

Globalt perspektiv på kritiska tekniker

Utgivare: Vinnova – Sveriges innovationsmyndighet

Titel: Globalt perspektiv på kritiska tekniker

Författare: Lennart Stenberg

Utgiven: 16 september 2024

ISBN-nummer: 978-91-89905-14-6

Diarienummer: 2024-01501

Innehåll

Förord	4
Sammanfattning	5
1 Mer reglerat internationellt utbyte av kunskap och teknologi	8
2 Teknikpolitik och industripolitik nytt fokus för ekonomisk säkerhet	10
2.1 USA sjsätter en "modern industripolitik"	10
2.2 Japan.....	14
2.3 EU	15
2.4 Storbritannien.....	18
2.5 Nederländerna	19
3 Den globala konkurrensbilden för några kritiska teknikområden	20
3.1 Halvledare	21
3.2 Artificiell intelligens	22
3.3 Kommunikationsteknik	23
3.4 Kvantteknologi.....	24
3.5 IKT-företagens FoU-resurser	26
3.6 Klimatrelaterade teknologier.....	28
3.7 Konkurrensbilden inom forskning.....	30
4 Kritiska teknikområden för Sverige	34
4.1 Utgångspunkter.....	34
4.2 Digitala teknologier	35
4.2.1 Sveriges forskningsposition.....	35
4.2.2 Artificiell intelligens	38
4.2.3 Kvantteknologi	39
4.2.4 Halvledarteknik	40
4.2.5 Avancerad digitalisering	40
4.3 Teknologier för klimatomställning	41
5 Slutsatser	45

Förord

Regeringen har gett Vinnova i uppdrag att leda en process för att identifiera och föreslå strategiskt viktiga tekniker för Sverige¹. Uppdraget ska resultera i ett kunskapsunderlag till regeringen, som handlar om framtida insatser som stärker Sveriges konkurrenskraft och näringslivets investeringar i forskning och utveckling. Uppdraget innefattar även att föreslå arbetssätt för hur kunskapsunderlaget regelbundet kan uppdateras utifrån förändrade förutsättningar och behov. Vinnova ska som del av processen med att identifiera strategiskt viktiga tekniker genomföra en kvantitativ analys av svenska styrkeområden och behov. Uppdraget ska redovisas 31 oktober 2024.

Analysen i denna rapport visar att USA och Kina forskningsmässigt dominerar inom kritiska teknikområden och illustrerar också det starka övertag som amerikanska företag har inom digitala teknikområden. Sverige är bland de internationellt ledande nationerna endast inom ett fåtal områden om man jämför med länder av ungefär samma storlek. Det understryker Sveriges beroende av internationell samverkan. Men möjligheterna att få medverka i internationella samarbeten förutsätter att Sverige har internationellt framstående forsknings- och innovationsmiljöer och dessutom teknikledande företag inom centrala teknikområden. Mot denna bakgrund presenterar rapporten preliminära resultat av Sveriges forskningsmässiga position inom ett antal kritiska teknikområden kopplade till regeringsuppdraget.

Vinnovas analys kommer att uppdateras och fördjupas under regeringsuppdragets gång. Metoder för systematiska uppdateringar och fördjupningar av kunskapsunderlaget ska samtidigt utvecklas.

Rapporten är författad av Lennart Stenberg.

Direktör, Strategisk omvärldsanalys, Vinnova

Göran Marklund

¹ Regeringen, Uppdrag att identifiera och föreslå strategiskt viktiga tekniker för Sverige, KN2024/00977, 2024-05-02.

Sammanfattning

Sverige har utvecklat en internationellt konkurrenskraftig industri och ett samhälle där nya innovationer tidigt fått bred spridning oavsett var de utvecklats i världen. En grundförutsättning för detta har varit ett öppet system med fri konkurrens mellan företag på en global marknad och internationellt utbyte av kunskap, teknologi och varor.

De flesta tekniker har funnits att tillgå på kommersiella villkor. Undantagen har i huvudsak varit teknik med direkt koppling till militär användning. Under de allra senaste åren har emellertid statliga regleringar av internationellt utbyte av avancerad teknologi kommit att utvidgas till allt fler områden. Säkerhets-, klimat-, industri- och handelspolitiska motiv blandas nu på sätt som är svåra att skilja från varandra.

Denna växande reglering kombinerad med en starkare prioritering av försörjningsberedskap, går hand i hand med ökande statliga investeringar. Investeringar som görs för att länderna vill stärka sin nationella innovationsförmåga och tillverkning inom teknikområden som uppfattas som särskilt viktiga militärt, för industriell konkurrenskraft, för klimatomställning och för att säkerställa centrala samhällsfunktioner.

Den enskilt starkaste drivkraften för ökad statlig reglering av det internationella utbytet av teknologi är den geopolitiska kraftmätningen mellan USA och Kina. USA har som uttalat mål att vara ledande inom teknologier av betydelse för landets säkerhet. Begreppet säkerhet har kommit att tolkas mycket brett. Det inkluderar teknik med primär militär användning, men också i stort sett all avancerad teknik av betydelse för digitalisering, energiförsörjning, industriell användning av bioteknik samt utveckling och produktion av högpresterande material.

I augusti 2022 antog USA två lagar, Chips and Science Act och Inflation Reduction Act, som fått stora återverkningar på teknikpolitik och industripolitik inom EU och i andra länder. Bägge lagarna innehåller historiskt stora statliga subventioner som är utformade så att de direkt eller indirekt gynnar inhemsk tillverkningsindustri och dess tekniska konkurrenskraft.

USA är fortfarande ledande inom de flesta digitala teknologier, inklusive artificiell intelligens och kvantteknologi. Undantagen är tillverkningen av halvledare samt i viss mån även utvecklingen av kommunikationsnätverk. När det gäller klimatrelaterade produkter som solceller, batterier och elfordon samt de bakomliggande värdekedjorna för dessa, dominerar däremot kinesiska företag. De har kunnat bygga sin konkurrenskraft på en stor och snabbt växande inhemsk marknad.

Den geopolitiska kraftmätningen mellan USA och Kina har försatt Japan, Sydkorea och Taiwan i ett utsatt läge. Dessa länder är säkerhetspolitiskt starkt beroende av USA, samtidigt som de ekonomiskt är beroende av Kina. För att möta denna situation har

både Japan och Sydkorea tagit omfattande nya initiativ för att stärka sin "ekonomiska säkerhet". En central del i dessa initiativ är att öka graden av teknologiskt oberoende.

Inom EU har kombinationen av digitalisering och klimatomställning – twin transition – betraktats som avgörande för näringslivets framtida tillväxt. Det starka beroendet av USA för digitala teknologier och av Östasien för klimatrelaterade teknologier har blivit ett växande problem för EU i det alltmer geopolitiskt spända läget. Detta har lett till att EU börjat utveckla en politik för ökad "teknologisk suveränitet" och "ekonomisk säkerhet". Konkreta åtgärder på EU-nivå är bland annat *European Chips Act* och *Net Zero Industry Act*. Syftet med lagarna är att minska EU:s utsatthet. Medlemsländerna vill stärka sin förhandlingsposition i det geopolitiska spelet kring kritiska teknologier och tillväxtindustrier.

Flera EU-länder gjorde stora satsningar på kritiska teknologier i sina nationella återhämtningsprogram efter pandemin genom det paket för att stötta näringslivet som finansierades gemensamt inom EU. Vid sidan av återhämtningsprogrammen gjorde enskilda EU-länder stora offentliga satsningar. EU:s statsstödsregler begränsar direkta industrisubventioner, men sedan pandemin bröt ut har dessa regler mjukats upp, bland annat inom ramen för så kallade projekt av gemensamt europeiskt intresse (IPCEI).

Detta nya ekonomisk-politiska läge av accelererande teknisk och industriell kapprustning ställer Sveriges tekniska och industriella konkurrenskraft inför stora utmaningar. Eftersom Sverige är ett litet land, är det i praktiken omöjligt att i absolut mening kunna vara internationellt ledande inom kritiska teknikområden, annat än inom vissa avgränsade nischer. Det blir därför av största vikt för Sveriges tekniska och industriella konkurrenskraft att medverka i internationella samarbeten och allianser, i synnerhet inom ramen för EU och NATO. Men för att kunna medverka i EU-gemensamma och andra internationella projekt som utvecklar teknik och industri, kommer det att vara av avgörande betydelse att bygga tillräckligt med forsknings- och innovationskapacitet inom kritiska och framväxande teknikområden. Sverige har begränsade förutsättningar att bedriva en egen politik och är beroende av att driva sina intressen som en del av EU och NATO.

Alla större länder, EU och flera mindre länder har börjat att systematiskt analysera sin teknologiska förmåga inom kritiska teknikområden för industriell konkurrenskraft, nationell säkerhet och klimatomställning. Detta är en mycket svår uppgift. Svårigheterna grundar sig i komplexiteten i globala värdekedjor, de inbördes starka kopplingarna mellan olika teknikområden och de mångdimensionella kopplingarna mellan olika vetenskapsområden och teknikområden. Mycket av den viktigaste informationen finns dessutom utspridd på många företag och är inte öppet tillgänglig. Tekniska genombrott och politiska beslut kan också snabbt göra en analys överspelad. Till detta kan läggas de stora svårigheterna i att värdera Kinas kapacitet inom forskning, innovation och industri. Därför utvecklar nu många länder särskilda processer för att ta fram nationella teknik- och innovationsstrategier baserade på systematiska analysunderlag.

Även Sverige behöver stärka förmågan att analysera och strategiskt värdera kritiska teknikområden och deras kopplingar till globala ekosystem av kunskap, teknologi och industri. Andra länders strategier och åtgärder i dessa sammanhang är också viktiga att studera. En naturlig del i dessa undersökningar är informationsutbyte och samarbete med andra länder och med det analysarbete som bedrivs på EU-nivå och inom OECD. Minst lika viktigt är att inom Sverige utveckla former för analyssamverkan mellan olika myndigheter, näringslivsorganisationer och forskningsmiljöer.

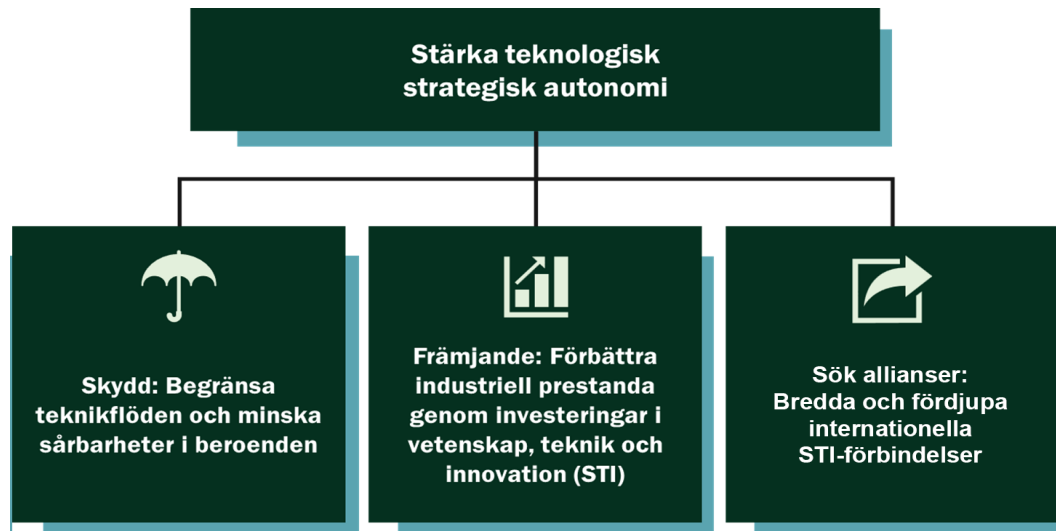
1 Mer reglerat internationellt utbyte av kunskap och teknologi

Sverige har byggt upp en internationellt konkurrenskraftig industri och ett samhälle där nya innovationer tidigt fått bred spridning oavsett var de utvecklats i världen. Utvecklingen har varit beroende av ett öppet system med internationellt utbyte av kunskap, teknologi och varor liksom fri konkurrens mellan företag på en global marknad. Detta system, som i Sverige länge tagits för självklart, är sedan en tid på väg att förändras i grunden. Men konturerna av en ny sakernas ordning kan ännu endast skönjas vagt.

Tills nyligen har de flesta tekniker funnits att tillgå på kommersiella villkor. Undantagen har i huvudsak inskränkt sig till tekniker med direkt koppling till militär användning. Under de allra senaste åren har emellertid statlig reglering av internationellt utbyte av avancerad teknik kommit att utvidgas till allt fler områden. Säkerhets-, klimat-, industri- och handelspolitiska motiv blandas nu på sätt som är svåra att skilja från varandra. Denna växande reglering kombinerad med ökad prioritering av försörjningsberedskap går hand i hand med ökad statlig finansiering av investeringar – statliga satsningar som kan gälla egen innovationskapacitet och tillverkning inom teknikområden som uppfattas som särskilt viktiga militärt, för industriell konkurrenskraft, för klimatomställning och för att säkerställa centrala samhällsfunktioner. Inget land är idag självförsörjande när det gäller avancerad teknologi. Det gör att även större länders inhemska utveckling behöver kombineras med åtgärder för att säkerställa tillgång till teknologi som är utvecklad utomlands. OECD har sammanfattat de huvudsakliga elementen i den teknikpolitiska arsenal som är på väg att implementeras i ett antal länder och på EU-nivå. Med det övergripande målet att ”stärka strategisk teknologisk autonomi” delas åtgärder in i tre huvudkategorier:

- skydd: begränsa teknikflöden och minska beroenden som skapar sårbarhet
- främjande: stärka industriell kapacitet genom investeringar i vetenskap, teknik och innovationspartnerskap
- utvidga och fördjupa internationella samarbeten inom vetenskap, teknik och innovation.

Figur 1. Tre typer av policyåtgärder för att stärka "teknologisk strategisk autonomi" enligt OECD.



Källa: OECD STI Outlook 2023.

2 Teknikpolitik och industripolitik nytt fokus för ekonomisk säkerhet

2.1 USA sätter en ”modern industripolitik”

Den geopolitiska kraftmätningen mellan USA och Kina är för närvarande den enskilt starkaste drivkraften för ökad statlig reglering av det internationella utbyte av teknologi, som andra länder sett det nödvändigt att anpassa sig till. USA har som uttalat mål att vara ledande inom teknikområden av betydelse för landets ”säkerhet”. Begreppet säkerhet har kommit att tolkas mycket brett. National Security Strategic Guidance, som publicerades 2021, identifierar tre nationella säkerhetsmål: “protect the security of the American people, expand economic prosperity and opportunity, and realize and defend democratic values”. Redan 2020 under Trump-administrationen togs en lista på “emerging and critical technologies” fram som vägledning för politiken. Denna uppdaterades i februari 2022 av Biden-administrationen och innefattar 19 breda teknikområden med totalt cirka 100 underområden.² Hälften av dessa teknikområden avser basteknologier för digitalisering som i många fall har såväl civil som militär användning. Några teknikområden är primärt militära. Andra är främst civila: fossilfri energi, inklusive förnybar energi, kärnkraft och gasturbiner är till exempel områden med koppling till klimatomställning. Ytterligare områden som avancerad material- och tillverkningssteknik samt bioteknik ses som nödvändig grund för att USA ska kunna återskapa en konkurrenskraftig tillverkningsindustri.

Konkreta initiativ för att stärka USA:s position inom de teknikområden som identifierats som viktiga för landets säkerhet i vid mening, återfinns i synnerhet inom halvledarområdet och för tekniker av betydelse för klimatomställning³.

² [Critical and Emerging Technologies List Update \(whitehouse.gov\)](https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2024/02/Critical-and-Emerging-Technologies-List-2024-Update.pdf). En ny uppdatering av listan på kritiska teknologier publicerades i februari 2024: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2024/02/Critical-and-Emerging-Technologies-List-2024-Update.pdf>.

³ <https://www.vinnova.se/m/strategisk-omvarldsanalys/en-ny-industri-och-innovationspolitik-vaxer-fram-i-usa/>

Figur 2. Identifierade kritiska och framväxande teknologier i USA, EU, Japan, Sydkorea och Storbritannien.

USA – Chips and Science Act (augusti 2022)

Högst 10 “key technology focus areas” som ska vägleda NSF:s nya Directorate for Technology, Innovation and Partnerships (lista att uppdateras av NSF)

- Artificial intelligence, machine learning, autonomy, and related advances
- High performance computing, semiconductors, and advanced computer hardware and software
- Quantum information science and technology (tech)
- Robotics, automation, and advanced manufacturing
- Natural and anthropogenic disaster prevention or mitigation
- Advanced communications tech and immersive tech
- Biotech, medical tech, genomics, and synthetic biology
- Data storage, data management, distributed ledger tech, and cybersecurity, including biometrics.
- Advanced energy and industrial efficiency tech, such as batteries and advanced nuclear tech
- Advanced materials science, including composites 2D materials, other next-generation materials, and related manufacturing tech

En längre lista på kritiska och framväxande tekniker publicerades i februari 2022. Skillnaden är främst tillägg av tekniker för enbart militär användning.

Storbritannien – Kritiska teknologier i ”UK Framework for Science and Technology” (mars 2023)

- Artificial intelligence
- Engineering biology
- Future telecommunications
- Semiconductors
- Quantum technologies.

EU – European Economic Security Strategy (juni 2023)

“10 kritiska teknikområden för EU:s ekonomiska säkerhet” (oktober 2023)

- Advanced semiconductor technology (tech)
- Artificial intelligence tech
- Quantum tech
- Biotech
- Advances connectivity, navigation & digital tech
- Advanced sensing tech
- Space & propulsion tech
- Energy tech
- Robotics and autonomous systems
- Advanced materials, manufacturing & recycling tech
- Listan förväntas utökas.
- Risikanalys för de fyra förstnämnda teknologierna.

Sydkorea – Special Act on the Promotion of National Strategic Technologies (mars 2023)

(“as an institutional framework to advance national strategic technologies for the future of Korea”)

12 “National Strategic Technologies” (oktober 2022)

- Semiconductor-display
- Secondary battery
- Advanced mobility
- Next generation nuclear power
- Advanced biotechnology
- Aerospace & marine
- Hydrogen
- Cybersecurity
- Artificial intelligence
- Next generation communication
- Advanced robots and manufacturing
- Quantum

Japan – Economic Security Protection Act (februari 2022)

20 “Designated Critical Technologies” att systematiskt värderas och åtgärdas gemensamt av stat och näringsliv (september 2022)

- Biotechnology (tech)
- Medical and public health tech
- Artificial intelligence and machine learning
- Advanced computing
- Microprocessor and semiconductor tech
- Data science, analysis, storage, and management
- Advanced engineering and manufacturing tech
- Robotics
- Quantum information science
- Advanced surveillance, positioning, and sensing tech
- Neurocomputing and brain interface tech
- Advanced energy and energy storage tech
- Advanced information, communication, and networking tech
- Cybersecurity
- Space tech
- Marine tech
- Transportation tech
- Hypersonics
- Chemical, biological, radiation, and nuclear tech
- Advanced materials science

Källa: Se text: <https://www.congress.gov/117/plaws/publ167/PLAW-117publ167.pdf>; https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/d2649f7e-44c4-49a9-a59d-bfd298f8fa7_en?filename=C_2023_6689_1_EN_annexe_acte_autonome_part1_v9.pdf; [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751417/EPRS_ATA\(2023\)751417_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751417/EPRS_ATA(2023)751417_EN.pdf); https://doc.msit.go.kr/SynapDocViewServer/viewer/doc.html?key=29248ec33f534f44823af46081bd98ce&convType=img&convLocale=ko_KR&contextPath=/SynapDocViewServer; <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6405955ed3bf7f25f5948f99/uk-science-technology-framework.pdf>.

Biden-administrationen har själv beskrivit sin politik som en "modern industripolitik".⁴ Den innebär i grunden ändrade spelregler för statlig intervention i marknadsekonomier - spelregler som USA varit drivande i att tidigare etablera och som man nu menar måste revideras för att USA ska kunna konkurrera med Kina på likvärdiga villkor.

Initiativen är ekonomiskt av så stor omfattning att de påtagligt bedöms förändra den relativa attraktiviteten för företag att investera i USA. De har redan resulterat i kraftigt ökade redan påbörjade och planerade investeringar i amerikansk tillverkningsindustri. En stor del av investeringarna kommer från företag i Östasien.

EU, enskilda större EU-länder, Japan, Sydkorea, Taiwan, Australien med flera länder har reagerat på de amerikanska initiativen och lanserat egna initiativ, men ännu inte i samma skala som de amerikanska. För EU:s del har detta bland annat inneburit utvecklingen av en ny politik för att stärka sin egen "teknologiska suveränitet", en politik som fortfarande är under utveckling.

Målsättningen för de amerikanska initiativen är utomordentligt ambitiös och flerdimensionell: att samtidigt säkerställa amerikanskt ledarskap inom tekniker och industrier av avgörande betydelse för landets säkerhet; att bygga en framskjuten position för tillverkningsindustri inom snabbväxande områden (det vill säga i synnerhet områden kopplade till digitalisering och klimatomställning); att genomföra klimatomställningen av det amerikanska samhället och industrin.

Att lyckas etablera en konkurrenskraftig tillverkningsindustri spelar en avgörande roll för alla tre huvudmålsättningarna. Ett grundläggande dilemma är att USA tappat mark inom stora delar av tillverkningsindustrin. Men att återuppbygga en konkurrenskraftig industri med tillräckligt djup i värdekedjor låter sig inte göras i en handvändning. USA är idag starkt beroende av företag med bas i andra länder för den tillverknings-teknologi som behövs. Inom energiområdet finns dessa till stor del hos företag i Kina, som USA anser vara landets huvudkonkurrent. Inom halvledarområdet finns de främst hos företag i Taiwan, Sydkorea, Japan och Nederländerna. Målet att med statliga subventioner "under skydd" bygga upp tillverkningsindustri i USA, står delvis i konflikt med dessa länders ambitioner att bygga upp och stärka sina egna industrier. Samtidigt är USA beroende av samverkan med andra länder för att begränsa Kinas tillgång till avancerad teknologi inom områden kopplade till digitalisering. Åtminstone på kort sikt är också investeringarna i klimatomställning beroende av import från inte minst Kina.

Även om de statliga subventionerna i USA är stora, är de ändå i förhållande till investeringsbehoven begränsade. Långsiktigt är det knappast möjligt att basera

⁴ Remarks on Executing a Modern American Industrial Strategy by NEC Director Brian Deese (13 okt 2022) (<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2022/10/13/remarks-on-executing-a-modern-american-industrial-strategy-by-nec-director-brian-deese/>).

konkurrenskraft på statliga subventioner. Frågan är hur långt en protektionistisk politik kan utveckla och underhålla industrier som tillverkar halvledare, batterier, elfordon, solceller och vindkraftverk.

Som nämnts ovan kretsar mycket av USA:s politik för nationell säkerhet kring en ambition, att med såväl offensiva som defensiva medel upprätthålla eller bygga upp ledarskap i förhållande till framför allt Kina inom ett antal utpekade "kritiska och framväxande tekniker". Att USA pekat ut dessa tekniker, ska vägleda initiativ inom en rad politikområden, bland annat utrikes- och handelspolitik, granskning av utländska direktinvesteringar, forsknings-, innovations- och industripolitik.

För att fördjupa och institutionalisera arbetet med att identifiera och analysera landskapet av nyckelteknologier och deras betydelse för USA, innehöll den nya lagen *Chips & Science Act* från augusti 2022 ett särskilt direktiv till chefen för Office of Science and Technology Policy (OSTP). Vart fjärde år ska OSTP ta fram en vittomfattande nationell strategi för vetenskap och teknik med särskilt fokus på ekonomisk säkerhet. Den ska vara samstämmig med andra nationella strategier, inklusive den nationella försvarsstrategin. Den första nationella strategin för vetenskap och teknik ska levereras till kongressen före utgången av 2024. Redan under 2023 ska en grundlig genomgång och analys av USA:s hittillsvarande strategi för vetenskap och teknik ha tagits fram och redovisats för kongressen.⁵ Denna ska sedan utgöra en del av underlaget för 2024 års strategi.⁶

Utgångspunkten är att USA ska behålla eller ytterligare stärka ("maintain or advance") sitt ledarskap inom teknikområden som är framväxande och kritiska för landet. Utöver förhållandena inom forskning, utveckling och demonstration av relevanta tekniker, ska strategin även belysa USA:s position avseende industriell tillverkning och innovation. Den ska också analysera den internationella konkurrensbilden, och potentiella hot mot USA:s ledarskap ska identifieras, liksom möjligheter till internationellt samarbete. För sektorer som identifieras som särskilt kritiska för att USA ska kunna behålla ledarskap inom innovation, ska konkurrensförhållandena över hela spektret av konstruktion, tillverkning, leveranskedjor och marknadsnärvaro klarläggas.⁷

Chips & Science Act innehåller även ett särskilt uppdrag till National Science Foundation (NSF). Enligt detta ska NSF i samverkan med en arbetsgrupp av ledande företrädare för utvalda departement och andra federala organ årligen redovisa en uppdaterad lista på högst 10 "key technology focus areas". Arbetet ska explicit visa vilken roll dessa utpekade teknikområden har i förhållande till USA:s "samhälleliga,

⁵ I slutet av maj 2024 hade en sådan analys ännu inte publicerats.

⁶ Sec 10611-10613 i *Chips and Science Act* (<https://www.congress.gov/117/plaws/publ167/PLAW-117publ167.pdf>).

⁷ Specifikationen av vad genomgången och analysen av hittillsvarande strategi för vetenskap och teknik ska innehålla återfinns i Bilaga.

nationella och geostrategiska utmaningar”.⁸ Lagen innehåller en preliminär lista på teknikområden, figur 2.⁹ Samtliga 10 områden återfinns i den tidigare nämnda längre listan på 19 kritiska och framväxande teknikområden. Skillnaden är främst att den senare innehåller ett antal områden med primärt militär användning.

För att bygga och utveckla förmågan att analysera USA:s konkurrenskraft inom kritiska teknologier, beviljade NSF 4 miljoner dollar i finansiering till ett nätverk av 13 organisationer som genomförde ett pilotprojekt. Rapporten från detta projekt publicerades i oktober 2023 och innehåller en analys av fyra områden: AI, halvledare, bioläkemedel och energi.¹⁰

2.2 Japan

Den geopolitiska kraftmätningen mellan USA och Kina har försatt Japan, Sydkorea och Taiwan, samt i viss mån även EU, i ett utsatt läge. Nämnda länder i Östasien är säkerhetspolitiskt mycket starkt beroende av USA, samtidigt som de ekonomiskt är högradigt beroende av utbyte med Kina. För att möta denna situation har både Japan och Sydkorea tagit omfattande nya initiativ för att öka sin ”ekonomiska säkerhet”. En ökad grad av teknologiskt oberoende är en central del i dessa initiativ.

I Japan trädde i februari 2022 en ny lag för skydd av ekonomisk säkerhet i kraft (Economic Security Protection Act).¹¹ Den innehåller åtgärder inom fyra områden: resilienta värdekedjor för försörjning med för individer och samhällsekonomi kritiska material och produkter¹²; kritisk infrastruktur¹³; stöd till utveckling av kritiska teknologier; system för att hemlighålla information om militärt känsliga patent. Inom samtliga områden betonas behovet av ökad samverkan mellan stat och näringsliv och formerna för att organisera sådan samverkan beskrivs.

Ökad egen innovationskapacitet inom kritiska teknikområden, och särskilt utveckling och kontroll av ”oumbärliga tekniker”, ses som ett sätt att stärka Japans förhandlingsstyrka visavi andra länder. Härigenom vill man minska risken att bli utsatt för ekonomisk utpressning. Ett omfattande arbete förutses med att analysera Japans position inom olika kritiska teknologier och att utveckla strategier för att stärka Japans ställning inom

⁸ I lagen anges följande utmaningar som en inledande utgångspunkt för NSF:s arbete: “National security; Manufacturing and industrial productivity; Workforce development and skills gaps; Climate change and environmental sustainability; Inequitable access to education, opportunity, or other services”.

⁹ De identifierade teknologierna ska bland annat vägleda verksamheten i NSF:s nya direktorat för teknologi, innovation och partnerskap men inte begränsa verksamheten till dessa.

¹⁰ <https://nncta.org/files/documents/nncta-final-report.pdf>.

¹¹ [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751417/EPRS_ATA\(2023\)751417_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751417/EPRS_ATA(2023)751417_EN.pdf).

¹² Halvledare, sällsynta jordartsmetaller, medicinska förnödenheter, gödselmedel, reservdelar för fartyg och flygplan, flytande naturgas, molnapplikationer, antimikrobiella medel, batterier, industrirobotar och verktygsmaskiner har identifierats som ”särskilt viktiga förnödenheter” (specifically designated important supplies).

¹³ Nyetablering av infrastruktur inom följande sektorer föreslås undergå särskild granskning: eldistribution, gasledning, järnvägar och godstransport, flygtransporter och flygplatser, telekommunikation, markbundna radio- och TV-sändningar, postväsende, banker, betalningsöverföringar, försäkringar och finansmarknader samt betalningssystem.

dessa. I ett regeringsbeslut från september 2022 anges 20 områden för sådan analys och strategiutveckling.¹⁴ Ovan nämnda lag föreskriver att en ny organisation, en tankesmedja ("think tank") ska inrättas för att organisera analysarbetet. Förberedelser pågår sedan mer än ett år tillbaka för att etablera den nya organisationen. Rapporter från detta arbete visar att den är tänkt att nära samverka med befintliga offentliga forsknings- och teknikpolitiska analysmiljöer¹⁵ och att den även ska lägga ut uppdrag på privata analysinstitut.

2.3 EU

I oktober 2023 publicerade EU-kommissionen en lista på 10 breda "kritiska teknikområden för EU:s ekonomiska säkerhet". Kommissionen rekommenderade samtidigt att den tillsammans med medlemsländerna skulle genomföra en riskanalys för fyra av teknikområdena som bedömdes som särskilt kritiska.¹⁶ De fyra områdena är:

- avancerad halvledarteknik
- AI-teknik
- kvantteknologi
- bioteknik.

Riskanalysen ska identifiera och värdera olika sårbarheters potentiella inverkan på EU:s ekonomiska säkerhet och sannolikheten för att negativa effekter förverkligas. Analysen ska omfatta de aktuella teknikernas försörjningskedjor inklusive forskning, och kartlägga beroenderelationer och EU:s relativa position i det globala ekosystemet för respektive teknik.

Identifieringen och analysen av kritiska teknikområden ingår som en del i den övergripande ekonomiska säkerhetsstrategi (*Economic Security Strategy*) som kommissionen presenterade i juni 2023. Behovet av en samlad ekonomisk säkerhetsstrategi motiveras av "de nya geopolitiska och tekniska realiteterna". Strategin, som till sitt innehåll påminner om den ovan nämnda japanska lagen för skydd av

¹⁴<https://www.tokyofoundation.org/research/detail.php?id=943#:~:text=Sci%2DTech%20Policy%20under%20the%20New%20Law&text=First%20is%20that%20the%20process,made%20through%20private%20public%20partnerships>.

¹⁵ Bland andra National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), Center for R&D-Strategy (CRDS) inom Japan Science and Technology Agency (JST) och Technology Strategy Center (TSC) vid New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO). I ett projekt koordinerat av National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS) har dessa och andra organisationer översiktligt analyserat de 29 utpekade breda teknikområdena. Rapporter från projektet publicerades i mars 2023 men finns endast tillgängligt på japanska:
<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/pdf/20230314thinktank/seikabutsu/20230314seikabutsu.html>.

¹⁶ "with the highest likelihood of presenting the most sensitive and immediate risks related to technology security and technology leakage". https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/d2649f7e-44c4-49a9-a59d-bffd298f8fa7_en?filename=C_2023_6689_1_EN_annexe_acte_autonome_part1_v9.pdf.

ekonomisk säkerhet, identifierar fyra typer av hot mot ekonomisk säkerhet. Strategin beskriver risker som hänför sig till:

- resiliensen hos leveranskedjor, inbegripet energitrygghet
- den fysiska säkerheten och cybersäkerheten i kritisk infrastruktur
- teknisk säkerhet och teknickläckage
- att ekonomiska beroenden eller ekonomiskt tvång används som vapen.

I strategin görs en genomgång av åtgärder som kan bidra till att minska hoten mot ekonomisk säkerhet. Såväl redan beslutade eller planerade åtgärder, som ytterligare tänkbara framtida åtgärder, redovisas. De är grupperade i de tre kategorier vars kombination OECD identifierat som en ny trend och som nämndes inledningsvis i denna rapport: främjande, skydd och partnerskap.

En känslig fråga har rört offentligt stöd till sådana investeringar som bedöms nödvändiga för att stärka EU:s innovationskapacitet och industriella konkurrenskraft inom kritiska teknikområden och deras försörjningskedjor. Sedan covid-19-pandemin har gränserna för offentligt stöd till företag, som tidigare fanns såväl internt inom EU som bredare inom ramen för WTO, på olika sätt kraftigt luckrats upp. Inledningsvis rörde det sig framför allt om extraordinärt och kortsiktigt stöd för att företag skulle överleva de akuta effekterna av nedstängningen av stora delar av samhället. Senare avsåg en ökande del av stödet investeringar för klimatomställning och digitalisering med sikte på att få till stånd en hållbar återhämtning av olika länders ekonomier. En stor del av detta stöd fördelades via de EU-finansierade återhämtningsprogrammen. Det var en helt ny företeelse i så måtto att finansieringen utgörs av EU-gemensamma lån i stor skala. EU:s medlemsländer har också givits ökade möjligheter att ge generöst finansiellt stöd till investeringar i det egna näringslivet, bland annat till så kallade ”viktiga projekt av gemensamt europeiskt intresse” (IPCEI).¹⁷

Ett par initiativ i USA med omfattande federal finansiering inom industriella tillväxtområden, har väckt krav på liknande finansiering från EU:s sida. Ett av dessa amerikanska initiativ är Chips & Science Act. För den del som avser tillverkning av halvledare, har lagen fått en direkt motsvarighet inom EU i form av European Chips Act, som antogs i september 2023. Genom denna bedöms 43 miljarder euro i offentliga medel komma att tillföras halvledarområdet, varav 3,3 miljarder euro i ny finansiering från EU:s gemensamma budget. Huvuddelen av de offentliga medlen kommer således från medlemsländerna. EU-kommissionens finansiering kanaliseras huvudsakligen genom Initiative Chips for Europe. Inom detta program går merparten genom det gemensamma företaget för halvledare (Chips Joint Undertaking) som officiellt invigdes

¹⁷ Important Projects of Common European Interest (IPCEI).

30 november 2023.¹⁸ Mycket stora investeringar i Europa har annonserats av bland andra Intel och TSMC, men hur stor del av dessa som till slut realiseras, återstår att se.

Det andra amerikanska initiativet som påverkar EU kraftigt är Inflation Reduction Act (IRA). En del av denna lag innebär en massiv federal finansiering för att snabba på klimatomställningen i USA, och samtidigt främja uppbyggnaden av industriell tillverkning av klimatrelaterade produkter och deras värdekedjor i landet. Finansieringen är en blandning av skatteavdrag för inköp av elfordon och andra klimatrelaterade produkter och investerings- och produktionsstöd till energi- och industriföretag som bidrar till klimatomställning. Subventionerna som uppskattats till 369 miljarder dollar under 10 år, är i varierande grad över tid kopplade till att tillverkningen av produkter liksom insatsvarorna till dessa sker i USA. Effekterna på europeisk industri av IRA är komplexa och har varit föremål för ingående analyser.¹⁹ Många aktörer applåderar IRA:s förväntade bidrag till att accelerera den amerikanske klimatomställningen. Men det protektionistiska inslaget ses som ett stort problem, då det både underminerar gängse principer för frihandel och gör det relativt sett attraktivare för företag att investera i USA. IRA bedöms kunna leda till mycket låga elpriser i USA, vilket kan få stora effekter på lokalisering av energiintensiv industri och produktion av elektrobränslen.

Strax efter att IRA beslutades i augusti 2022, lanserade EU-kommissionens president Ursula von der Leyen i sitt årliga tal idén om att etablera en suveränitetsfond (Sovereignty Fund) på EU-nivå. Hon utvecklade i december 2022 att ett huvudsyfte med fonden vore att EU ska fortsätta att vara ledande i klimatomställning.²⁰ EU-kommissionären Thierry Breton hade tidigare uttalat ett ännu bredare syfte med fonden: att stödja ”projekt av betydelse för EU:s suveränitet inom alla sektorer av det industriella spektret”.²¹

Idéen om en suveränitetsfond på EU-nivå mötte emellertid motstånd från ett antal medlemsländer och även delar av EU-parlamentet, bland annat med argumentet att det finns stora outnyttjade medel i *Faciliteten för återhämtning och resiliens*.²² Utspellet stöptes så småningom om till ett lagförslag om att inrätta en *Strategic Technologies for Europe Platform* (STEP) med väsentligt blygsammare tillförsel av ny finansiering än von der Leyens och Bretons ursprungliga idéer. Det hela presenterades som en del av

¹⁸ Chips JU har en total budget på 11 miljarder euro, varav knappt 40 procent från vardera EU-kommissionen och medlemsländerna och drygt 20 procent från näringslivet. Två tredjedelar av EU-kommissionens bidrag kommer från Initiative Chips for Europe och en tredjedel från den ordinarie budgeten för Horizon Europe. <https://www.chips-ju.europa.eu/>.

¹⁹ En analys har genomförts av Copenhagen Economics på uppdrag av Svenskt Näringsliv (https://www.svensktnaringsliv.se/sakomraden/foretagsjuridik/the-effects-of-the-us-inflation-reduction-act-ira-on-eu-competiti_1197372.html) och en annan av Bruegel (https://www.bruegel.org/sites/default/files/2023-02/PB%2004%202023_0_1.pdf).

²⁰ “We want European industry to continue to lead the green transition, and that is why I introduced the idea of a sovereignty fund,” said Ms von der Leyen, insisting on an EU response to clear cases of unfair competition, notably from the USA (<https://agenceurope.eu/en/bulletin/article/13084/1>).

²¹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/STATEMENT_22_5543.

²² <https://tvpworld.com/65893979/seven-eu-countries-oppose-new-eu-funding-as-a-response-to-us-subsidy-plan>; <https://sciencebusiness.net/news/Sovereignty/proposed-european-sovereignty-fund-faces-opposition-meps>.

förslaget till reviderad flerårsbudget för 2024–2027. Den slutliga versionen av förordningen förhandlades under februari 2024.²³ Enligt denna samlas ett antal initiativ under det nya paraplyet STEP, med syfte att skapa bättre överblick över och starkare synergier mellan de olika initiativen. Utöver redan beslutade resurser föreslås att 1.5 miljarder euro i nya medel tillförs European Defence Fund.

Ett huvudargument för att på EU-nivå öka det offentliga stödet till investeringar i kritiska teknologier, är att förutsättningarna för att ge bidrag på nationell nivå varierar starkt mellan olika länder. Att mjuka upp statsstödsreglerna utan tillgång till motsvarande resurser på EU-nivå skulle missgynna mindre och finansiellt svagare länder. Här finns en grundläggande spänning kring hur industripolitiken ska utvecklas i framtiden inom EU.

2.4 Storbritannien

Med det uttalade målet att göra Storbritannien till en ”supermakt inom vetenskap och teknik” till år 2030, presenterade den brittiska regeringen i mars 2023 ett ”ramverk för vetenskap och teknik”.²⁴ Ramverket representerar regeringens strategi och beskriver insatser inom tio åtgärdsområden. Ett av dessa avser identifiering av kritiska teknologier. Baserat på en sammanvägning av åtta kriterier har följande fem prioriterade kritiska teknologier valts ut:

- artificiell intelligens
- teknisk biologi (”engineering biology”)
- framtida telekommunikation
- halvledare
- kvantteknologi.

Det nya ramverket för vetenskap och teknik fastställdes strax efter det att forsknings-, innovations- och teknikpolitik samlats under ett nytt departement, Department for Science, Innovation and Technology (DSIT).

Under 2023 har en nationell strategi för kvantteknologi²⁵ och en vision för teknisk biologi presenterats.²⁶

²³ https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/plmrep/COMMITTEES/CJ44/AG/2024/02-22/1296905EN.pdf.

²⁴ [The UK Science and Technology Framework: taking a systems approach to UK science and technology \(publishing.service.gov.uk\)](https://www.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/115444/the-uk-science-and-technology-framework-taking-a-systems-approach-to-uk-science-and-technology.pdf).

²⁵ <https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>.

²⁶ <https://www.gov.uk/government/publications/national-vision-for-engineering-biology>.

2.5 Nederländerna

I januari 2024 antog regeringen i Nederländerna en ny nationell teknikstrategi.²⁷ I denna identifierar regeringen tio teknikområden i vilka den bedömer att företag och forskningsorganisationer har särskilt goda utvecklingsmöjligheter. För varje område beskriver strategin Nederländernas internationella position, den diskuterar utvecklingshinder och föreslår åtgärder för att möta dessa.

²⁷ <https://open.overheid.nl/documenten/67b0a9e1-135b-483f-9ed9-3aade270dbce/file>.

3 Den globala konkurrensbilden för några kritiska teknikområden

Forskning, innovation och konkurrenskraftig produktion av kritiska och framväxande teknologier sker i globala ekosystem som hittills byggt på ett i huvudsak marknadsbaserat utbyte av kunskap, tekniker, produkter och tjänster. När plötsligt andra faktorer än rent marknadsmässiga börjar styra detta utbyte ser många enskilda länder och EU sig manade att mer systematiskt analysera sitt beroende av omvärlden av olika teknologier. Man ser också ett behov av att utveckla strategier för att minska sin sårbarhet för störningar och begränsningar. Därför investerar många länder i egen FoU och tillverkning och tar nya initiativ för att bygga strategiska partnerskap med andra länder.

Det har snabbt blivit tydligt att analyser av teknologiska beroenden är en mycket komplex uppgift som sällan låter sig lösas tillfredsställande inom befintliga organisationer. Bland de särskilda utmaningar som finns kan nämnas komplexiteten i globala värdekedjor och de inbördes starka kopplingarna mellan olika teknikområden. Mycket av den viktigaste informationen finns dessutom utspridd på många företag och är ofta inte öppet tillgänglig. Tekniska genombrott och politiska beslut kan också snabbt göra en analys överspelad. Till detta kan läggas det särskilda problem som det innebär att värdera förhållandena i Kina.

En växande ström av rapporter, som försöker värdera de relativa styrkeförhållandena mellan olika länder och kritiska och framväxande teknikområden, kan förväntas. En del har redan publicerats. Sverige behöver analysera den egna situationen i fråga om tillgång till vetenskaplig kunskap och teknik. Det förutsätter en egen förmåga att följa, värdera och syntetisera information som blir tillgänglig om globala ekosystem av kunskap, teknologi och industri och olika länders strategier och åtgärder. Informationsutbyte och samarbete med andra länder och med analysarbete som bedrivs på EU-nivå bör vara en naturlig del i detta. Minst lika viktigt är att inom Sverige utveckla former för analysamverkan mellan olika myndigheter, näringslivsorganisationer och forskningsmiljöer.

I det följande diskuteras översiktligt några huvuddrag i den aktuella konkurrensbilden inom forskning, teknologi och industri för ett urval områden. De har alla koppling till digitalisering och klimatomställning och fokuserar på USA, Kina och EU samt i någon mån andra länder med omfattande FoU inom några av områdena. I nästa avsnitt jämförs Sverige med ett antal länder av någorlunda jämförbar storlek med fokus på forskning.

3.1 Halvledare

Inom digitala teknikområden är den allmänna bilden att USA idag är kommersiellt ledande inom de flesta områden. Ett viktigt undantag är tillverkning av elektronikprodukter, där USA liksom Europa är starkt beroende av import från framför allt Kina, Sydkorea och Taiwan.²⁸ Detta beroende upplevs som ett problem främst vad gäller de mest avancerade halvledarna. Tillverkningen av dessa är idag nästan helt koncentrerad till företaget TSMC i Taiwan, med Samsung i Sydkorea hack i häl teknologiskt. Produktionskalan och därmed investeringskostnaden för att bygga en ny halvledarfabrik med den senaste tekniken har ökat exponentiellt för varje ny generation. Idag uppges den vara i storleksordningen 20–24 miljarder dollar, en kostnad som utöver TSMC endast Samsung och Intel kan försvara med sina försäljningsvolymerna.²⁹ Tillverkarna av de mest avancerade halvledarkomponenterna är själva beroende av ett globalt ekosystem för utveckling och tillverkning av utrustning och material. De ledande företagen vad gäller utrustning och material är lokaliserade till Nederländerna, USA, Japan och Tyskland. Den allra mest kritiska utrustningen är litografimaskiner som används för att rita mönster på kiselskivor. Det nederländska företaget ASML har skaffat sig vad som närmast är ett monopol på avancerad litografiutrustning. Komplexiteten i denna utrustning och de utvecklingssamarbeten som ASML byggt upp med tillverkare av komponenter med unika prestanda, är sådana att inget företag bedöms kunna hota denna position ens på medellång sikt.

Prestanda hos halvledarkomponenter är avgörande för prestanda för högteknologiska elektronikprodukter som datorer, kommunikationsnätverk och mobiltelefoner. Kina ligger minst ett par generationer efter de främsta länderna i utvecklingen av teknologi för tillverkning av halvledare.³⁰ Därför har mycket av USA:s politik för att behålla tekniskt ledarskap i förhållande till Kina kommit att kretsa kring just halvledare. Man satsar stora resurser på att stärka den inhemska tillverkningen av avancerade halvledare. USA har också infört hårda exportrestriktioner mot Kina för högpresterande halvledarkomponenter liksom av programvara, utrustning och material för deras konstruktion och tillverkning. På begäran från USA har också Taiwan, Sydkorea, Nederländerna och Japan infört motsvarande exportbegränsningar. Meningarna går isär i fråga om och hur snabbt Kina med egna krafter kan bygga upp en rimligt konkurrenskraftig inhemska tillverkning av

²⁸ När det gäller konstruktion av mikroprocessorer återfinns de ledande företagen i USA.

²⁹ <https://cssh.northeastern.edu/us-leverages-its-relationship-with-taiwan-to-help-rebuild-the-domestic-semiconductor-industry-how-can-both-countries-benefit-from-the-deal/>.

³⁰ Intels VD Pat Gelsinger hävdade i januari 2024 att Kina inom halvledartillverkning ligger 10 år efter de ledande globala företagen och att detta gap kommer att bestå.

(<https://www.trendforce.com/news/2024/01/19/intel-ceo-claims-chinas-chip-manufacturing-lags-behind-by-10-years-gap-to-persist>)

Paolo Triolo, Senior Associate vid Center for Strategic & International Studies, har inående analyserat utvecklingsmöjligheterna för kinesisk halvledarindustri och bedömer dessa mer positivt än Gelsinger: <https://americanaffairsjournal.org/2024/02/a-new-era-for-the-chinese-semiconductor-industry-beijing-responds-to-export-controls/>.

avancerade halvledare, men det är ingen tvekan om att det är en mycket krävande uppgift.

De geopolitiska förvecklingarna kring halvledare kombinerat med att akut brist på halvledare under pandemin, medförde omfattande produktionsstörningar i bland annat fordonsindustrin. Det gjorde att EU, enskilda länder inom EU och Japan har fattat beslut om att liksom USA generöst subventionera investeringar i tillverkning och FoU av halvledare.

3.2 Artificiell intelligens

Genom företag som Google, Microsoft, Meta, Amazon och IBM har USA länge haft en ledande kommersiell position inom AI. Det engelska företaget Deep Mind har dock stått för några av de främsta innovationerna inom området, men ägs sedan 2014 av Alphabet, Googles moderkoncern. Forskningsmässigt har bland annat Kanada bidragit stort. Genom framväxten av digitala plattformsföretag som Alibaba, Tencent och Baidu har Kina betraktats som den enda egentliga utmanaren till de amerikanska företagen om det teknologiska ledarskapet inom AI. De kinesiska företagens tillgång till stora datamängder har då bedömts som en viktig faktor.

Konkurrensförhållande inom AI-området har nyligen drastiskt förändrats. Mest uppmärksammat är det tekniska genombrott i användningen av stora språkmodeller som företaget OpenAI demonstrerade i november 2022 genom att tillgängliggöra ChatGPT. Redan tidigare var tillgången till datorkapacitet en avgörande faktor för framgångsrik träning av AI-modeller. Detta förefaller vara särskilt uttalat för stora språkmodeller. Det har medfört hård konkurrens om de mest avancerade grafikprocessorerna från Nvidia, som idag leder utvecklingen av halvledarkretsar för AI. Tillverkningen av dessa sker hos TSMC i Taiwan.

Nvidias mest avancerade grafikprocessorer är inte tillgängliga för företag i Kina i enlighet med de senaste årens exportbegränsningar. Detta håller tillbaka utvecklingen och användningen av stora språkmodeller i Kina. Samtidigt har de stora kinesiska plattformsföretagen seglat i politisk motvind sedan slutet av 2020 och blivit föremål för mer regleringar än tidigare, vilket bland annat medfört att Alibaba brutits upp i mindre enheter.

En frenetisk utveckling av stora språkmodeller pågår nu inte endast i USA utan runt om i världen. Det återstår att se om det är etablerade stora plattformsföretag i USA (inklusive OpenAI som har Microsoft som delägare och utvecklingspartner) eller om det är något av många nystartade företag i USA, Europa eller annorstädes, som kommer att lyckas bygga

upp en dominerande position.³¹ Även Nvidias dominans i utvecklingen av AI-chip kan komma att utmanas.

3.3 Kommunikationsteknik

Ett område inom digital teknik, där Europa och Norden genom Ericsson och Nokia har en framträdande roll, är kommunikationsteknik. Tillsammans med kinesiska Huawei är de två företagen ledande i världen som leverantörer av mobil infrastruktur med Samsung på fjärde plats i fråga om marknadsandelar. Av säkerhetsskäl har Huawei sedan hösten 2020 stängts ute som leverantör av mobilnät till USA. Därefter har ett växande antal andra länder i väst, inklusive Sverige följt i samma spår. Huawei har djup kompetens och affärsverksamhet inom ett brett register av digitala tekniker och har FoU-utgifter som är fem gånger större än Ericssons respektive Nokias. Utestängd från stora marknader för mobilnät och utan tillgång till de mest avancerade halvledarna, har företaget arbetat i en brant uppförsbacke under de senaste åren. Hur Huawei och Kina lyckas lösa frågan om tillgång till avancerade halvledare är avgörande för företagets framtida utveckling. Nyligen rapporterades om att Huawei konstruerat mikroprocessorer för mobiltelefoner som visserligen låg ett eller ett par år efter Qualcomms, det främsta amerikanska mobilchipföretaget, men hade bättre prestanda än förväntat.³²

Att det saknas amerikanska leverantörer av mobil infrastruktur uppfattas i USA som ett problem. Medvetna ansträngningar görs för att minska beroendet av utländska leverantörer, genom initiativ för att utveckla Open Radio Access Networks (O-Ran).³³ Målsättningen är att öppna dessa genom att standardisera olika gränssnitt i radionätverk, så att det blir möjligt för mobiloperatörerna att dela upp upphandlingen av hård- och programvara för nätverken på olika leverantörer. En förhoppning i USA är att detta ska ge landets starka ekosystem av programvaruutvecklande företag en större roll inom kommunikationsteknologi. Samtidigt hoppas man kunna minska dagens beroende av ett fåtal stora utländska leverantörer av mobilnätverk. O-Ran-initiativet stöds aktivt även av länder andra än USA, såsom Japan, Tyskland och Storbritannien liksom mobiloperatörer i dessa. Bedömningarna går kraftigt isär om i vilken grad och hur snabbt O-Ran kan komma att få ett mer omfattande genomslag på marknaden, och vilka effekter detta kan få för etablerade leverantörer av mobilnätverk som Ericsson och Nokia.

³¹ Det franska startup företaget Mistral är exempel på ett lovande företag i Europa (Financial Times 8 nov 2023: "Investors rush to back French AI start-up Mistral").

³² Qualcomm konstruerar kretsar men utnyttjar kontraktstillverkare som TSMC och Samsung för att tillverka dessa. Enligt en uppgift tillverkades Huaweis mobiltelefonchip av kinesiska Semiconductor Manufacturing International (Financial Times 21 sept 2023: "Huawei follows Apple with chip breakthrough").

³³ Bland annat har inom ramen för Chips & Science Act 1,5 miljarder dollar avdelats till en Public Wireless Supply Chain Innovation Fund med primärt syfte att påskynda utbyggnaden av O-Ran och interoperativa nätverk (<https://www.mobileworldlive.com/network-tech/us-agencies-target-open-ran-acceleration/>).

3.4 Kvantteknologi

Kvantteknologi befinner sig fortfarande i en tidig utvecklingsfas. De största resurserna satsas på att bygga fungerande kvantdatorer, men avlyssningssäker kommunikation och ultrakänsliga sensorer är andra viktiga områden. I processen med att ta fram kvantdatorer finns ett flertal konkurrerande utvecklingsspår, och det är fortfarande en öppen fråga vilket eller vilka av dessa som kommer att visa sig möjliga att skala upp till praktiskt användbara lösningar. Såväl vetenskapliga som tekniska genombrott bedöms behövas för att nå resultat. Stora resurser krävs för att lösa alla de tekniska utmaningar som det innebär att bygga fungerande kvantdatorer även med begränsade prestanda. Här tenderar företag att ha en fördel genom sina stora ekonomiska resurser och organisation för att driva tekniskt utvecklingsarbete. Samtidigt finns utmaningar som kräver forskning i den vetenskapliga frontlinjen. Samarbete mellan företag och forskningsorganisationer uppfattas därför som nödvändigt. Svårigheten att bedöma när och för vilken typ av uppgifter som kvantdatorer på allvar kan börja konkurrera med mer traditionella datorer, illustreras av McKinsey: Konsultföretaget uppskattar den globala marknadspotentialen 2040 inom ett så brett intervall som mellan 9 och 93 miljarder dollar.³⁴

I stort sett alla de stora amerikanska och kinesiska digitala plattformsföretagen bedriver utveckling av kvantdatorer. Flera erbjuder molntjänster till forskare och andra företag, så att dessa kan programmera och testa applikationer på verkliga kvantdatorer. Alphabet/Google, IBM, Microsoft och Amazon återfinns bland de ledande företagen. Liknande tjänster erbjuds även av några startups, exempelvis kanadensiska Xanadu och D-Wave och amerikanska IonQ. De allra flesta startups är dock mer specialiserade på verksamhet som är mindre resurskrävande än kompletta kvantdatorer.

Globalt hade fram till och med 2022 cirka 350 startups etablerats med fokus på kvantteknologi och i dessa hade uppskattningsvis totalt 7 miljarder dollar investerats.³⁵ Nära hälften av investeringarna i startups har gjorts i USA, ytterligare en sjättedel i vardera Kanada och Storbritannien. EU står för 7 procent av investeringarna, Kina för 4 procent och övriga världen svarar för 8 procent. Efter en längre tids expansion nådde etableringen av nya företag en topp 2018 med 58 företag, men har därefter visat en nedåtgående trend till 19 nya företag 2022.

De höjda räntorna världen över har minskat tillgången på riskkapital för de långsiktigt uthålliga investeringar som krävs inom den ännu kommersiellt tämligen omogna kvantteknologin. Det är därför möjligt att utvecklingen av kvantteknologin under de närmaste åren finansiellt kommer att vara mer beroende av storföretag och kanske

³⁴<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/quantum%20technology%20sees%20record%20investments%20progress%20on%20talent%20gap/quantum-technology-monitor-april-2023.pdf>.

³⁵ McKinsey (april 2023), Quantum Technology Monitor (<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/quantum%20technology%20sees%20record%20investments%20progress%20on%20talent%20gap/quantum-technology-monitor-april-2023.pdf>).

framför allt offentliga finansieringskällor än hittills. Riskkapital från VC-fonder kan få en mindre framträdande roll och primärt inriktas på att selektivt utveckla redan etablerade startups.

Det är ingen tvekan om att FoU-verksamheten i företag, såväl stora etablerade som startups, domineras av USA. Men investeringarna i startups i Kanada och Storbritannien är anmärkningsvärt stora. Inom delområden kan dock bilden se annorlunda ut, framför allt inom områden där universitet eller forskningsinstitut definierar teknikfronten. Exempelvis förefaller Kina ligga långt framme inom kvantkommunikation.³⁶ Inom det utvecklingsspår för kvantdatorer som utnyttjar så kallade spin qubits finns de ledande forskningsmiljöerna i Australien och Nederländerna.³⁷

När det gäller offentliga satsningar på FoU inom kvantområdet bedöms dessa ha ackumulerat till 15,3 miljarder dollar i Kina fram till och med utgången av 2022, till 8,4 miljarder dollar i EU och i USA till 3,7 miljarder dollar.³⁸ En del tyder på att beloppet för Kina kan vara överskattat och beloppet för USA underskattat.³⁹ Inom EU har under senare år särskilt stora satsningar på kvantteknologi gjorts i Tyskland, Frankrike och Nederländerna.⁴⁰

Den öppet publicerade forskningen är mer jämnt fördelad, med starka forskningsmiljöer i åtminstone ett dussintal länder, inklusive i Sverige. Ändå har USA en dominerande position. Av 50 organisationer med flest artiklar bland de 1 procent högst citerade under 2017–2021 fanns 22 i USA, 10 inom EU, 7 i Kina, 3 i vardera Japan och Kanada, 2 i vardera Storbritannien och Singapore och 1 i Schweiz.⁴¹

³⁶ <https://chinapower.csis.org/china-quantum-technology/#:~:text=China%20has%20made%20impressive%20advances,global%20leader%20in%20quantum%20communication>.

³⁷ University of New South Wales och Delft University of Technology publicerade flest högciterade artiklar 2017-2021. Även företag publicerar inom området men i mindre utsträckning än generellt inom kvantteknologi. Det amerikanska kontraktsforskningsföretaget HRL Laboratories är det mest aktiva företaget till stor del baserat på finansiering från försvarsmyndigheter.

³⁸ En aktuell översikt över offentliga satsningar i kvantteknologi finns på: <https://qureca.com/overview-of-quantum-initiatives-worldwide-2023/>.

³⁹ Jämförelser av offentliga FoU-utgifter inom ett avgränsat område mellan olika länder är alltid osäkra då de i första hand endast fångar upp utgifter som varit särskilt öronmärkta för området i fråga, medan basresurser och mer generell projektfinansiering inte tas med men inte sällan kan vara av minst samma omfattning. I USA:s fall ingår, såvitt kan bedömas, endast den civila finansieringen.

⁴⁰ I det "Framtidspaket" som tyska regeringen lanserade i juni 2020 för att stimulera ekonomin ingick en satsning på kvantteknologi uppgående till 2 miljarder euro under 2020–2025. (https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/090_20_faktenblatt_konjunkturpaket.pdf?_blob=publicationFile&v=2). Kostnaderna kom senare att täckas av den EU-finansierade tyska återhämtningsplanen. Frankrike lanserade i januari 2021 en femårig kvantstrategi med insatser omfattande 1,8 miljarder euro varav 1,0 miljard från staten (<https://www.eetimes.eu/french-president-details-e1-8b-quantum-plan/>). I Nederländerna avsatte National Growth Fund i april 2021 615 miljoner euro till ett konsortium Quantum Delta NL (<https://qutech.nl/2021/04/09/quantum-delta-nl-awarded-615-million-euro-from-netherlands-national-growth-fund-to-accelerate-quantum-technology/>).

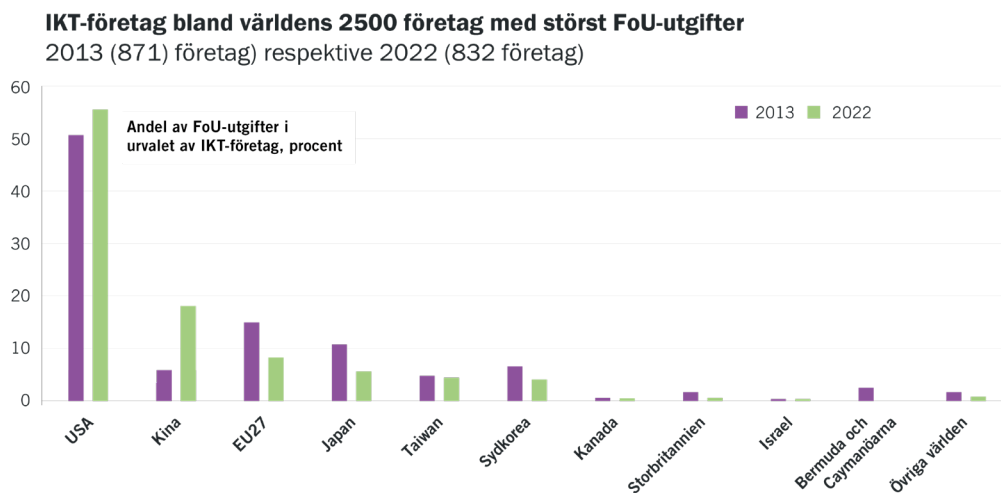
⁴¹ Figur 9 visar 29 organisationer med flest högciterade artiklar.

3.5 IKT-företagens FoU-resurser

Som redan antytts finns starka kopplingar och ömsesidiga beroenden mellan olika delområden inom informations- och kommunikationsteknik (IKT). Karaktären på dessa kopplingar ändras över tid, delvis på grund av själva teknikernas utveckling men även av andra skäl, exempelvis den geopolitiska utvecklingen. De mest resursstarka företagen har kapacitet att bedriva omfattande FoU inom flertalet av de breda områden som översiktligt diskuterats i det föregående. Flera av de största IKT-företagen har under senare tid satsat på att utveckla egna högpresterande halvledarkretsar.

Av företag som har sin huvudsakliga verksamhet inom IKT dominerar amerikanska inom forskning och utveckling. Av 832 publika (noterade) koncerner inom området med störst FoU-utgifter 2022 var 41 procent registrerade i USA och 29 procent i Kina medan motsvarande andelar var 8 procent för både Taiwan och EU-27 samt 7 procent för Japan. Om i stället FoU-utgifterna betraktas var de amerikanska företagens andel 56 procent, figur 3, och de kinesiska företagens 19 procent. Detta återspeglar de stora FoU-resurserna i de ledande amerikanska plattformsföretagen, figur 4. Kinas framträdande position är av sent datum. År 2013 var endast 7 procent av 871 IKT-företag med störst FoU-utgifter registrerade i Kina och dessa svarade för knappt 4 procent av FoU-utgifterna. Relativt sett har företag inom EU tappat mark. Av de 30 IKT-företagen med störst FoU-utgifter 2021 återfanns fem inom EU, däribland Ericsson och Nokia.⁴²

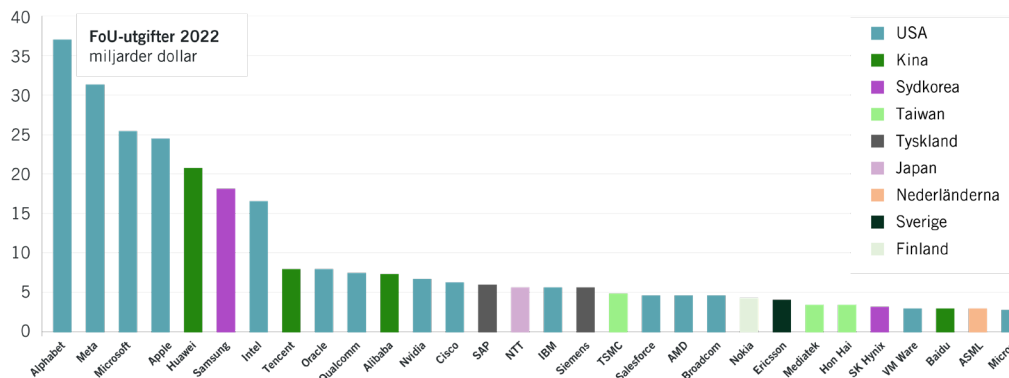
Figur 3. FoU-utgifter i IKT-företag fördelade efter företagets registreringsland 2013 respektive 2022.



Källa: Vinnova, bearbetning av data från EU Industrial R&D Investment Scoreboard 2014 och 2023.

⁴² I ett avseende är den bild som tecknats ofullständig. Länderfördelningen är baserad på var företagen är registrerade och inte var de bedriver sin FoU-verksamhet. Inte minst de stora amerikanska IKT-företagen har en del av sin FoU inom EU men omvänt har europeiska företag en del av sin FoU i USA.

Figur 4. IKT-företag med störst FoU-utgifter 2022.
30 IKT-företag med störst FoU-utgifter 2022



Källa: Vinnova, bearbetning av data från EU Industrial R&D Investment Scoreboard 2023.

Medan de amerikanska IKT-företagen arbetar globalt, har flertalet av de kinesiska företagen fortfarande den helt övervägande delen av sin försäljning i Kina. Den kinesiska marknaden är dock så stor att företagen redan på sin hemmamarknad kan uppnå tillräcklig skalekonomi innan de börjar exportera. Det internationellt mest framgångsrika kinesiska IKT-företaget är Huawei med FoU-resurser i samma skala som de största amerikanska plattformsföretagen.

Som redan noterats, har USA i första hand betraktat Kina som ett potentiellt hot mot det amerikanska ledarskapet inom IKT. Strypningen av kinesiska företags tillgång till avancerade halvledare har utan tvekan bromsat utvecklingen av IKT-företagen i Kina. Även i förhållande till det styrande kommunistpartiet i Kina, har de ledande teknikföretagen seglat i motvind sedan slutet av 2020. Ali Babas dotterföretag Ant Group, ägare av världens största betalplattform, tvingades då, av de reglerande myndigheterna, att ställa in en börsnotering planerad att uppgå till 37 miljarder dollar. Därefter har en rad regleringar införts i Kina som bland annat begränsar teknikföretagens finansiering. Men regleringarna bidrar också till att kanalisera företagens utveckling mot teknikområden som kan öka Kinas oberoende av utländsk teknologi.

En återkommande fråga är om EU kan bryta den nedåtgående trenden i sitt näringslivs konkurrenskraft inom IKT.⁴³ De stora amerikanska och kinesiska plattformsföretagens tillväxt har tenderat att bli självförstärkande, och ökar EU:s beroende av de amerikanska företagen i fråga om molntjänster och AI. Inom halvledarområdet försöker nu USA, EU och Japan alla att återuppbygga sina halvledarindustrier. Även om detta till en del planeras ske genom expansion av inhemska företag, förväntas de största investeringarna

⁴³ För EU:s del ser BCG svårigheterna att skala upp verksamheten i start-ups och andra företag som den främsta hindret för att skapa ett konkurrenskraftigt ekosystem inom kvantteknologi (<https://web-assets.bcg.com/09/16/38b8f0114aada4ce45b6bca9f5c7/bcg-can-europe-catch-up-with-the-us-and-china-in-quantum-computing-sep-2022-r.pdf>).

inom EU göras av Intel och TSMC. I Japan väntas åtminstone inledningsvis TSMC stå för de största investeringarna⁴⁴ och i USA räknar man med att Samsung, TSMC och Intel investerar mest. De ledande halvledarföretagens starka position ser således ut att ytterligare stärkas, men deras produktion bli mer jämnt geografiskt fördelad. Jämfört med AI och halvledare är kvantteknologi mer öppet vad gäller det tekniska ledarskapet, genom att det ännu är tämligen kommersiellt omoget. Detta har sannolikt bidragit till att stora statliga satsningar gjorts på området i Europa. Avancerad kommunikationsteknik, inklusive 5G och 6G, fick tidigt uppmärksamhet på grund av Huaweis framgångsrika expansion. Men efter att Huawei stängts ute, dels från många marknader i väst, dels från tillgång till avancerade halvledare, uppfattas området inte längre lika akut.⁴⁵ Långsiktiga frågor rör bland annat den roll Open Ran kan komma att få, och i vilken grad det internationella standardiseringsarbetet kommer att syfta till gemensamma standarder för väst och Kina.⁴⁶ En tätare integration av land- och satellitbaserad kommunikation innebär att områden där USA är starkt representerat får en större roll.⁴⁷

Som nämnts har EU-kommissionen inlett en riskanalys för fyra av de tio teknikområden som identifierats som kritiska: AI, halvledare, kvantteknologi och bioteknik.

3.6 Klimatrelaterade teknologier

I mars 2023 lade EU-kommissionen fram ett förslag till "förordning om nettollindustrin" (*Net Zero Industry Act*).⁴⁸ Med nettollindustri avses industrier vars utveckling drivs fram av omställningen till netto noll utsläpp av växthusgaser, exempelvis tillverkning av batterier, solceller och vindkraftverk.⁴⁹

EU har drivit en ambitiös klimatpolitik och stora förhoppningar har funnits att ledarskap i klimatomställning ska ge gynnsamma förutsättningar för innovation och tillväxt i

⁴⁴ I det mest ambitiösa projektet som planeras i Japan inom halvledarområdet har åtta japanska företag, inklusive Toyota, Sony och NTT, gått samman och bildat Rapidus som beräknas producera i full skala 2027. Nära samarbete har etablerats med bland andra ASML och IBM. Japanska staten har hittills bidragit med 2,5 miljarder dollar.

⁴⁵ Japanska regeringen har under 2019–2023 i tilläggsbudgetar satsat cirka 108 miljarder kronor på "Beyond 5G and 6G", varför merparten avser halvledare för användning i kommunikationssystem.

⁴⁶ I en rapport från amerikanska patentverket USPTO konstateras att så långt kan utläsas av patent råder det inom 5G-teknologi god konkurrens mellan ett halvduzin företag: The USPTO's examination shows that six 5G companies consistently competed in patenting activity: Ericsson, Huawei, LG, Nokia, Qualcomm, and Samsung. According to the data generated for the report, no single firm dominates 5G innovation at present."

⁴⁷ Detta lyfts fram i en publicerad handlingsplan för hur USA skulle kunna skaffa sig en ledande position inom avancerad nätverksteknologi (<https://www.uspto.gov/sites/default/files/documents/USPTO-5G-PatentActivityReport-Feb2022.pdf>). <https://www.scsp.ai/wp-content/uploads/2023/05/Final-National-Action-Plan-for-U.S.-Advantage-in-Advanced-Networks.pdf>). Planen är utarbetad av The Special Competitive Studies Project (SCSP), vars ordförande är Erik Schmidt, tidigare CEO respektive ordförande för Google samt ordförande i National Security Commission on Artificial Intelligence som 2021 publicerade i en inflytelserik rapport (<https://www.nscai.gov/wp-content/uploads/2021/03/Full-Report-Digital-1.pdf>).

⁴⁸ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:6448c360-c4dd-11ed-a05c-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF.

⁴⁹ De åtta områdena diskuteras och alla avser någon form av energiteknik: solceller och solvärme; land- och havsbaserad vindkraft samt annan havsbaserad förnybar energi; batterier och annan energilagring; värmepumpar och geotermisk energi; elektrolysörer och bränsleceller, hållbar biogas och biometan; infångning och lagring av kol(dioxid); elnätstekniker.

nettonollindustrier inom EU. Inom flera av dessa industrier är emellertid EU starkt beroende av teknik och import av produkter från Östasien och i synnerhet från Kina. År 2022 var EU:s självförsörjningsgrad för vindkraftverk 85 procent, för värmepumpar 60 procent, battericeller 54 procent, elektrolysörer 10 procent och för solceller var självförsörjningsgraden 3 procent. I ett underlag till förordningen om nettonollindustrin tecknas ett policyscenario där EU:s självförsörjningsgrad för battericeller, elektrolysörer och solceller ökar till 90, 100 respektive 45 procent. Kombinerat med den förväntade tillväxten av marknaden inom EU skulle detta innebära en ökning av den industriella produktionskapaciteten med cirka en faktor 7 för battericeller, 11 för elektrolysörer och 24 för solceller 2030 jämfört med nivån 2022. En mängd faktorer kommer att avgöra om detta visar sig möjligt. En del åtgärder föreslås i förordningen, bland annat avseende tillståndsprocesser och prioritering av angelägna projekt i de olika finansieringsinstrument som finns på EU-nivå.

De globalt ledande företagen för tillverkning av batterier och solceller liksom produktionsutrustning för batteritillverkning finns idag i Östasien och i synnerhet i Kina. På basis av en stor och snabbt expanderande marknad i Kina har dessa företag byggt upp en mycket storskalig och konkurrenskraftig verksamhet och många disponerar stora FoU-resurser.⁵⁰ Det är också framför allt kinesiska och sydkoreanska företag som idag dominerar de investeringar som hittills gjorts i tillverkning av batterier inom EU.⁵¹ Undantag är bland andra amerikanska Tesla och svenska Northvolt. De östasiatiska företagen har även en framträdande roll i den accelererade utbyggnaden av batteritillverkning som nu sker i USA till följd av beslutet om *Inflation Reduction Act* (IRA) i augusti 2022. Lagen innehåller stora subventioner till konsumenter och företag som vid inköp och investeringar bidrar till klimatomställning under förutsättning att berörda produkter och insatsvarorna till dessa tillverkas i USA. Subventionerna är så pass stora och långsiktigt verkande att de redan synligt påverkat många företags investeringsplaner till USA:s fördel. Allt tyder på att IRA också bidrog till att EU-kommissionen tog fram förordningen om nettonollindustrin.

Mycket talar för att både EU och USA fortsatt kommer att vara starkt beroende av östasiatiska företag för sin försörjning av batterier och solceller även om dessa företags tillverkning sker inom EU respektive USA. Ambitionen i både USA och EU är att inte endast slutprodukterna batterier, solceller och vindkraftverk ska tillverkas i USA respektive EU, utan att även stora delar av deras värdekedjor med utvinning, förädling och återvinning av material och komponenttillverkning ska ske där. Det finns skäl att tro att detta kan komma att ta lång tid. Europas utsatta läge när det gäller utvinning och

⁵⁰ Enligt Financial Times hade kinesiska CATL 2022 18 000 anställda i FoU och FoU-utgifter som uppgick till 2 miljarder dollar ("Can anyone challenge China's EV battery dominance?" Financial Times, 28 aug 2023 <https://www.ft.com/content/1f95d204-ea6a-4cf3-b66a-952362e8092a>).

⁵¹ Sid 69 i https://single-market-economy.ec.europa.eu/system/files/2023-03/SWD_2023_68_F1_STAFF_WORKING_PAPER_EN_V4_P1_2629849.PDF.

förädling av materialråvaror behandlas särskilt i EU-kommissionens förslag till *Raw Materials Act*.

En fråga av stor betydelse för den framväxande batteriindustrin i Europa, inklusive den i Sverige, är i vilken grad europeiska biltillverkare kommer att kunna konkurrera med kinesiska företag på elbilsmarknaden. Skulle de europeiska biltillverkarna tappa marknadsandelar i Europa, skulle detta även få återverkningar på batteriindustrin. Det finns redan begynnande tecken på att kinesiska elfordonstillverkare är på väg att öka sina marknadsandelar i Europa.

Inom områden andra än batterier och solceller är konkurrensbilden mer blandad.

3.7 Konkurrensbilden inom forskning

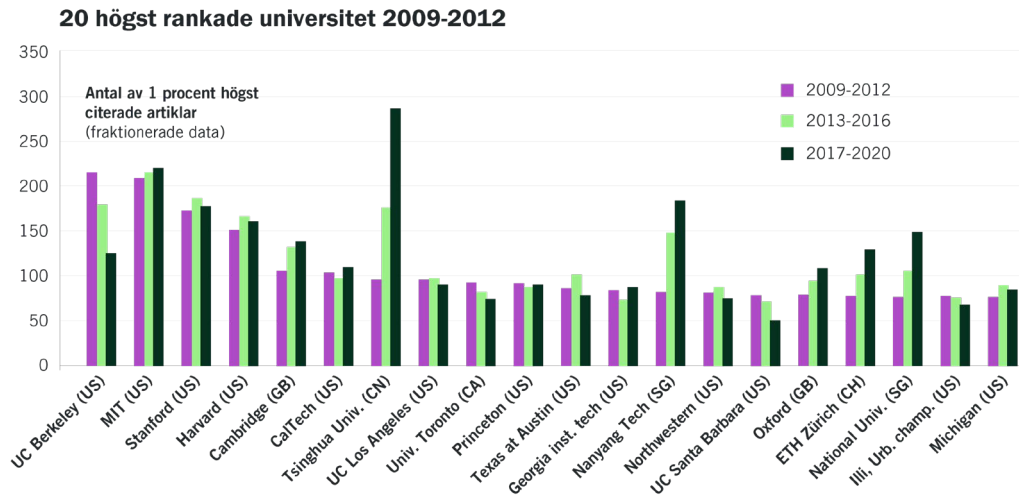
Parallellt med att Kina byggt upp en stor och mycket konkurrenskraftig tillverkningsindustri, har även landets forskningssystem genomgått en spektakulär utveckling både i fråga om volym och kvalitetsnivå. Kinas position har stärkts väsentligt inom i stort sett alla vetenskapsområden. Men det är framför allt inom teknik och naturvetenskap av potentiell relevans för industriell verksamhet som Kina idag bedriver forskning som väl mäter sig med den i USA och Europa.

Den dramatiska förändring av det globala forskningslandskapet som utvecklingen i Kina medfört, framgår om man jämför vilka universitet som idag publicerar störst antal högciterade publikationer med motsvarande uppsättning av universitet ett decennium tidigare. I figurerna 5 och 6 jämförs de 20 ledande universiteten 2009–2012 och 2017–2020 inom disciplinerna fysik, kemi, matematik, ingenjör- och datavetenskap med data även för mellanperioden 2013–2016. Jämförelsen är baserad på antalet av de 1 procent högst citerade artiklarna.⁵²

Under åren 2009–2012 dominerade amerikanska universitet bland de 20 ledande universiteten inom teknik och naturvetenskap. Inte mindre än 13 av de 20 universiteten var amerikanska och endast ett, Tsinghua universitet, var kinesiskt. Av övriga universitet återfanns två i vardera Storbritannien och Singapore och Kanada och Schweiz hade ett universitet var.

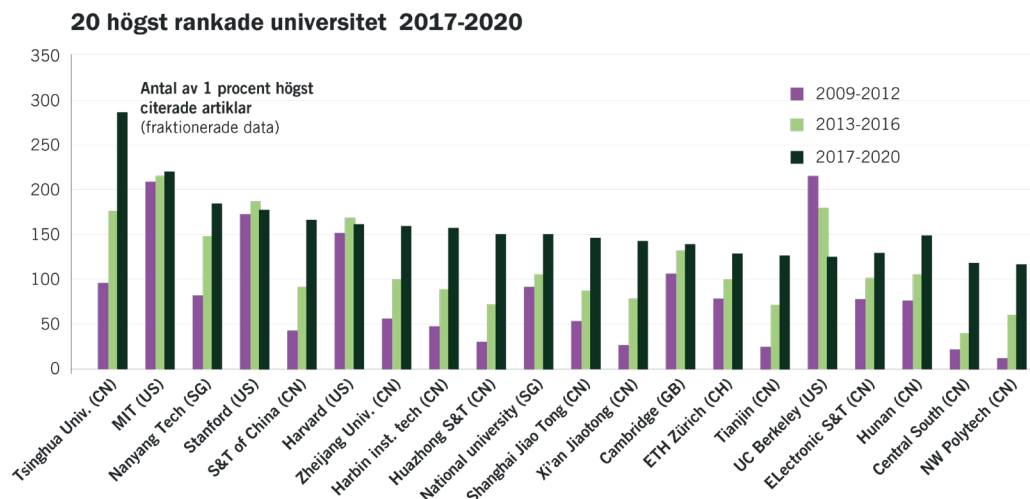
⁵² Eftersom citeringsgraden skiljer sig åt mellan olika forskningsområden tillämpas en så kallad fältnormalisering vilket innebär att citeringsgraden jämförs för artiklar inom samma forskningsområde samt för artiklar med samma publiceringsår. Indelningen av artiklar efter forskningsområde kan göras på olika sätt. I Figur 3 och 4 klassificeras artiklar efter de tidskriftskategorier som tillämpas i Web of Science. (I de figurer som bygger på data från KTH:s BibMet-databas där artiklar klustrats utifrån sina citeringsmönster utgör klustren på klusternivå 3 basen för fältnormering. Se vidare förklaring under figur 10).

Figur 5. De 20 universitet med störst antal högt citerade artiklar med utgångspunkt i perioden 2009–2012 inom fysik, kemi, matematik, ingenjers- och datavetenskap, i fallande ordning.



Källa: Vinnova, bearbetning av data i CWTS Leiden Rankning 2022 (<https://zenodo.org/records/6652118>).

Figur 6. De 20 universitet med störst antal högt citerade artiklar 2017–2021 inom fysik, kemi, matematik, ingenjers- och datavetenskap i fallande ordning.

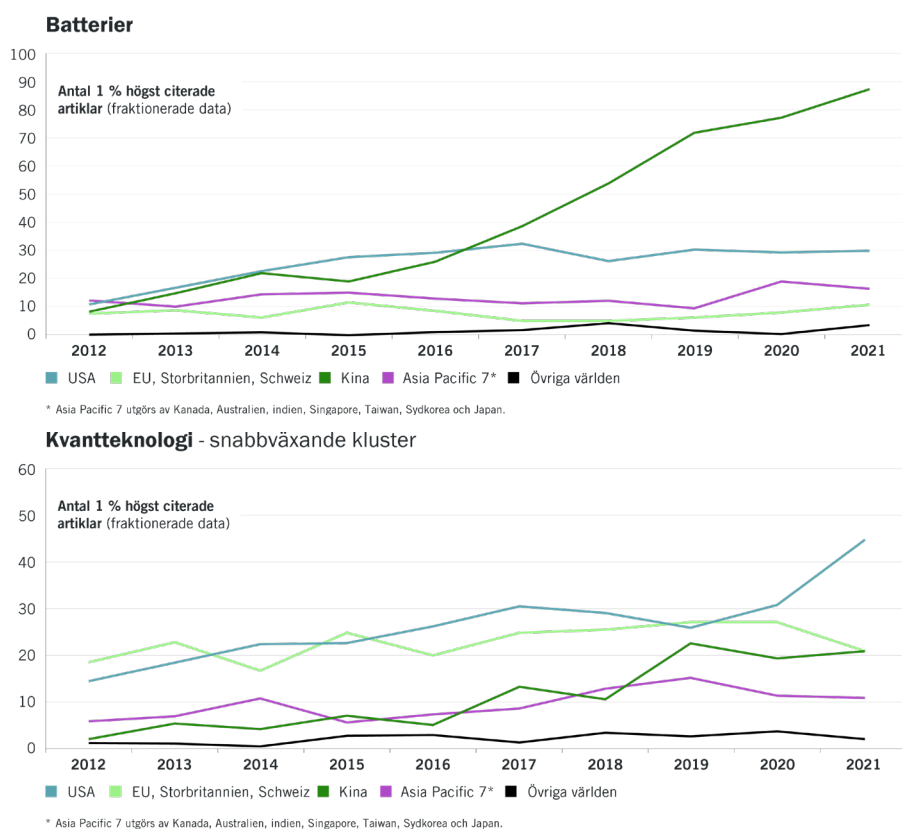


Källa: Vinnova, bearbetning av data i CWTS Leiden Rankning 2022 (<https://zenodo.org/records/6652118>).

Mellan 2017 och 2020 hade antalet kinesiska universitet ökat till 12 och antalet amerikanska universitet sjunkit till fyra. Av övriga fyra universitet fanns två i Singapore och ett vardera i Storbritannien och Schweiz.

Även om trenden att kinesiska universitet kraftigt stärkt sin position inom de allra flesta delområden inom teknik och naturvetenskap, finns stora variationer i de relativa styrkeförhållandena. Figurerna 7–9 åskådliggör detta för två områden, batteriforskning och forskning inom kvantteknologi.⁵³ Redovisade data omfattar även organisationer andra än universitet, exempelvis forskningsinstitut och företag. Exempelvis spelar federala laboratorier under Department of Energy en stor roll i amerikansk batteriforskning.

Figur 7. Högciterade artiklar inom batteri- respektive kvantteknologiforskning 2012–2021 i större länder och ländergrupper.



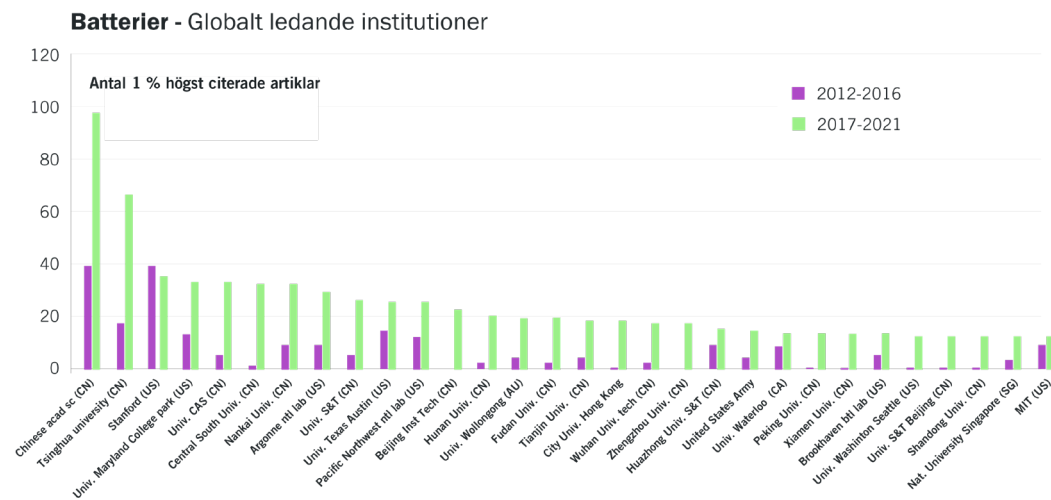
Källa: Preliminära resultat från projektet BibCap som drivs gemensamt av Vinnova och KTH. Grunddata från Clarivate Web of Science.

Medan Kina idag är dominerande inom batteriforskning gäller detta inte för forskning inom kvantteknologi. Inom kvantteknologi har visserligen Kina minskat gapet till USA

⁵³ Det finns inget entydigt och exakt sätt att avgöra vilka artiklar som ska räknas till batteriforskning eller forskning inom kvantteknologi. Avgränsningen av de två forskningsområdena i Figur 5 och 6 har gjorts genom att identifiera kluster på klusternivå 3 i KTH:s databas BibMet som bedömts vara väl representativa för respektive forskningsområde.

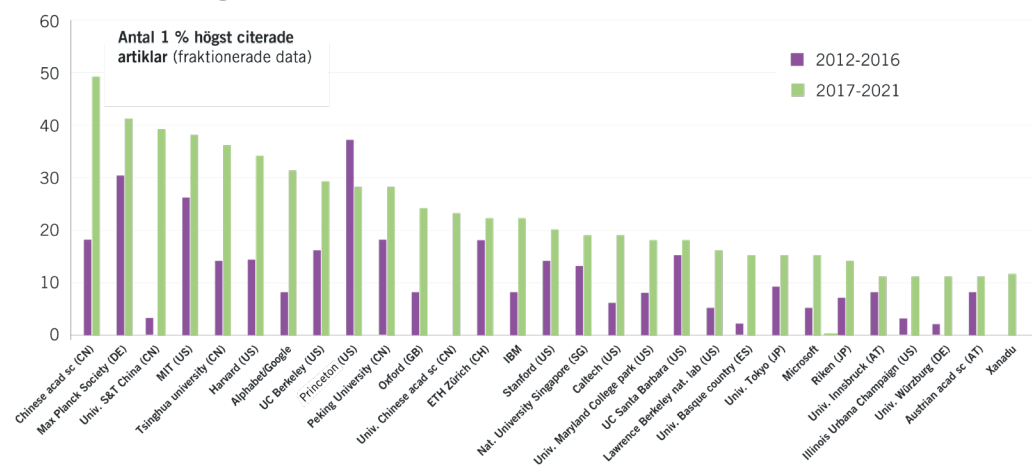
och EU, men de två sistnämnda har fortfarande väsentligt starkare forskningssystem än Kina. Detta hindrar inte att Kina har en handfull forskningsorganisationer bland de främsta även inom kvantteknologi.

Figur 8. Ledande forskningsorganisationer inom batteriforskning 2017–2021.



Källa: Preliminära resultat från projektet BibCap som drivs gemensamt av Vinnova och KTH. Grunddata från Clarivate Web of Science.

Figur 9. Ledande forskningsorganisationer inom kvantteknologi 2017–2021.
Kvantteknologi - snabbväxande kluster



Källa: Preliminära resultat från projektet BibCap som drivs gemensamt av Vinnova och KTH. Grunddata från Clarivate Web of Science.

Not: Forskning inom kvantteknologi är svår att avgränsa. Data i figuren avser fem snabbväxande artikelkluster. Se vidare not till figur 10.

4 Kritiska teknikområden för Sverige

4.1 Utgångspunkter

Som framgått av figur 2 skiljer sig definitionen av kritiska och framväxande teknologier och tekniker mellan länder. Kriterierna för vad som ska räknas in varierar beroende på vilken relativ tonvikt som läggs på säkerhetspolitik, samhällsberedskap och industrins tillväxt- och konkurrenskraft. Digitala teknologier har betydelse för alla tre perspektiven och återfinns överallt med särskilt fokus på AI, halvledare och kvantteknologi, men inkluderar oftast även avancerad kommunikationsteknik, högpresterande datorer och cybersäkerhet. Sensorer och nätverk av sensorer behövs för att koppla samman den fysiska världen och cybervärlden och är därför av avgörande betydelse för digitalisering inom en mängd områden. Bioteknik har också potentiellt bred betydelse och inkluderar ett brett spektrum av teknologier, men fokus varierar beroende på land och är ibland ospecificerat. Genmodifiering i olika former, syntetisk biologi och "bioproduktion" är överlappande och centrala teman. Material- och produktionsteknik ses som grundläggande för industrins konkurrenskraft. Här ingår även områden med stark koppling till digitalisering som robotik, automation och additiv tillverkning. Energiteknik bedöms ha stor betydelse för både industrins tillväxt och för samhällsberedskap. Olika länder lyfter fram energilagring, förnybar energi, vätgas och nya typer av kärnkraftsteknologi med varierande fokus. Rymd- och flygteknik har stor säkerhetspolitisk betydelse liksom en rad tekniker med primärt militär användning, exempelvis hypersonikteknik och "riktad energi".

Som berörts ovan görs för närvarande stora ansträngningar i flera länder och inom EU för att bättre förstå den egna positionen inom forskning, teknikutveckling, industriell tillverkning och tjänsteproduktion för olika kritiska och framväxande teknikområden. Ländernas bemödanden görs för att med detta som bas ta fram strategier och åtgärder för att stärka den egna förmågan och minska sårbarheten för störningar i tillgången till dessa teknologier. En mycket stor del av den information som behövs finns i enskilda företag, och en del av denna är affärskänslig. Det är därför inte förvånande att det i länder som påbörjat ingående analysarbete genomgående konstateras att nära och nya former för samverkan mellan stat, näringsliv och forskarsamhälle är nödvändiga. Samverkan krävs för att rättvisande kunna fånga och förstå de relativa styrke- och beroenderelationerna mellan länder och mellan geopolitiska ländergrupper.

För svensk del är det i första hand som en del av EU som Sverige kan minska sin sårbarhet. Det är därför viktigt att Sverige aktivt deltar i det EU-gemensamma arbetet med riskanalys av kritiska teknologier som nyligen annonserats. Som grund för detta

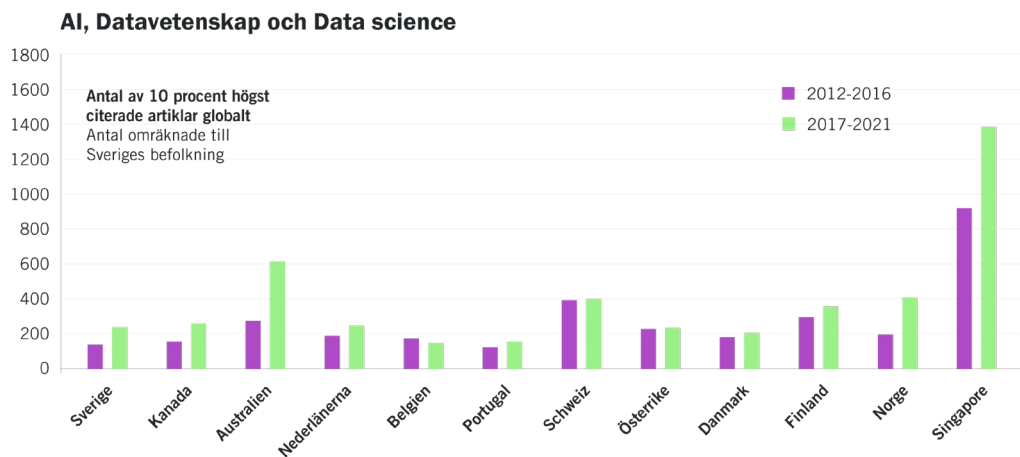
behöver aktörer i Sverige skaffa sig en bild av Sveriges position vetenskapligt, tekniskt och industriellt inom EU och globalt inom för landet särskilt viktiga områden. Sådan kunskap finns idag endast styckevis och är endast i undantagsfall tillräckligt validerad och brett omfattad av relevanta aktörer. I det följande kommenteras översiktligt Sveriges position inom digitala teknologier och några teknologier av betydelse för näringslivets klimatomställning. De data som presenteras avser i första hand Sveriges forskningskapacitet medan industrins ställning endast diskuteras i kvalitativa termer.

4.2 Digitala teknologier

4.2.1 Sveriges forskningsposition

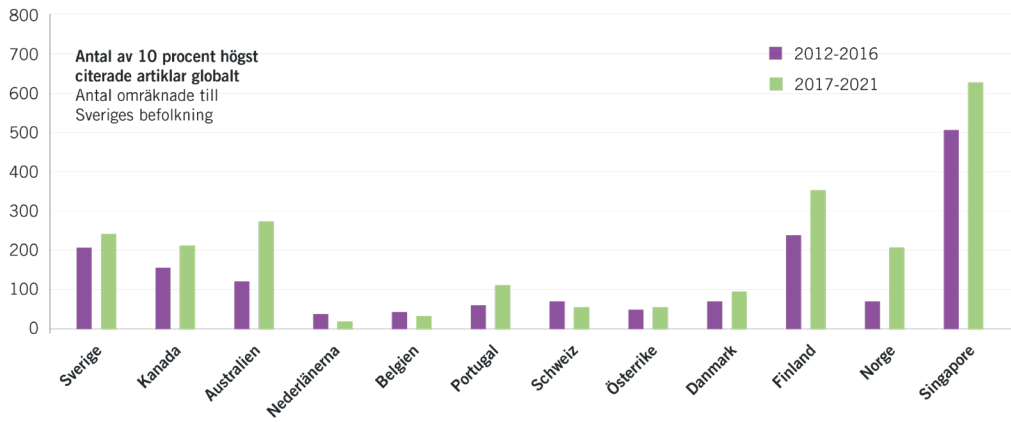
Figur 10 är ett försök att med hjälp av bibliometriska data illustrera Sveriges position inom breda forskningsområden som tillsammans svarar för en stor del av den vetenskapliga basen för digitala tekniker. Länder med väl utvecklade forskningssystem och som befolkningsmässigt är av liknande storlek som Sverige, har valts ut för jämförelse.⁵⁴ Som indikator används antalet artiklar bland de globalt 10 procent högst citerade inom respektive område. Data för de olika länderna har räknats om till att motsvara Sveriges befolkning.

Figur 10. Sveriges publicering av högt citerade artiklar inom några digitala teknologier i jämförelse med ett urval länder.

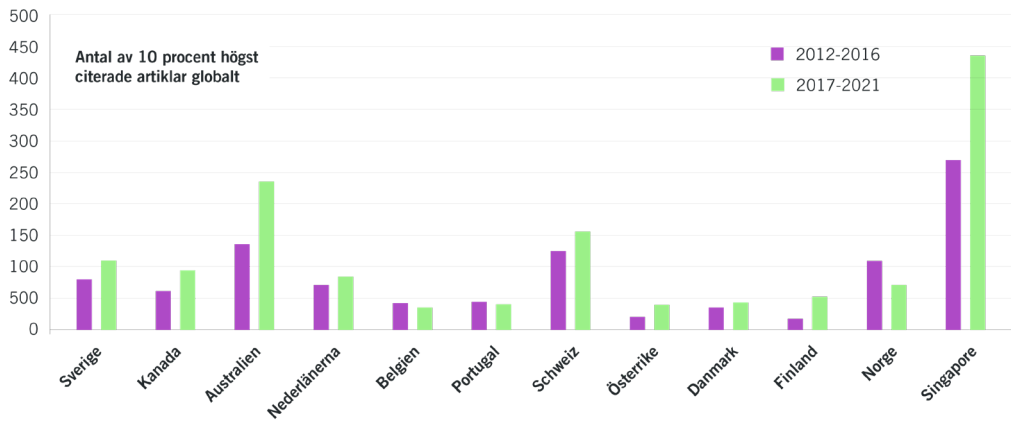


⁵⁴ Kanada, Australien och Nederländerna är de största länderna i Figur 1 med 3,7, 2,5 respektive 1,7 gånger så stor befolkning som Sverige. Befolkningsmängden i Belgien, Portugal, Schweiz och Österrike ligger ungefär på Sveriges nivå medan den i Danmark, Finland, Norge och Singapore är strax över hälften av Sveriges.

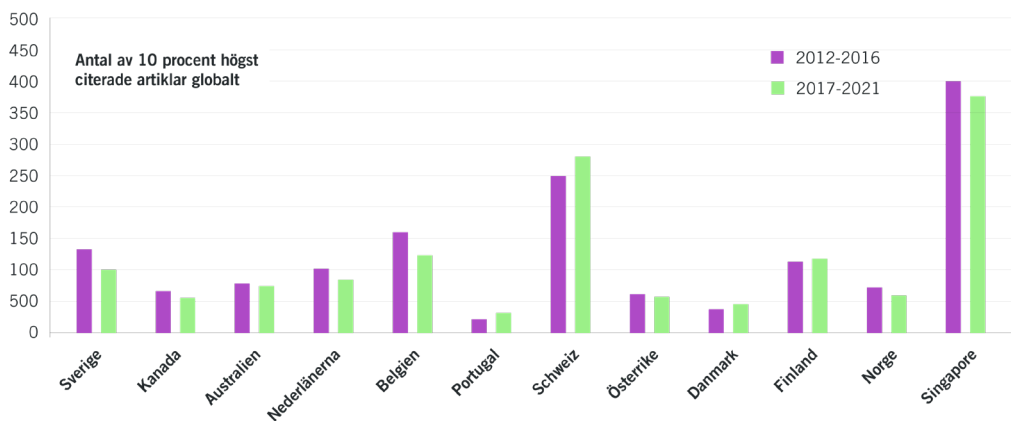
Kommunikationsteknologi

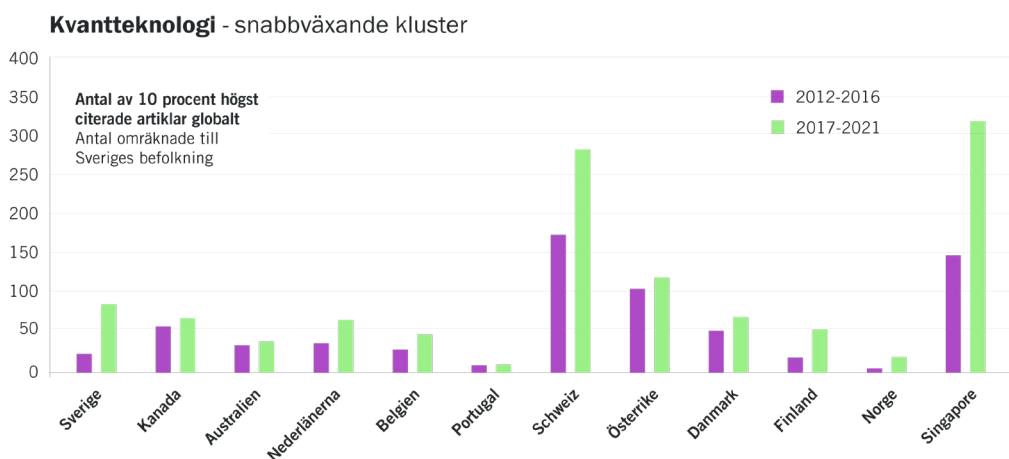


Robotik och Automation



Halvledare - fysik & komponenter





Källa: Preliminära resultat från projektet BibCap som drivs gemensamt av Vinnova och KTH. Grunddata från Clarivate Web of Science.

Not: Avgränsningen av forskningsområden är baserad på kluster av tidskriftsartiklar i Web of Science, där klustringen består av en artikelbaserad hierarkisk klustring som bygger på direkta citeringslänkar mellan artiklar (in- och utgående citeringar). Varje enskilt forskningsområde omfattar mellan två och åtta kluster på den näst högsta aggregationsnivån (totalt 686 kluster inom alla vetenskapsområden). Högt citerade artiklar har här definierats som de som inom sina respektive kluster på nivå 3 tillhör de 10 procent högst citerade där hänsyn tas till artikeltyp och publiceringsår. För kvantteknologi har en finare indelning utnyttjats och fem växande kluster på nivå 2 från tre kluster på nivå 3 valts ut. Antalet artiklar använder heltalsräkning och inte fraktionering. Uppdelningen av artiklar i forskningsområden är med nödvändighet endast ungefärlig, bland annat av det skäl att forskningsområden överlappar och går i varandra. Det bör också nämnas att särskilt inom AI och datavetenskap sker en stor del av den vetenskapliga kommunikationen genom presentationer vid konferenser snarare än i form av artiklar i vetenskapliga tidskrifter. Här redovisade data avser endast artiklar.

Sveriges och flertalet andra länders position varierar starkt mellan olika områden. Singapore har genomgående en framskjuten plats. Även Schweiz är starkt inom de flesta områden med kommunikationsteknik som främsta undantag. Av de undersökta områdena är Sveriges position relativt sett svagast inom "AI, datavetenskap och data science".⁵⁵ Sverige är starkast företrätt inom kommunikationsteknik och "robotik & automation". Det finns dock ett betydande överlapp och ingen skarp gräns mellan de tre nämnda områdena. Exempelvis utnyttjas AI i hög grad inom robotik, automation och kommunikationsteknik. Inom halvleder- och kvantteknologi intar Sverige en mellanposition.

⁵⁵ Figur 10 baseras på analys av artiklar i vetenskapliga tidskrifter och omfattar inte konferensbidrag annat än när dessa publiceras i tidskrifter. Detta är en allvarlig begränsning i synnerhet inom datavetenskap och AI. Separat har data för så kallade Citation Topics i Clarivates Web of Science analyserats. Dessa baseras på en klustringsmetodik som liknar den som använts i Figur 11 men inkluderar även konferensbidrag. Specifikt har olika AI-teknologier studerats. Bilden i stort av Sveriges position liknar den i Figur 11. Ett undantag är "reinforcement learning" där Sverige för perioden 2018–2022 hävdar sig relativt väl genom forskning kopplad till robotik som dock representerar en liten del av AI-forskning. Ytterligare en datakälla, Australian Strategic Policy Institute's Critical Technology Tracker (<https://techtracker.aspi.org.au/>), ger en liknande bild för området "AI Technologies".

I många fall är det mer intressant att jämföra enskilda forskningsorganisationer eller forskningsmiljöer snarare än länder i deras helhet. Detta gäller särskilt om jämförelser ska utvidgas till större länder.

Bland teknikområden som idag bedöms som särskilt strategiskt viktiga har Sverige idag *industriellt* en framskjuten position inom mobil kommunikation genom Ericsson. Detta är det enda någorlunda breda område av kritisk digital teknik där Sverige i ett globalt perspektiv är en central aktör. Samma sak illustreras av de data över IKT-företags FoU-utgifter som tidigare diskuterats.

Ericsson är ett globalt företag med drygt 100 000 anställda, varav cirka 14 procent i Sverige. Endast strax över en procent av företagets försäljning sker i landet. Verksamheten i Sverige domineras av forskning och utveckling. Av totalt cirka 30 000 FoU-anställda arbetar cirka en tredjedel i Sverige. Ericsson har idag ingen egen tillverkning i Sverige.

Generellt gäller att Sverige är mycket starkt beroende av import av elektronikprodukter såväl för slutlig användning som för insats i industriell tillverkning. Detta gäller inte minst halvledarkomponenter som idag är högt prioriterade i många länders teknik- och industripolitik. Sverige har en stark tradition av utveckling av komplexa programvarusystem inom en rad områden med telekommunikation som spjutspets.⁵⁶ Framgångsrikt nyföretagande i utveckling av internetbaserade tjänster och dataspel har uppmärksammats internationellt. Liksom EU i stort är ändå Sverige nästan helt beroende av amerikanska digitala plattformsföretag för generella molntjänster.

4.2.2 Artificiell intelligens

AI är på väg att bli en central del av allt som har med utveckling och användning av programvara att göra. När maskininlärning kring 2015 internationellt började slå igenom brett i näringslivet, var en del storföretag och unga internetbaserade företag i Sverige redan i gång. Forskningen inom högskolesektorn, med robotik-relaterad AI som främsta undantag, var däremot tämligen utvecklad. Genom Wallenbergs-stiftelsens stora satsning på AI-forskning sedan 2015 har forskningsbasen i Sverige stärkts väsentligt, bland annat genom omfattande internationell rekrytering. För att stimulera användningen av AI startades i februari 2019 initiativet *AI Sweden*. Det finns också ett aktivt nyföretagande i Sverige inom AI-området. Det innebär att Sverige idag har en god balans mellan olika typer av aktörer i sitt ekosystem för innovation inom AI med god förmåga att följa, tolka och ta del av den utveckling som sker internationellt. Ännu är det emellertid svårt att peka på några unika bidrag av brett intresse från det svenska ekosystemet. Svenska aktörers förmåga inom så kallad Generativ AI, ett område som nyligen fått stort genomslag internationellt genom Chat-GPT, är fortfarande svår att värdera. I november 2023 gjorde AI Sweden en svenskspråkig stor språkmodell, GPT-

⁵⁶ Sverige har också forskningsmässigt en stark position inom programvaruteknik (software engineering). Området ingår i "AI, datavetenskap och data science" i Figur 7.

SW3, allmänt tillgänglig. Den har utvecklats i samarbete mellan AI Sweden, WASP och forskningsinstitutet RISE.

4.2.3 Kvantteknologi

Kvantteknologi är ett område som teknikpolitiskt fått stor uppmärksamhet nyligen. Området är föremål för både privata och offentliga satsningar av stora mått i många länder. Utsikterna att framtida kvantdatorer, när de fås att fungera, ska kunna överträffa dagens superdatorer i fråga om beräkningskapacitet, och därmed bland annat kunna knäcka de krypteringskoder som idag används, har starkt bidragit till att teknologin kommit att betraktas som mycket strategisk. Med finansiering från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse (KAW) drivs sedan 2018 ett tolvårigt program, WACQT, inom kvantteknologi. Programmet koordineras av Chalmers tekniska högskola och har särskilt fokus på utveckling av en svensk kvantdator. Det omfattar även andra områden och andra universitet i Sverige.

En genomgång av Sveriges förutsättningar inom kvantteknologi publicerades i mars 2023 gemensamt av RISE, Swelife, Vetenskapsrådet, Vinnova och WACQT.⁵⁷ En sammanfattande bedömning av forskningsläget säger att: "Medan Sverige kan uppvisa starka forskare med stort vetenskapligt genomslag inom kvantteknologiområdet, är forskningsekosystemet koncentrerat kring ett fåtal forskargrupper med fokus på ett begränsat antal teknikplattformar. I utvecklingen av forskningsekosystemet bör Sverige sträva efter att bredda forskningsfältet genom att utöka antalet involverade forskare och bygga kompetens kring fler teknikplattformar." I en bilaga som diskuterar läget inom olika delområden lyfts kvantsimulering särskilt fram som ett område där forskningen i Sverige behöver stärkas.⁵⁸

WACQT har bidragit till att placera Sverige på den internationella kartan. Det illustreras av att Sverige är ett av elva länder (inklusive Danmark och Finland) som har ett bilateralt avtal med USA om att samarbeta kring kvantteknologi. Ett halvdussin större företag och ett par startups har engagerat sig i WACQT främst genom att anställa industridoktorander. Generellt är dock företagets verksamhet i det svenska ekosystemet för kvantteknologi relativt blygsam, jämfört med motsvarande ekosystem i exempelvis Finland, Danmark, Österrike, Nederländerna och Kanada, för att inte tala om större länder.

Kvantagendan menar att Sverige behöver identifiera applikationsområden för kvantteknologi, där Sverige har särskilda behov och förutsättningar att ta fram innovativa lösningar. För att främja användningen av kvantteknologi i näringsliv och samhälle i Sverige och stärka samverkan mellan olika aktörer, etablerades i november 2023 en innovationsplattform för kvantteknologi *Sweden Innovation Platform* (QSIP) med

⁵⁷ "En svensk kvantagenda", Vinnova, 22 mars 2023.

⁵⁸ "Gaps: More support is needed for Quantum Information Processing activities, in particular quantum simulation which is less well represented in Sweden compared to internationally." (sid 98 i Bilaga 6 till En svensk kvantagenda).

finansiering från Vinnova. QSIP koordineras av Chalmers Industriteknik. Satsningen har inspirerats av de goda erfarenheterna av AI Sweden.

4.2.4 Halvledarteknik

Tillverkning av halvledare är det kritiska teknikområde där störst offentlig finansiering av investeringar i näringslivet gjorts eller planeras internationellt. Halvledarindustrin har liten omfattning i Sverige. Det största företaget är det fransk-italienska STMicroelectronics som har tre dotterbolag i Sverige med totalt knappt 100 anställda, varav 66 i STMicroelectronics Silicon Carbide AB i Norrköping. Sverige har dock flera starka forskningsmiljöer inom materialnära halvledarteknik och ett antal startups. Sverige har inte medverkat i de två IPCEI som organiserats inom mikroelektronikområdet. Den senaste, IPCEI Microelectronics and Communication technologies (IPCEI ME/CT), godkändes av EU-kommissionen i juni 2023.⁵⁹ I och med antagandet av European Chips Act i september 2023 tyder mycket på att Sverige i framtiden kommer att delta aktivare i initiativ på EU-nivå inom halvledarområdet. Bland annat kommer ett europeiskt nätverk av nationella kompetenscentrum för halvledare att etableras med finansieringen delad mellan EU-kommissionen och medlemsländerna. Vinnova planerar att finansiera etableringen av ett kompetenscentrum i Sverige, som ska ha fokus på små och medelstora företag och startups inom deeptech, alltså forskningsnära teknik. Det ska fungera som en knutpunkt för kunskapsförmedling. Till stor del handlar det om att utbilda anställda i företagen, bland annat i design av kretsar eftersom det finns stor brist på sådan kompetens i Sverige. Centrumet ska också hjälpa företagen att få tillgång till de anläggningar som EU satsar på för att prova ut ny teknologi inom halvledare, så kallade pilotlinor.⁶⁰

4.2.5 Avancerad digitalisering

Till skillnad från många andra länder har de statliga satsningarna på FoU avseende digitala teknologier i Sverige, hittills varit relativt blygsamma. Detta håller åtminstone delvis på att förändras. Regeringen har gett Vinnova direktiv att (inom oförändrad budgetram) öka det statliga bidraget till programmet *Avancerad digitalisering* från 100 miljoner kronor 2022 till 300 miljoner kronor 2023, och 500 miljoner kronor per år från och med 2024. Hur de ökade resurserna kommer att fördelas på olika teknikområden är ännu oklart.

Regeringen har också i den senaste budgetpropositionen anslagit särskilda medel till forskning och innovation för nästa generations trådlösa system (6G) om totalt 405 miljoner kronor under perioden 2023–2026. Efter en gradvis upptrappning ska Vetenskapsrådet och Vinnova år 2026 fördela 65 respektive 100 miljoner kronor. Inom området görs redan stora satsningar i flera andra länder, bland annat i Finland. Finlands

⁵⁹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_3087.

⁶⁰ <https://www.vinnova.se/nyheter/2023/09/svenskt-centrum-for-halvledare-genom-nytt-eu-program/>.

Akademi finansierar sedan 2018 i samarbete med industrin projektet 6G Flagship som väckt stor uppmärksamhet internationellt.

4.3 Teknologier för klimatomställning

Klimatomställningen i näringsliv och samhälle handlar om att i grunden stöpa om de materiella processerna i samhället. Effektivare användning av energi- och materialresurser kommer att behöva kombineras med att man ersätter fossilt baserade energibärare och materialråvaror med förnybara energikällor, kärnkraft och förnybara materialråvaror.⁶¹ Önskvärda och möjliga förändringar i systemet för energitillförsel är relativt klara och lätta att beskriva. Däremot är effektivare användning av energi- och materialresurser enormt mångdimensionell. Organisation, affärsmodeller, konsumentbeteenden, digitalisering och förändringar i de fysikaliska och kemiska egenskaperna hos material och processer som används - alla i olika kombinationer - kan spela en roll.

I det följande kommenteras översiktligt några teknologier för klimatomställning som bedöms ha särskild betydelse för Sverige. Utgångspunkten är data som illustrerar svensk forsknings internationella position inom de aktuella områdena, figur 11.

Trä- och träfiberteknik

För Sverige är förädling av biomassa från skogen ett viktigt område. Internationellt betraktas det dock knappast som kritiskt. Forskningsmässigt står sig Sverige också väl inom detta område, särskilt när det gäller forskning om träfiber och dess beståndsdelar, men i något mindre grad i fråga om trä- och träbyggnadsteknik. KTH hör tillsammans med Aalto universitet i Finland till de globalt ledande miljöerna för forskning kring nanocellulosa.

Solceller

Även om Sverige ännu saknar storskalig tillverkning av solceller, är forskningen kring olika typer av solceller stark även i ett globalt perspektiv. Med utgångspunkt i denna forskning har flera startup-bolag etablerats.

Batterier

Batterier är ett stort och snabbt växande forskningsområde. Jämfört med länder i Europa hävdar sig Sverige relativt väl inom batteriforskning genom i första hand Uppsala universitet och Chalmers. Utanför Europa, i såväl USA som Asien, finns emellertid ett stort antal väsentligt starkare forskningsmiljöer.

⁶¹ Som debatten om utnyttjande av skogsråvara i Sverige visat är klimatnyttan av att ersätta fossila råvaror med skogsråvara omstridd och i starkt beroende av i vilket tidsperspektiv klimatnyttan värderas.

Bränsleceller och elektrolys

Sverige intar en mellanposition i Europa inom området.

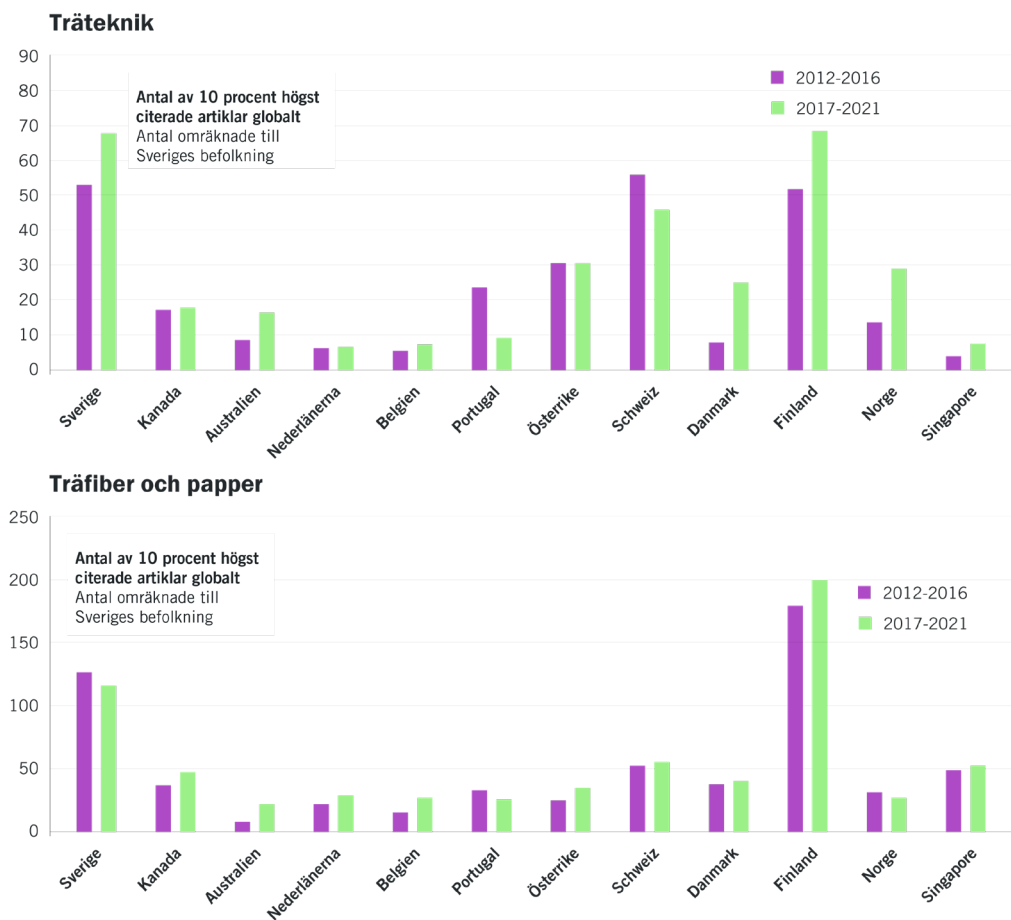
Elkraftssystem

Området får betraktas som svagt företrätt. Danmarks mycket starka position, med Aalborg universitet och Danmarks tekniska universitet (DTU) som de främsta miljöerna, är anmärkningsvärd. En intressant fråga är om och på vilket sätt denna hänger samman med dansk industris framgångar inom vindkraftteknik.

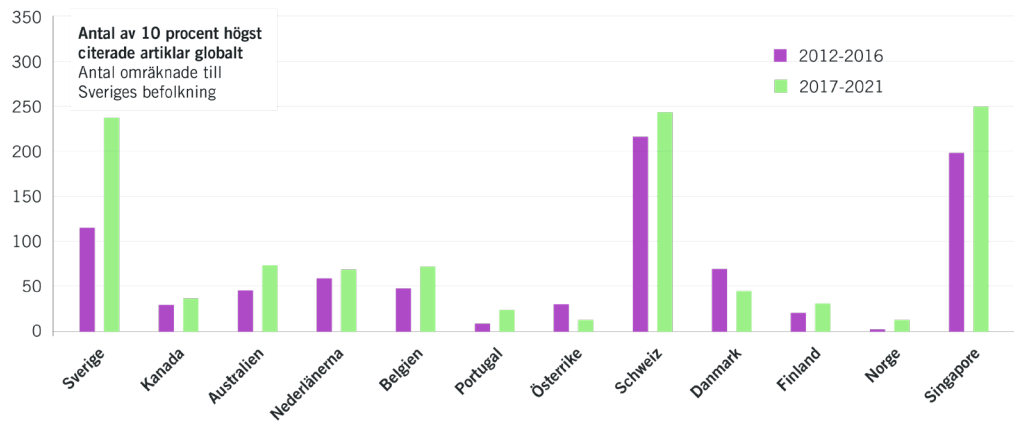
Additiv tillverkning i metaller

Sverige bedriver konkurrenskraftig forskning inom området, men andra länder i Europa har under senare år expanderat sin forskning snabbare än Sverige.

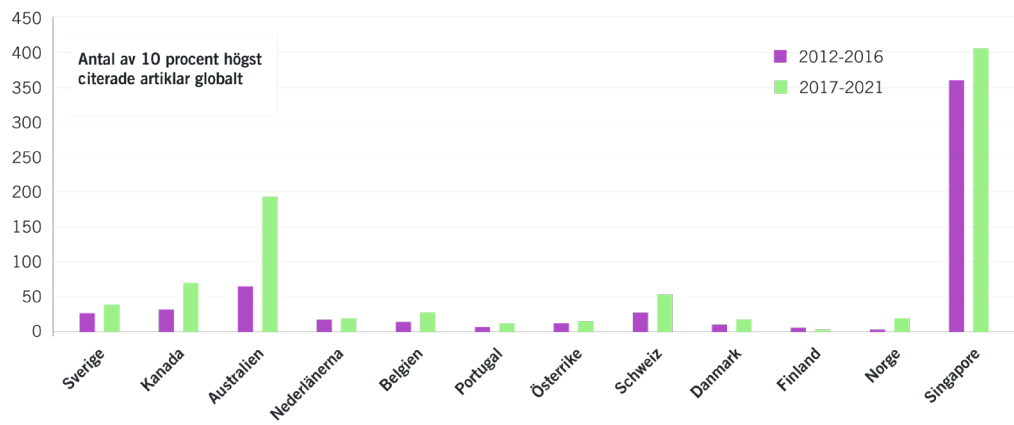
Figur 11. Sveriges publicering av högt citerade artiklar inom några forskningsområden med koppling till klimatomställning i jämförelse med ett urval av länder.



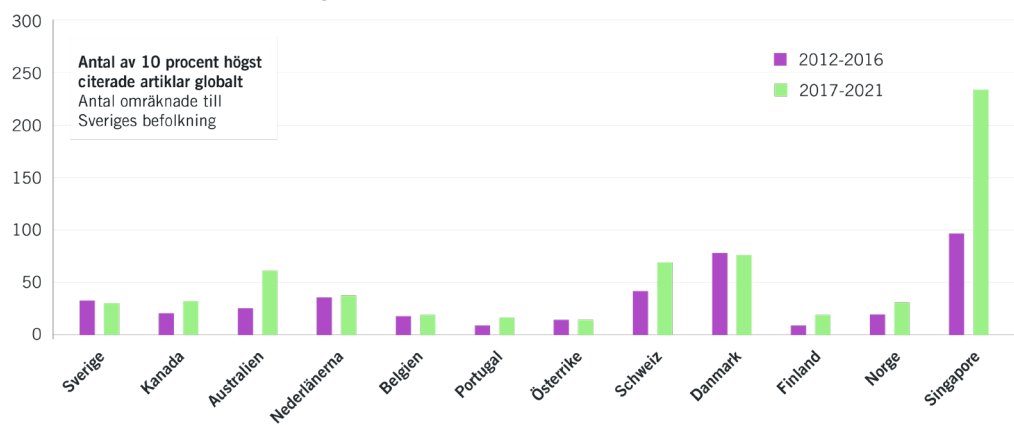
Solceller - Organiska, Dye-sensitized & Perovskite

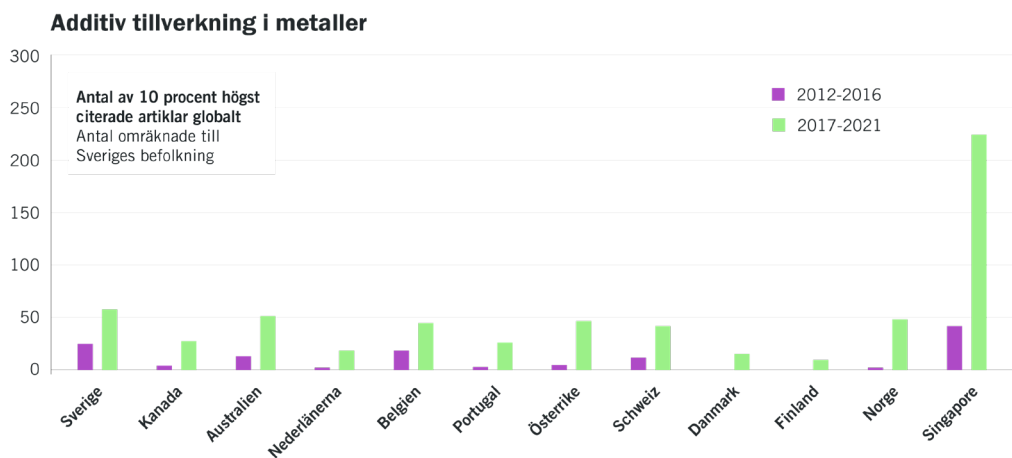
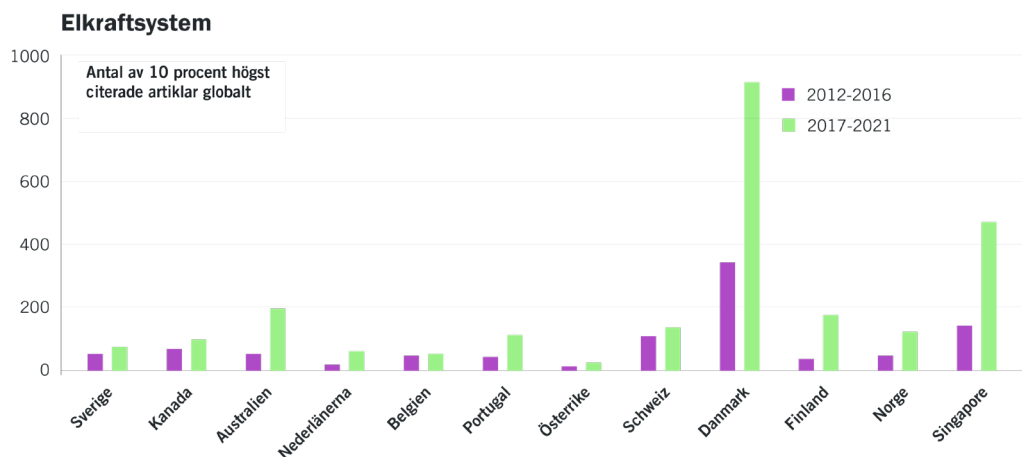


Batterier



Bränsleceller och elktrolys





Källa: Preliminära resultat från projektet BibCap som drivs gemensamt av Vinnova och KTH. Grunddata från Clarivate Web of Science.

Not: Se figur 10. Additiv tillverkning i metall motsvarar ett kluster på nivå 2. Övriga områden motsvarar ett eller flera kluster på nivå 3.

5 Slutsatser

Analysen i denna rapport visar att USA och Kina forskningsmässigt dominerar inom kritiska teknikområden. Den illustrerar också det starka övertag som amerikanska företag har inom digitala teknikområden. På grund av den geopolitiska maktkampen mellan dessa länder, ser även de flesta andra industrialiserade nationer idag ett ökande behov av att säkerställa tillgången till avancerad teknologi. Det har lett till höjda offentliga investeringar i FoU- och tillverkning inom teknikområden som uppfattas som "kritiska". Statligt stöd till FoU och tillverkning har i många länder gått långt utöver det som tidigare betraktades som konkurrensneutralt. Samtidigt har det internationella utbytet av teknologi i växande grad blivit föremål för statlig reglering. Det mest långtgående exemplet på detta är att USA, Taiwan, Sydkorea, Nederländerna och Japan infört begränsningar i Kinas tillgång till avancerade halvledare och produktionsteknik för dessa. Ytterligare inslag i en mer aktiv teknikpolitik är en växande flora av mellanstatliga partnerskap för samarbete kring teknikutveckling.

Motiven för att teknologier betraktas som kritiska innefattar bland annat deras betydelse för militära system, för grundläggande samhällsinfrastruktur, för produktion av livsnödvändigheter, i utvecklingen av industrier med stor tillväxtpotential och för försörjningsberedskap i vid mening. Den relativa betydelsen av dessa motiv varierar mellan områden och mellan länder.

EU har tagit en rad initiativ med syfte att öka EU:s "tekniska suveränitet" inom i första hand digitala teknologier och teknologier för klimatomställning. Någon absolut suveränitet är det knappast fråga om. Syftet är snarast att minska EU:s utsatthet i kraftmätningen mellan USA och Kina, och stärka den egna förhandlingspositionen i det geopolitiska spelet kring kritiska teknikområden och tillväxtindustrier.

Sverige har små förutsättningar att bedriva en egen politik, utan är beroende av att driva sina intressen som en del av EU. För detta behöver Sverige satsa på och vidareutveckla sina styrkeområden inom industri och forskning. Men Sverige måste också bygga tillräckligt med forsknings- och innovationskapacitet inom kritiska och framväxande teknikområden för att kunna medverka i EU-gemensamma projekt för utveckling av teknik och industri.

Flertalet av de nya teknikpolitiska initiativen internationellt är av mycket sent datum och inom EU är en del fortfarande föremål för förhandlingar mellan EU-parlamentet och medlemsländerna. Åtgärder från ett land eller en ländergrupp tenderar att mana fram åtgärder i andra länder i en kedjereaktion vars slut ännu inte är i sikte. En av de frågor som fortfarande inte är avgjorda är i vilken utsträckning öppenheten, som hittills karakteriserat kunskapsutbyte och samarbete inom akademisk forskning, kan komma att inskränkas.

Bilaga: Specifikation av innehållet i den ”quadrennial science and technology review” som föreskrivs i Chips & Science Act.

“In each quadrennial science and technology review, the Director of the Office of Science and Technology Policy shall

(1) provide an integrated view of, and recommendations for, science and technology policy across the Federal Government, while considering economic and national security and other societal and national challenges;

(2) assess and recommend priorities for research, development, and demonstration programs to maintain United States leadership in science and technology, including in manufacturing and industrial innovation;

(3) assess and recommend priorities for research, development, and demonstration programs to address societal and national challenges;

(4) assess the global competition in science and technology and identify potential threats to the leadership of the United States in science and technology and opportunities for international collaboration;

(5) assess and make recommendations on the science, technology, engineering, mathematics, and computer science workforce of the United States;

(6) assess and make recommendations to improve regional innovation across the United States;

(7) identify and assess sectors critical for the long-term resilience of United States innovation leadership across design, manufacturing, supply chains, and markets;

(8) assess and make recommendations to improve translation of basic and applied research and the enhancement of technology transfer of federally funded research;

(9) identify, assess, and make recommendations to address science and technology gaps that would not be met without Federal investment;

(10) review administrative and legislative policies and funding opportunities that affect private sector science and technology activities, and identify and make recommendations regarding policies that maintain and grow the participation and competitiveness of small- and medium-sized businesses;

(11) assess and identify the infrastructure and tools needed to maintain the leadership of the United States in science and technology and address other societal and national challenges; and

(12) review administrative or legislative policies that affect the science and technology enterprise and identify and make recommendations regarding policies that hinder research and development in the United States.”

Källa: [BILLS-117hr4346enr.pdf \(congress.gov\)](#), SEC. 10613. QUADRENNIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY REVIEW.