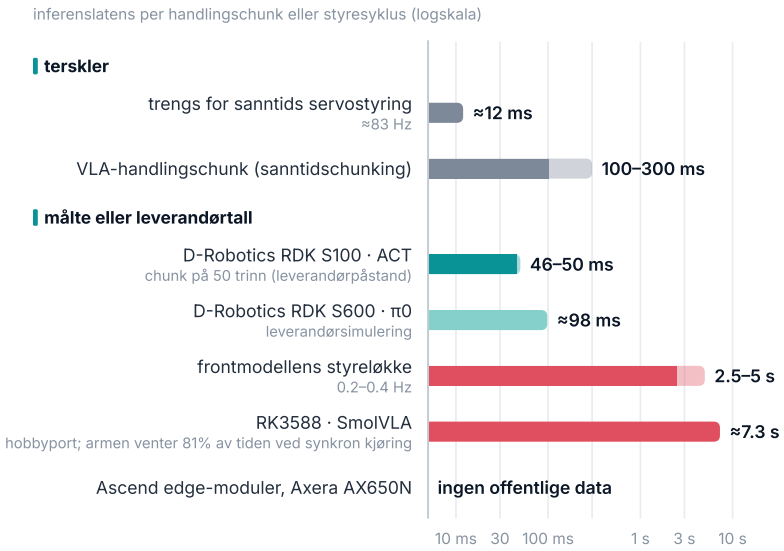


Nøkkelpunkt Auto-aksepter lærerens etiketter kun for en klasse med null misser på ≥299 gylne defekter (99% recall ved 95% konfidens); kritiske klasser som kortslutninger, manglende deler og polaritet krever mer.

Kilde: Forfatterens syntese (kapittel 3); kostnader og utvalgsstørrelser er estimater. Eksakte binomiale konfidensintervaller (95%).

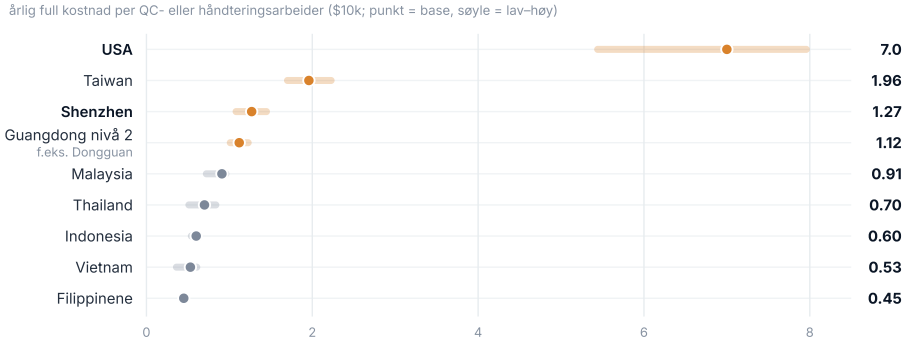
Robotelever: nær produksjonsgrad bare når stasjonen er strukturert

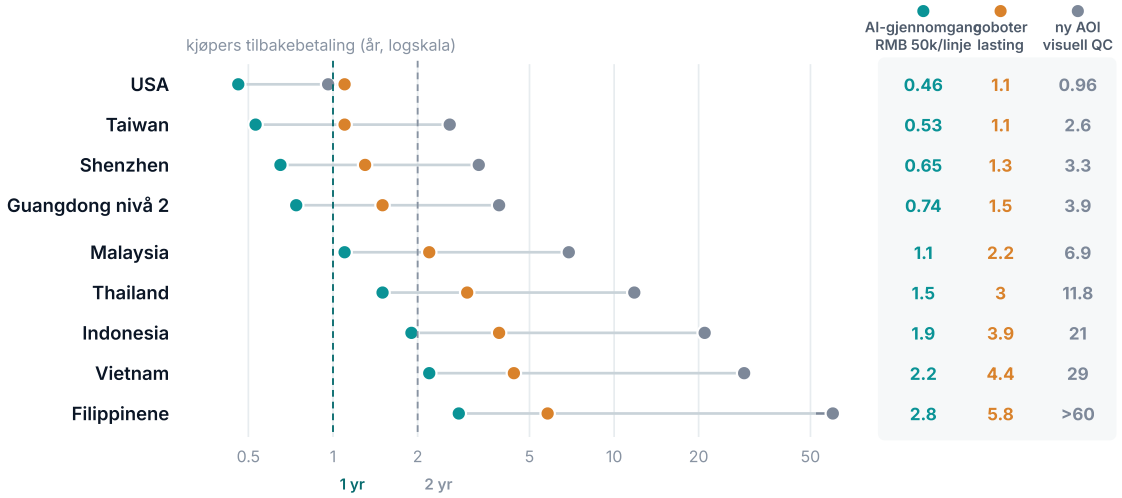




Kilde: Artikler og leverandørmateriale sitert i kapittel 3; noen tall er leverandørpåstander. D-Robotics dokumentasjon og forum (leverandørtall); community-porter på GitHub; Anthropic-forskning.

AI-gjennomgang betaler seg på måneder; maskinmating på omtrent ett år



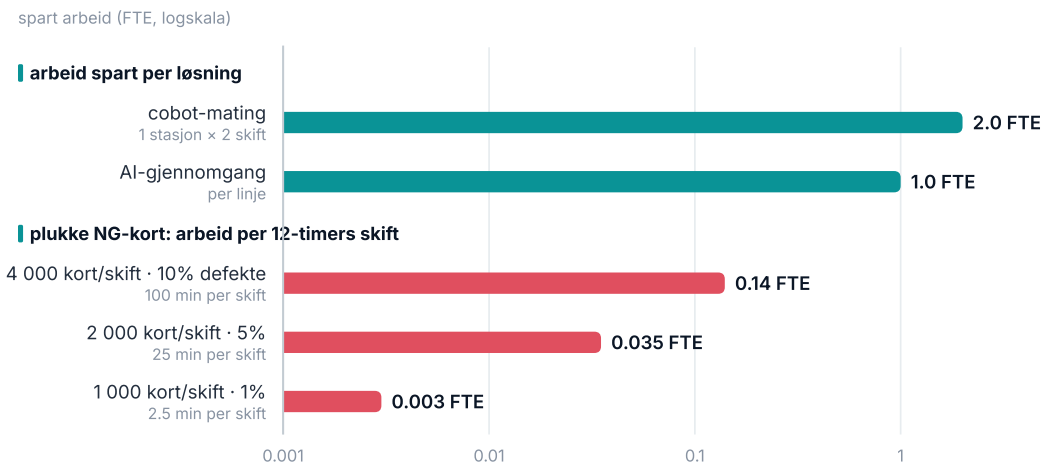


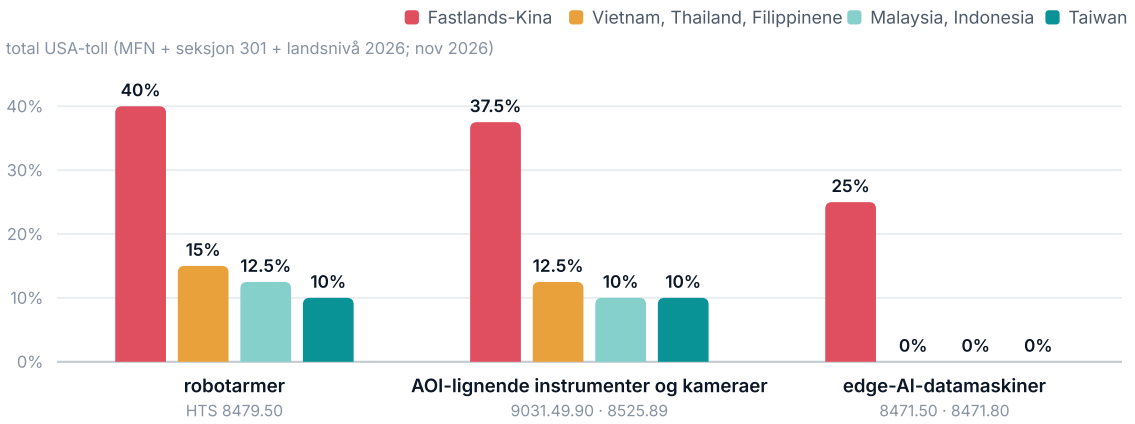
en robotarm kun for å plukke ut NG-kort betaler seg aldri, noe sted
ved first-pass yield over 90% tar utplukking bare 0.003–0.14 FTE per skift

Nøkkelpunkt Ved RMB 50 000 per linje betaler AI-gjennomgang seg på 0.46 år i USA, 0.53 i Taiwan, 0.65 i Shenzhen og 2.2 i Vietnam; en toskifts cobot-matingcelle på 1.1–1.5 år [estimates].

Kilde: Shenzhens offisielle lønnsveiledning, Taiwans arbeidsdepartement, JETRO, BLS; forfatterens estimater. Forfatterens modell: RMB 50k AI-gjennomgangsboks per linje; cobot-matingcelle på RMB 200k eller $140k, to skift.

En utplukkingsarm betaler seg aldri; hvor en arm er laget endrer US-tollen dens





Nøkkelpunkt Over 90% first-pass yield tar utplukking av NG-kort 0.003–0.14 av en person per skift, så en NG-avleder eller -buffer gjør jobben; en fastlandslaget arm betaler også omtrent 40% kombinert US-toll.

Kilde: Forfatterens estimater. USITC Harmonized Tariff Schedule kapittel 99; Federal Register; USTR (november 2026).

Reelt, men lite: 16 000 servicebare linjer, ≈RMB 320M engangs, et femårsvindu

SMT-linjer i Kina
40 000 linjer
35k–46k

× 80% × 50%
ingen AI ennå: 75–85%
nåbar: 40–60%

servicebar
16 000 linjer
10.5k–23.5k

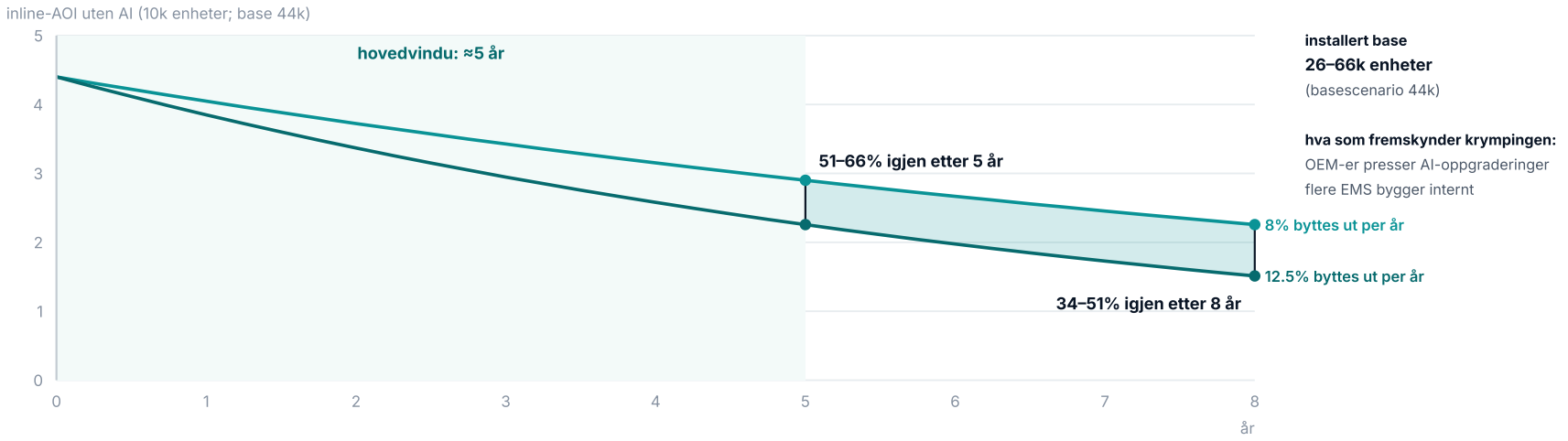
× RMB 20k
RMB 10–30k engangs

engangsmarked
RMB 320M
RMB 105–705M

÷ ≈5 år
krymper 8–12%/yr

5-årsvindu
RMB 64M/yr
RMB 21–141M

en nykommer som tar 2–5% av servicebare linjer på 3 år: ≈320–800 linjer, ≈RMB 2–5M per år
som abonnement (RMB 5k per linje per år): RMB 1.6–4M gjentakende, bare 0.3–2.3% av IDCs prognose for industriell AI-QC i Kina



Kilde: NVR (base 2020); forfatterens estimater. Forfatterens estimater; installert base og andeler ikke uavhengig verifisert.

Gjennomgangskilen er omringet; marginen sitter i produktifisert maskinvare

topp-EMS bygger selv

DBG (2025): dekker ≥95% av flaggede komponenter
escapes <20 PPM, menneskelig gjennomgang −85%
dette er listen for salg til tier-1 EMS

AI innebygd i AOI av OEM-er

Jutze AI 3D-AOI i produksjon, «fjerner menneskelig gjennomgang ved inspeksjon»
ViTrox V510Ai; Sinic-Tek utvikler med Tencent
nye maskiner kommer med AI; gamle trenger oppgraderinger

tredjeparts AI-gjennomgang

boks + programvare skrudd på eksisterende AOI

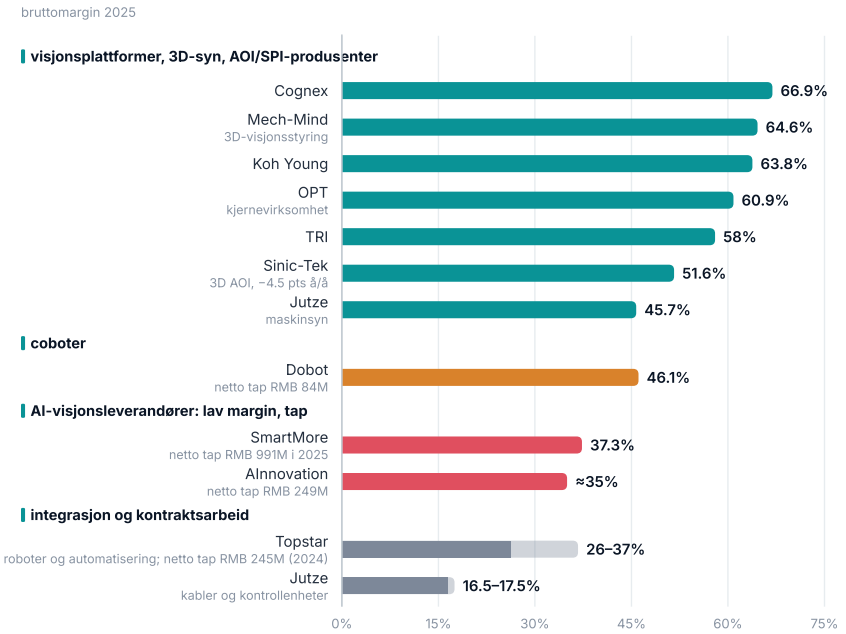
plattformleverandører

Hikvision Guanlan og SmartMore IndustryGPT selges
ledende AI-leverandør: inntekter 2025 RMB 1,086B
netto tap RMB 991M: priskrig

hva som gjenstår for tredjeparter

mellomstore EMS (≈10–40 linjer) med eldre eller blandet AOI og ingen OEM-AI-oppgradering

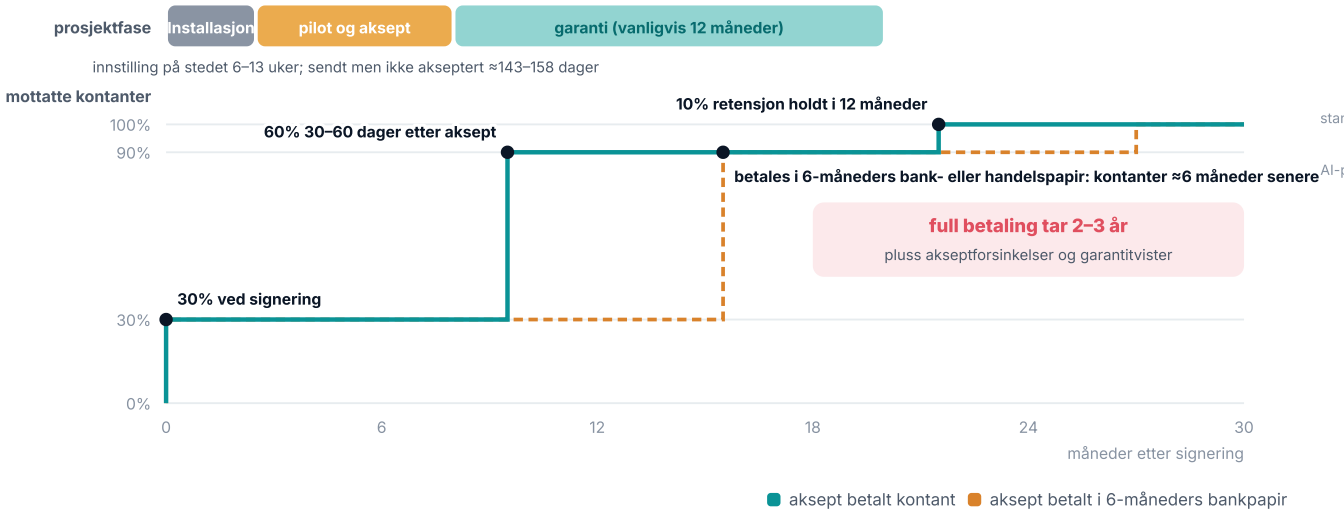
Nisjer AOI dekker dårlig: THT og håndlodding, konform belegg, kabler/kontakter/FPC, sluttmontering og skruer

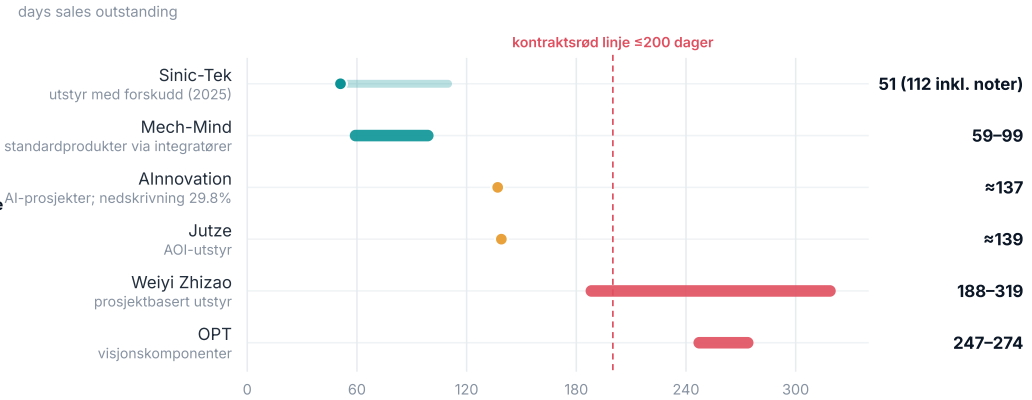


Bevis Den ledende AI-synsleverandøren hadde i 2025 en omsetning på RMB 1.086 milliarder og et netto tap på RMB 991 millioner; den nærmeste børsnoterte sammenlignbare selskapets 3C-omsetning falt 79.9% år over år i januar–mai 2026.

Kilde: Jutze, Sinic-Tek og DBGs årsmeldinger; Hikvision og SmartMore offentlig materiale; sammenstilt av forfatteren. Årsmeldinger eller prospekter 2025.

Kjøpere betaler 30/60/10; full betaling tar to til tre år





Nøkkelpunkt 30% kommer med bestillingen, 60% omtrent fire til ni måneder senere og de siste 10% omtrent 16–21 måneder senere; fra en første pilot hos en stor EMS til full betaling kan det ta to til tre år [estimate].

Kilde: Sinic-Teks svar på forespørsel, Mech-Mind, GKG, JT og andre dokumenter; skjema på sedvanlige vilkår, tidspunkt estimert. Selskapsdokumenter; fordringer (inkl. kontraktsaktiva) ÷ omsetning × 365.

Planlegg offline, handle med små policyer, hold bevegelse og sikkerhet deterministiske

Lag	hva den gjør og hvor langt bevisene rekker	tidsskala · hvem eier det
Planlegging L4	**frontmodeller (offline)** skrive eller endre robotprogrammer offline, omstillinger, forklare feil omskriver ABB RAPID-programmer til 77–99.7%, utrullet etter simulering styreløkken bare 0.2–0.4 Hz: holder seg utenfor sanntid	**sekunder til minutter** modellgiganter
ferdigheter / policy L3	**ACT, diffusjonspolicyer, små VLA-er** strukturerte stasjoner med fiksturer 90–99.4% edge-chips: Jetson Thor, D-Robotics RDK, Ascend, Rockchip	**handlingschunker 100–300 ms** chipprodusenter · robotprodusenter
bevegelsesstyring L2	**robotkontroller** baner, servo, kraftregulering, kollisjonskontroller deterministisk kode; innlærte policyer setter bare mål	**millisekunder (sanntid krever >83 Hz)** robotprodusenter
Sikkerhet L1	**sikkerhets-PLC, skannere, kraft- og hastighetsgrenser** sertifisert etter ISO 10218-1/-2:2025 og lokale regler ingen ML i sikkerhetsfunksjoner: EU-vurdering av meldt organ fra 20. jan 2027	**hard sanntid** sertifisert robot + integratør

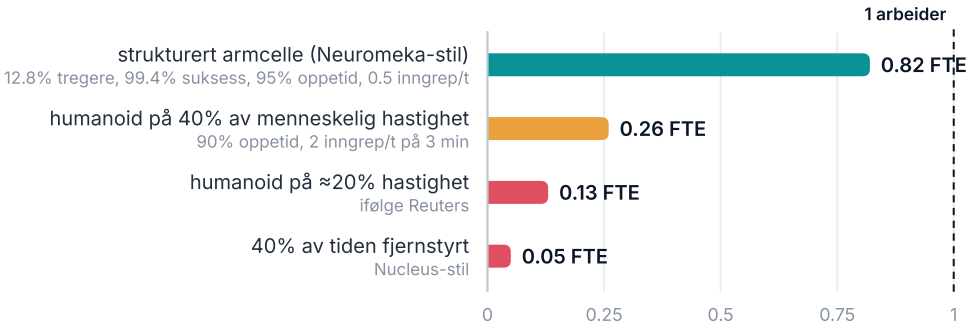
små bedrifter vinner i integrasjon og sensormaskinvare: sett innlært persepsjon og små policyer inn i sertifiserte robotceller, stasjon for stasjon

	suksessrate	takt	inngrep / fjernstyring	oppetid / feil	volumkjøring
Figure 02 @ BMW	kun mål >99%/skift	kun mål 84 s	kun mål 0/skift	i/a	1 250 h
Agility Digit @ GXO	i/a	i/a	i/a	i/a	100 000 kasser
Apptronik Apollo @ Mercedes	i/a	i/a	i/a	i/a	i/a
Agile ONE @ Audi	i/a	i/a	i/a	i/a	i/a
Nucleus (ikke navngitt fabrikk)	i/a	i/a	≈40% fjernstyrt*	i/a	≈2 h video
AgiBot G2 @ Longcheer	99.99%	18–20 s per trinn	i/a	én feil, 2 min	64+ h
hybridcelle fra Neuromeka	322/324	12.8% tregere	i/a	i/a	324 sykluser
π0.6 @ kundeanlegg	—	—	96.4% autonom	i/a	1 skift

* metode ikke offentliggjort

offentliggjort (mest leverandørpåstander) · kun mål · i/a

netto erstattet arbeid per robot per skift



Kilde: forfatterens syntese (kapittel 3, 6) og estimater; ISO 10218:2025; EUs maskinforordning; offentlig materiale fra BMW, Figure, Agility, Mercedes-Benz og andre.

Bygg snevert, bevis det på fabrikkens egne bilder, skaler deretter

Bygg	AI-gjennomgang og defektklassifisering på AOI-bilder for mellomstore EMS med eldre eller blandet-merkede AOI-er; inspeksjon AOI-en dekker dårlig; cobot-celler der hver del håndteres
Ikke bygg	En generell AI-pluss-arm-plattform; en LLM som primær inspektør; en utplukkingsarm på en SMT-linje; humanoider og robots-as-a-service; frontmodeller i kontrolløkker eller sikkerhetsfunksjoner

Pilot

1. **Uke 0–2:** dataavtale, defektklasser, baseline
2. **Uke 1–4:** gyllent sett, blindmerket og avgjort
3. **Uke 2–4+:** skyggemodus, sammenlignet per klasse
4. **Uke 4–8:** assistert kjøring kun på godkjente klasser
5. **Deretter:** skriftlig aksept, skaler linje for linje, revalider ved hver endring

Sikkerhet Ingen maskinlæring i sikkerhetsfunksjoner: EU krever vurdering av meldt organ fra 20. januar 2027, og AI-sertifiseringsveier vil ikke avklares før 2027–2029.

Kilde: rapportens kapittel 6–7 og sammendrag; ISO, IEC, UL, EUR-Lex, SAC og nasjonale reguleringsdatabaser.

OM FORFATTEREN

Tan Shuai

Teknolog og gründer, med mer enn tjue år på tvers av chips, maskinvare og systemprogramvare og 20 innvilgede patenter. Arbeidet hans har ført ham gjennom Silicon Valley, New York, Chicago, Taiwan, Greater Bay Area (Shenzhen og Hongkong), Vietnam og Malaysia, med et langvarig fokus på avansert produksjon og forsyningskjeder. I dag arbeider han som AI-forsker og -utvikler, med fokus på hvordan AI brukes på fabrikkgulvet.

Den fullstendige rapporten (alle figurer, tabeller og kilder) og artikkelen finnes på tanshuai.com. Han tar gjerne imot samtaler med folk som arbeider med AI i produksjon: i@tanshuai.com

