

Strategiska tekniker för Sverige

Ett underlag för nationella prioriteringar

Utgivare: Vinnova – Sveriges innovationsmyndighet

Titel: Strategiska tekniker för Sverige

Huvudredaktör: Ylva Strander

Medförfattare: Göran Marklund, Annika Zika-Viktorsson, Lennart Stenberg, Nannan Lundin, Daniel Johansson, Karl Hallding, Jeannette Dypbukt

Utgiven: 31 oktober 2024

ISBN-nummer: 978-91-89905-17-7

Diarienummer: 2024-01501

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1 Inledning	6
1.1 Uppdraget i korthet.....	7
1.2 Metod och utgångspunkt för arbetet.....	7
2 Rekommendation om strategiska tekniker för Sverige	9
2.1 Artificiell intelligens och autonoma system för samhällsomställning	11
2.2 Avancerad digital teknik för produktivitet och säkerhet	13
2.3 Kvantteknik för säkerhet och industriella tillämpningar	15
2.4 Energiteknik för fossilfri elektrifiering	16
2.5 Material- och produktionsteknik för omställning	18
2.6 Bioteknik för hälsa och klimatomställning	20
3 Rekommendation om samlade satsningar på olika instrument	22
3.1 Spetsforskning inom strategiskt viktiga områden	23
3.2 Teknik- och forskningsinfrastruktur.....	24
3.3 Från labb till scaleup.....	25
3.4 Spetsinstrument för förkommersiell upphandling av banbrytande teknik.....	26
3.5 Aktörsdrivna samverkansprogram för tillämpning.....	28
3.6 Finansiering, kapitalattraktion och upphandling	29
3.7 Förslag till process framåt	30
4 Underlag och analys	34
4.1 Avancerad halvledarteknik	37
4.2 Artificiell intelligens	40
4.3 Kvantteknik	43
4.4 Bioteknik.....	47
4.5 Avancerad konnektivitet	50
4.6 Avancerad sensorteknik	53
4.7 Rymd och framdrivningsteknik.....	56
4.8 Energiteknik	59
4.9 Robotik och autonoma system.....	63
4.10 Avancerad material-, tillverknings- och återvinningsteknik	66

Sammanfattning

Geopolitisk osäkerhet, accelererande teknikutveckling och global kapprustning har ökat vikten av ambitiös och målinriktad teknikpolitik. Internationella rapporter om förutsättningar för konkurrenskraft pekar tydligt på behov av stora, synkroniserade satsningar inom forskning och innovation. De flesta ledande innovationsländer bedriver numera en aktiv teknikpolitik.

I den här kontexten har Vinnova på uppdrag av regeringen lett en process för att identifiera och föreslå strategiska tekniker för Sverige. Uppdraget innefattar även att föreslå hur underlaget regelbundet kan uppdateras.

Arbetet genomfördes under maj till oktober 2024. Det har omfattat kvantitativ och kvalitativ analys av svenska styrkeområden och svagheter samt behov av insatser. Vi har genomfört ett stort antal dialoger och mottagit inspel från näringslivets aktörer och branschföreningar, myndigheter, lärosäten och institut.

Analys och dialoger har utgått från EU:s kritiska teknikområden. Resultatet av det kvantitativa och kvalitativa analysarbetet finns återgivet i kapitlet om underlag och analys (kapitel 4). Prioriteringsgrunderna följer uppdraget att gynna svensk ekonomi och konkurrenskraft, nationell säkerhet och försörjningstrygghet samt miljömässig och hållbar omställning.

Rekommendation om strategiska tekniker för Sverige

Under de kommande årtiondena kommer stora samhällsförändringar ske inom områden som elektrifiering, hållbara transporter, precisionshälsa, hållbara välfärdssystem och livsmedelsproduktion. Sverige behöver både satsa på utveckling av nuvarande styrkeområden och på tekniker där vi har ett sämre utgångsläge men som är viktiga för samhällsomställning och konkurrenskraft.

Efter en samlad bedömning rekommenderar Vinnova att följande områden prioriteras:

- Artificiell intelligens och autonoma system för samhällsomställning
- Avancerad digital teknik för produktivitet och säkerhet
- Kvantteknik för säkerhet och industriella tillämpningar
- Energiteknik för fossilfri elektrifiering
- Material- och produktionsteknik för omställning
- Bioteknik för hälsa och klimatomställning

Satsningar bör ske samordnat och med tydliga ambitioner om synergier både mellan teknikområden och med internationella partners. För vart och ett av områdena behövs kraftfulla portföljer med satsningar som stödjer och accelererar utvecklingen från

banbrytande forskning till effektiv tillämpning. Det behövs nationella färdplaner för områdena som samlat bidrar till en riktning för nationella teknikprioriteringar.

Rekommendation om samlade satsningar

För att Sverige ska kunna vara internationellt ledande inom strategiskt viktiga tekniker är det nödvändigt att ha ett samlat grepp om teknikpolitiken. Att initiera enskilda uppdrag och satsningar inom olika teknikområden utan starka synergier riskerar att försvaga effekterna av de samlade insatserna.

Sverige behöver samordnade initiativ som inkluderar spetsforskning, teknik- och forskningsinfrastruktur, möjligheter för teknik och kunskapsintensiva företag att gå från labb till scaleup samt nya instrument som använder förkommersiell upphandling av banbrytande teknik. Initiativen behöver inkludera aktörsdrivna samverkansprogram som fokuserar på tillämpningen av banbrytande teknik för att lösa samhällsutmaningar, särskilt inom industriella tillämpningar.

Svensk teknikpolitik behöver tydligare riktning och styrning. Detta är möjligt att åstadkomma genom att initiera en ny funktion för koordinering av beslut om sådana insatser som ska accelerera svensk teknikutveckling. En sådan funktion behöver innefatta relevanta departement, myndigheter, företag och lärosäten.

För att färdigställa en nationell färdplan för teknikpolicy och möjliggöra kontinuerlig uppdatering av den strategiska inriktningen och rekommendationerna bör en fortsatt process formaliseras. Uppdateringar av analysunderlaget bör ske i en takt som gör att materialet kan användas som underlag inför framtida relevanta policyprocesser så som försvarspropositioner och forsknings- och innovationspropositioner.

För att lyckas behövs mobilisering och samordning av privata och offentliga investeringar. Det krävs också ett målmedvetet engagemang i internationella sammanhang, särskilt inom EU och Nato, för att ge utväxling på Sveriges satsningar. Behoven bedöms vara betydligt större än vad som ryms inom nuvarande budget för närings- och forskningspolitik. Även energipolitiken, infrastrukturpolitiken, försvarspolitiken och utrikespolitiken behöver vara centrala delar i en internationellt konkurrenskraftig teknikpolitik.

De investeringar som krävs för att Sverige ska kunna utnyttja sin relativt goda position för att vara ett ledande land inom viktiga teknikområden är substantiella. För att säkerställa Sveriges konkurrenskraft och ekonomiska säkerhet i en ökande internationell konkurrens, behöver statliga FoU-satsningar uppgå till över 1 procent av BNP senast 2030. Detta skulle innebära en ökning av de statliga anslagen med minst 20 miljarder kronor jämfört med 2024.

1 Inledning

Teknikutvecklingen går inom många områden snabbt och utvecklingstakten accelererar. De flesta ledande innovationsländer bedriver numera en aktiv teknikpolitik. Teknisk forskning och innovation blir allt viktigare i en värld av ökande geopolitiska spänningar och polarisering. Accelererande klimatpåverkan och andra samhällsutmaningar ökar behovet av nya innovationer snabbt. Det behövs teknikpolitik som kraftfullt kan bidra till hanteringen av teknologisk konkurrens samt till ekonomiskt strategiska och säkerhetsmässiga teknikinvesteringar. Behovet av teknikpolitik grundar sig också i att ta tillvara de möjligheter som finns med banbrytande teknik och stärka den egna konkurrenskraften. Den exponentiella utveckling som sker på centrala teknikområden innebär både möjligheter och hot.

Sveriges tekniska och industriella konkurrenskraft möter betydande utmaningar i ett nytt ekonomisk-politiskt klimat med snabb teknisk och industriell kapprustning.¹ Som ett mindre land är det i praktiken omöjligt för Sverige att vara globalt ledande inom kritiska teknikområden, förutom inom vissa nischer. Därför är det avgörande för Sveriges konkurrenskraft att delta i internationella samarbeten och allianser, särskilt inom EU och Nato. För att kunna bidra till EU-gemensamma och andra internationella projekt inom teknik- och industriutveckling krävs att Sverige bygger tillräcklig forsknings- och innovationskapacitet inom viktiga och framväxande teknikområden. OECD konstaterar att det finns tre typer av policyer för att stärka teknisk suveränitet och strategisk självständighet – minska sårbara teknikberoenden, stärka nationella förmågor genom investeringar i forskning och teknik samt stärka internationella FoU-allianser.²

Samhällsutmaningarnas komplexitet, magnitud och föränderlighet ställer stora krav på samverkan mellan såväl nationer som organisationer. En klok och väl avvägd teknikpolitik, som vilar på gedigna analyser av behov, styrkor och position och engagerar näringsliv, forskningssystem och övriga samhället är viktig för en positiv samhällsutveckling.

Satsningar inom strategiskt viktiga teknikområden bör utformas och genomföras så att Sverige har bästa möjliga förutsättningar att stärka sin konkurrenskraft och ledande position i en värld präglad av stora globala samhällsförändringar. Dessa förändringar, som kommer att driva framtidens värdeskapande och tillväxt, inkluderar digital transformation, klimatomställning samt ökade behov kopplade till hälsa och precisionsmedicin, säkerhet och resiliens.

¹ Vinnova, Globalt perspektiv på strategiska tekniker, Stenberg, L., september 2024, [globalt-perspektiv-pa-kritiska-tekniker.pdf](#)

² OECD, STI Outlook 2023, s.47, OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023 : Enabling Transitions in Times of Disruption | OECD iLibrary (oecd-ilibrary.org)

1.1 Uppdraget i korthet

Regeringen gav i maj 2024 Vinnova (Verket för innovationssystem) i uppdrag att leda en process för att identifiera och föreslå strategiskt viktiga tekniker för Sverige. Denna rapport ska tjäna som ett kunskapsunderlag till regeringen och kunna användas för en strategisk inriktning för framtida insatser som ska stärka Sveriges konkurrenskraft och näringslivets investeringar i forskning och utveckling. De utgångspunkter som nämns i uppdraget är att urvalet ska kunna gynna flera syften:

- Svensk ekonomi och konkurrenskraft
- Nationell säkerhet och försörjningstrygghet
- Miljömässig och hållbar omställning

Regeringsuppdraget innefattar även att föreslå arbetssätt för hur kunskapsunderlaget regelbundet kan uppdateras utifrån förändrade förutsättningar och behov. Tiden för uppdragets genomförande har varit mycket kort, jämfört med motsvarande processer i andra länder.

1.2 Metod och utgångspunkt för arbetet

Vinnova har genomfört en kvantitativ och kvalitativ analys av svenska styrkeområden och framtida möjligheter för svensk konkurrenskraft. Den kvantitativa analysen baseras på bibliometriska data, patentdata och data över Sveriges deltagande i EU:s ramprogram för forskning och innovation. Den kvalitativa analysen baseras på analys av publicerade rapporter där fler än 2000 rapporter analyserats med ett AI-verktyg, enkätsvar i den enkät som Vinnova skickat ut, skriftliga underlag som olika aktörer tillhandahållit och synpunkter från aktörer som deltagit i de dialoger som arrangerats.

Totalt har över 200 relevanta aktörer lämnat olika inspel i processen. Under processen har synpunkter inhämtats från stora och små teknik- och forskningsintensiva företag, branschorganisationer, Vetenskapsrådet och övriga forskningsfinansiärer, myndigheter inom totalförsvaret, forskningsinstitut, lärosäten och andra berörda aktörer. Vinnova har under uppdragets genomförande haft en löpande dialog med Regeringskansliet.

Ett längre avsnitt som utvecklar metod och angreppssätt i arbetet återfinns i kapitel 4.

De teknikområden och tekniker som EU-kommissionen listade i sin rekommendation om kritiska teknikområden för EU:s ekonomiska säkerhet har, i enlighet med regeringsuppdraget, varit utgångspunkt för processen och kunskapsunderlaget.³

³ [Kommissionens rekommendation \(EU\) 2023/2113 av den 3 oktober 2023 om kritisk teknik för EU:s ekonomiska säkerhet för vidare riskbedömning med medlemsstaterna \(europa.eu\)](#)



De tio utpekade teknikområdena har varit utgångspunkt för dialoger och inhämtande av synpunkter från relevanta aktörer. Områdena och deras 42 delområden är den avgränsning som gjorts i den kvantitativa och kvalitativa analys som ligger till grund för detta kunskapsunderlag. Det underlag som beskrivs i kapitel 4 är därför strukturerat utifrån EU:s kritiska teknikområden.

Utifrån ett svenskt perspektiv saknas ett antal teknikområden i EU:s lista som är viktiga för Sverige. I uppdateringar av EU-kommissionens lista bör ett antal teknikområden läggas till för att reflektera fler tekniker som är kritiska för Sveriges konkurrenskraft. Dit hör exempelvis mjukvaruutveckling, utöver kvantteknik och AI, kemiteknik respektive andra tekniker för biobaserade material, produkter och produktionsprocesser än de som omfattas av EU:s prioriterade tekniker.

Under en fortsatt process där kunskapsunderlaget för nationella prioriteringar utvecklas och uppdateras bör en översyn göras och utgångspunkten för den kvantitativa och kvalitativa analysen sannolikt uppdateras.

Utifrån ett policyperspektiv är det dock inte lämpligt att enbart lista områden och behov kopplade till enskilda teknikområden. Utvecklingen sker inte i silos och teknikområden konvergerar och går in i varandra. Radikal utveckling inom områden som AI och material skapar exempelvis helt nya förutsättningar inom energiteknik och uppkopplingsteknik. Dessutom ser vi en utmaning med att prata om teknik för teknikens skull, utan en kontext av tillämpning i näringsliv och samhälle. I dialogerna med näringslivet har utgångspunkten i teknikområden tydliggjort utvecklingsbehov tvärs branscher.

En utmaning har varit att beakta olika aktörers behov och prioriteringar i olika tidsperspektiv. Framåt bör undersökas om en strategisk framsynsprocess kan hjälpa i dialog med aktörer.

I våra rekommendationer har vi med utgångspunkt i EU:s lista omgrupperat och lyft strategiska teknikområden för Sverige som är kritiska för stora transformationsprocesser med central betydelse för landet. Dessa teknikområden är därför av stor betydelse för flera värdekedjor och branscher.

Syftet med våra rekommendationer är att säkerställa satsningar på teknikforskning och innovation som kan gynna både Sverige och Europa med fokus på ekonomisk säkerhet, konkurrenskraft och produktivitet. Det är också avgörande att dessa satsningar stärker nationell säkerhet, resiliens samt bidrar till en miljömässigt hållbar omställning.

2 Rekommendation om strategiska tekniker för Sverige

Omställningen till en ekonomi inom planetens gränser, det försämrade säkerhetsläget, digital transformation och accelererande teknikutveckling är globala makrotrender som driver ekonomisk utveckling och växande marknader.

Under de kommande årtiondena kommer stora samhällsförändringar att ske inom områden som elektrifiering, hållbara transporter, precisionshälsa, hållbara välfärdssystem och livsmedelsproduktion. Dessa förändringar möjliggörs av tekniska framsteg. För att Sverige ska kunna dra nytta av dessa möjligheter och bli en attraktiv samarbetspartner internationellt, är det viktigt att vi stärker vårt ledarskap och utvecklar spetskompetens inom dessa områden. Detta kommer att positionera svenska aktörer inför de nya möjligheter som dessa omställningar medför.

Ett litet, internationellt beroende, land som Sverige behöver ha en strategi för att utnyttja framtida teknikgenombrott. Detta för att näringsliv och offentlig verksamhet ska kunna agera proaktivt när framväxande och banbrytande tekniker på allvar påverkar ekonomi, värdekedjor och samhälle. Sverige behöver satsa både på utveckling av nuvarande styrkeområden och på tekniker som är nära tillämpning, samtidigt som investeringar görs inom framväxande teknikområden.

Sverige har viktiga strukturella styrkor att bygga på:

- Tekniskt avancerad industri inom många sammanvävda värdekedjor
- Internationell uppkoppling i globala värdekedjor, forskning och samhälle
- Ledande förmåga att utveckla systemlösningar – system-av-system
- Stor tillit och samverkansförmåga mellan företag, sektorer och Fol-aktörer
- Starkt och dynamiskt ekosystem av innovativa startups
- Starka Fol-miljöer inom flera kritiska teknikområden
- Välutbildad befolkning som är snabb att använda ny teknik
- Tradition av ledarskap inom miljö och klimat, både i forskning och industri
- Tradition av och kompetens för att jobba med etik och jämställdhet

Nationella teknikprioriteringar behöver integrera prioriteringar hos olika aktörsgrupper. Industriaktörer är beroende av materialteknik, produktionsteknik, energiteknik, avancerad uppkoppling och automation. Artificiell intelligens (AI) är en förutsättning för tekniska genombrott inom alla dessa områden. Dessa teknikområden förväntas öka svensk konkurrenskraft och produktivitet.

Flera teknikområden, såsom energiteknik, bioteknik (inklusive syntetisk biologi) samt material- och återvinningsteknik, kan även ge stora samhällsvinster genom att bidra till klimat- och miljöomställningen av samhällen och värdekedjor.

Ur ett nationellt säkerhetsperspektiv bör tekniker som AI, kvantteknik och syntetisk biologi särskilt lyftas. Utveckling av dessa tekniker ger stora möjligheter, samtidigt som de medför nya hot mot svenska intressen. AI kan revolutionera signalspaning, både för och emot oss. Genombrott inom kvantteknologi kan radikalt förändra förutsättningarna för kryptering och syntetisk biologi öppnar upp för nya typer av biologiska vapen.

Vilka teknikområden Sverige bör prioritera beror på de mål som sätts, både när det gäller önskade effekter, resultat och tidsperspektiv. Om målet är att stärka Sveriges konkurrenskraft och främja företagens investeringar i forskning och utveckling, kommer prioriteringarna att variera beroende på om fokus ligger på att öka konkurrenskraft och investeringar på kort sikt, eller om det ligger på långsiktig konkurrenskraft.

Efter en samlad bedömning av dessa dimensioner rekommenderar Vinnova att följande sex teknikområden prioriteras för Sveriges ekonomiska säkerhet, konkurrenskraft, klimatomställning, hälsa, säkerhet och resiliens:



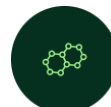
Artificiell intelligens och autonoma system för samhällsomställning



Energiteknik för konkurrenskraft genom fossilfri elektrifiering



Avancerad digital teknik för produktivitet och säkerhet



Material- och produktionsteknik för industriell konkurrenskraft



Kvantteknik för säkerhet och industriella tillämpningar



Bioteknik för precisionshälsa och klimatomställning

Satsningar på utveckling av de föreslagna teknikområdena bör ske samordnat och med en tydlig ambition att möjliggöra synergier mellan dessa och effektivt utbyte med internationella partnerländer inom exempelvis EU och Nato. Svenska forskare och företag har en styrka i att kombinera teknik för nya tillämpningar. Radikalt nya, förbättrade lösningar uppstår ofta när teknikområden möts. Därför bör insatser, där det är lämpligt utformas brett och samlat tvärs teknikdiscipliner. Nedan presenteras ett antal rekommendationer kopplade till vart och ett av de utpekade teknikområdena. I rekommendationerna finns satsningar på spetsforskning, teknik-och forskningsinfrastruktur, samverkansprogram, stöd till startups- och scaleups (särskilt deeptech-företag), strategiska satsningar för deltagande i EU:s satsningar samt en

rekommendation att utforma och implementera en nationell färdplan. Ett utvecklat resonemang om rekommendationer kring dessa olika typer av insatser återfinns i kapitel 3. Rekommendationerna nedan bör inte ses som uttömmande för svenska behov utan måste utvecklas vidare, exempelvis genom en nationell färdplan.

2.1 Artificiell intelligens och autonoma system för samhällsomställning

Artificiell intelligens och autonoma system har exponentiellt produktivets- och kvalitetshöjande potential, s.k. *general purpose technology* (GPT), som på fundamentala sätt transformerar värdekedjor, samhällen och maktbalanser. Teknikområdet är dessutom avgörande för utveckling av alla andra tekniker och teknikområden, respektive för utveckling av forskningsprocesser och innovationsprocesser som sådana.

Techbranschen och hela den digitala ekonomin som domineras stort av amerikanska och asiatiska bolag har nått en brytpunkt i och med genombrottet för generativ AI. Samtidigt är den globala AI-utvecklingen fortfarande i ett relativt tidigt stadium. Utvecklingen kommer fortsätta att gå snabbt och få allt större påverkan på samhället. Sverige, som har en historia av framgångsrika digitala bolag, riskerar nu att hamna långt efter om vi inte skapar bättre förutsättningar för utveckling för AI-drivande bolag.

Sverige har stor potential att använda AI och autonoma system för att accelerera produktivitet och ökad kvalitet i de delar av internationellt ledande värdekedjor där Sverige har viktiga företag och starka ekosystem. Potentialen för detta är avsevärd även i offentlig verksamhet och välfärdssystem. Sverige har idag inte en internationellt ledande roll i vetenskaplig forskning inom området, men har stor potential att accelerera spetsforskning kopplat till avancerade domänspecifika tillämpningar som sannolikt kommer att driva viktiga forskningsfronter för nästa generations AI.

Samtidigt innebär utvecklingen av artificiell intelligens och autonoma system stora och svåröverskådliga integritetsrelaterade, säkerhetsmässiga, etiska och militära risker, som måste förstås och hanteras integrerat med teknikutvecklingen. Det ställer extrema krav på samhällets styrning på alla nivåer. Den tekniska utvecklingen sker nu i snabbt ökad takt och institutionerna för att hantera riskerna är mycket outvecklade. Därför bör det inrättas en strategisk funktion i Regeringskansliet med mandat att leda övergripande styrning och kontinuerlig analys av AI-utvecklingens samhällseffekter.

Strategiska satsningar på artificiell intelligens och autonoma system bör ha fokus på domänspecifik spetsforskning och innovation kopplat till svenska industriella styrkeområden samt på sektorsövergripande samverkan för konkurrenskraft inom nästa generations AI. Svenska industriellt ledande företag har stor potential att, i samverkan med forskare och startups, utveckla domänspecifika lösningar för olika värdekedjor för fordon, tillverkning, gruvor, skog, läkemedel, livsmedel och försvar. Svensk forskning och innovation på cybersäkerhetsområdet behöver utvecklas, för att minska sårbarheten som brett tillämpad avancerad AI och automation medför.

Dessutom behövs en AI-teknikinfrastruktur som möjliggör AI-driven innovation, för företag och inte minst för offentlig sektor med stora behov av säker och snabb AI-baserad innovation, inte minst inom välfärden. Det är viktigt att utveckla Sveriges AI-infrastruktur och öka beräkningskapaciteten, med särskilt fokus på att även inkludera användare utanför akademien. Offentliga verksamheter och säkerhetskritiska sektorer har ofta svårigheter att använda internationella eller kommersiella molntjänster på grund av krav på datasäkerhet och delning. Samtidigt har privata företag ofta begränsad tillgång till den akademiska AI-infrastrukturen, vilket försvårar deras möjligheter att dra nytta av avancerad AI-teknik.

För att accelerera AI-innovation i Sverige finns ett stort behov av att förtydliga och minska de regulatoriska begränsningarna kopplade till datahantering. Ett första initiativ bör utveckla Integritetsskyddsmyndighetens regulatoriska försöksverksamhet (sandlåda). En sandlåda kan dock inte lösa samtliga regulatoriska osäkerheter. Det finns behov att undersöka och experimentera med hur reglering kan tolkas, utformas och efterföljas för att möta utvecklingen inom området. Det kan handla om att undersöka hur man kan förtydliga gällande regelverk, hitta alternativa regleringar eller utveckla insatser som sänker regulatoriska trösklar.

Rekommendationer:

- **Stärk AI-forskningen:** Initiera satsningar för att skapa excellenta forskningsmiljöer med tillräckliga resurser för att rekrytera internationellt ledande forskare inom AI
- **Främja AI-användning vid lärosäten och forskningsinstitut:** Investera i AI-tillämpningar på lärosäten och forskningsinstitut för att maximera effekten av forskningsinvesteringar
- **Möjliggör ledarskap inom domänspecifik AI för svensk industri:** Initiera aktörsdrivna innovationsprogram som stödjer ledarskap inom specifika AI-områden viktiga för svensk industri, med samverkan mellan industrin, akademien och startups
- **Stärk AI-startupekosystemet:** Gör kapital mer tillgängligt i tidiga faser och utveckla infrastruktur för AI-startups genom inkubatorer och aktörer som stöder affärsutveckling, immateriella rättigheter och regulatorisk vägledning
- **Utveckla AI-infrastruktur och beräkningskapacitet:** Utveckla svensk AI-infrastruktur och beräkningskapacitet utifrån behoven hos privata och offentliga aktörer samt akademiska institutioner
- **Öka svenskt deltagande i EU program:** Initiera finansieringssatsningar och tillgängliggör nationella medel för att öka svenska AI-aktörers medverkan i EU-program som Horisont Europa och Programmet för ett digitalt Europa
- **Minska regulatoriska hinder för datahantering:** Klargör och reducerar regler som begränsar datadelning och hantering
- **Stimulera AI-användning:** Främja AI-tillämpningar inom offentlig sektor, satsa på folkbildning kring AI och underlätta AI-implementering i företag
- **Utveckla en nationell AI-färdplan:** Formulera en nationell AI-färdplan baserad på relevanta underlag för att vägleda Sveriges utveckling inom AI-området

2.2 Avancerad digital teknik för produktivitet och säkerhet

Avancerad konnektivitet, satellitkommunikation, halvledare och sensorer driver den globala digitala transformationen, vilket har skapat omfattande samhällsförändringar och lett till betydande produktivitets- och kvalitetsförbättringar i värdekedjor världen över. Dessa teknologier möjliggör effektiva positioneringssystem, automatiserad kommunikation mellan enheter och avancerade virtuella upplevelser. Artificiell intelligens spelar nu en central roll som drivkraft för teknikutveckling inom avancerad digital teknik. Samtidigt medför den snabba digitala utvecklingen nya och komplexa risker, inklusive digital brottslighet, hot mot nationell säkerhet och systemintrång. Cybersäkerhet är därför avgörande för att skydda system och infrastrukturer som bygger på dessa teknologier.

Sverige har en lång tradition av styrka inom industrin, forskning, infrastruktur och användning av både fasta och mobila telekommunikationsnät, vilket utgör grunden för avancerad konnektivitet. Ericsson, som är en av världens ledande aktörer inom utveckling av mobil infrastruktur, har en dominerande roll i detta sammanhang. Sverige har också framstående forskningsmiljöer inom området, men deras globala position har försvagats på senare tid. Landet har dock relativt sent genomfört 5G-utbyggnad, vilket har bromsat utvecklingen av mobilnätbaserade lösningar för både industri och samhälle. Många andra länder investerar nu intensivt i forskning, innovation och infrastruktur inom telekomsektorn, vilket driver den globala konkurrensen inom detta geopolitiskt viktiga område

Utvecklingen av standarden för 6G, den kommande generationen mobil kommunikation, kommer att bli avgörande för den globala utvecklingen av konnektivitetssystem. Det kommer att möjliggöra snabbare och säkrare överföring av större datamängder respektive omfattande och komplex databearbetning med artificiell intelligens i nätverken. Sveriges förmåga att delta vid den internationella fronten i denna utveckling kommer att få stor betydelse för Sveriges konkurrenskraft i den digitala transformationen.

Sverige har en stark position inom sensorteknik, särskilt inom högfrekvensteknologi, med välutvecklad infrastruktur för testning och simulering. Högfrekvensteknik är en avancerad sensorteknik som används i radar, kommunikationssystem och andra tillämpningar där högfrekventa signaler är centrala. Svensk innovationsförmåga är särskilt stark inom områden som miljöövervakning, försvar, rymd och industriell processdiagnostik, där efterfrågan på avancerade sensorer ökar. Sverige har styrkor inom radar- och kommunikationssystem för applikationer som autonom mobilitet, undervattensövervakning, sonar samt rymbaserade lösningar som satellitkommunikation och fjärranalys.

Halvledarteknik är ett strategiskt viktigt område för Europa, och Sverige har en stark position inom forskning kring material, mikroelektronik och systemintegration, särskilt inom kraft- och högfrekvenselectronik. Utökad användning av energieffektiv kraftelektronik kan driva på den gröna omställningen inom flera sektorer, bland annat fordonsindustrin och elektrifiering. Sveriges omfattande industriella bas skapar goda förutsättningar för dynamik mellan etablerade företag och startups. Stora möjligheter finns även för nordiskt och europeiskt samarbete, främst via initiativ som EU-programmet Chips Joint Undertaking,

Samtidigt utgör hård konkurrens från USA och Asien, sårbara leverantörskedjor och geopolitiska beroenden stora utmaningar. Ett mer proaktivt svenskt deltagande i internationella sammanhang behövs därför för att säkerställa att Sverige är en relevant och efterfrågad samarbetspartner i de nya försörjningskedjor som nu byggs upp.

Strategiska satsningar bör ha fokus på konkurrenskraft genom ledande plattformar för avancerade digitala system-av-system. Sveriges konkurrenskraftiga industri inom ett stort antal sammanvävda värdekedjor – fordon, maskiner, gruvor, energisystem – ger möjligheter till stärkt produktivitet, kvalitet och konkurrenskraft genom utveckling av system-av-system för domänspecifik konnektivitet. Kopplat till dessa prioriteringar bör satsningar incitament för internationell uppskalning genom samarbeten i Norden, inom EU och inom Nato utformas.

Rekommendationer:

- **Förstärk forskning och innovation inom avancerad digital teknik:** Satsa ytterligare på forskning och utveckling för att behålla och förbättra Sveriges position inom avancerad uppkopplingsteknik, halvledare och sensorteknik
- **Stärk aktörsprogram för industrinära forskning inom avancerad digital teknik:** Genomför forsknings- och innovationssatsningar som stärker svensk kompetens och utveckling på områden där hårdvara, mjukvara och hållbarhet möts
- **Stärk svensk forskning inom cybersäkerhet:** Investera i forskning och innovation för att utveckla svensk kompetens och teknik inom cybersäkerhet
- **Bygg konkurrenskraft med ledande plattformar för digitala system-av-system:** Skapa och utveckla plattformar för komplexa digitala system där flera system samverkar, för att stärka Sveriges konkurrenskraft
- **Utveckla innovationsekosystemet för deeptech-bolag:** Skapa förutsättningar för framväxt och skalning av svenska deeptech-företag genom ett starkt innovationsstöd och rätt infrastruktur
- **Möjliggör internationellt samarbete:** Implementera målmedvetna satsningar och incitament för internationell uppskalning genom samarbeten i Norden, inom EU och inom Nato
 - Skapa förutsättningar för svenskt deltagande i existerande och nya EU-partnerskap relaterade till avancerad digital teknik
 - Möjliggör svenskt deltagande i Chips Joint Undertaking genom finansiering av kompetenscentra och uppbyggnad av europeiska pilotlinor
 - Skapa förutsättningar för svenskt deltagande i Smart Networks and Services Joint Undertaking och Eureka
 - Formulera och genomför en strategi som säkerställer svensk närvaro i standardiseringsprocesser för 6G
- **Skapa en nationell färdplan för avancerad digital teknik:** Utveckla en färdplan för teknikområden som konnektivitet (inklusive satellitkommunikation), halvledare och sensorer, grundat på halvledarstrategin och andra relevanta underlag

2.3 Kvantteknik för säkerhet och industriella tillämpningar

Kvantteknik har stor potential att på fundamentala sätt förändra och accelerera utvecklingen av teknik och system inom alla värdekedjor och sektorer – civila och militära. Många länder gör stora satsningar inom området. Kvanttekniken är dock fortfarande i början av utvecklingen mot tillämpningar i stor skala. För att påskynda forskning och innovation inom kvantteknikens tillämpningar måste det utvecklingsdrivande samarbetet mellan grundläggande avancerad forskning, specialiserad forskning för specifika tillämpningar och innovationsprocesser förstärkas.

Ett av Sveriges styrkeområden är kvantberäkningar, som i hög grad kan tillskrivas forskningssatsningar inom WACQT-initiativet som syftar till att inom tio år bygga en 100-kvantbitars dator bestående av supraledande kretsar. Kvantforskningen utöver WACQT-satsningen är emellertid begränsad. Samtidigt kan den starka fokuseringen på en enskild teknologiplattform, innebära en svaghet, eftersom det fortfarande råder stor osäkerhet kring vilka kvanttekniker som kommer att dominera i framtiden.

Sverige har idag ett fragmenterat FoU-ekosystem inom kvantteknik. Det saknas även nationell samordning av de olika ekosystemen idag, vilket kommer att behövas för att åstadkomma synergier och möjliggöra tekniksprång. Det gäller inom de fyra kvantteknologiska områdena – kvantdatorer, kvantsimulering, kvantkommunikation och kvantsensorer, men det gäller även inom relaterade fält.

Kvantteknikens potential att förändra förutsättningarna för konkurrenskraft i alla värdekedjor och samtidigt generera svåröverskådliga risker inom olika samhällssektorer innebär att kvantteknik, i likhet med AI, bör ges väsentligt starkare policystyrning än hittills. Framtida kvantdatorer kan hota säkerheten för viktig information genom att knäcka dagens kryptering, vilket gör det nödvändigt att utveckla och implementera kryptering som är säker mot dessa nya tekniker. Sverige behöver därför samla expertis och utveckla kompetens och plan för att hantera detta hot inom olika samhällssektorer.

Strategiska satsningar på kvantteknik bör ha fokus på nya och förstärkta forskningsmiljöer för spetsforskning och satsningar på domänspecifik FoU-samverkan mellan företag och spetsforskningsmiljöer för accelerering av industriella tillämpningar. Den internationella utvecklingen är snabb och kommer att accelerera. För att Sverige ska vara ett ledande land i denna utveckling krävs att svenska forskningsmiljöer, företag och myndigheter är starkt integrerade i utvecklingen av den internationella FoU-fronten och i internationella standardiseringsprocesser. Därför bör de strategiska prioriteringarna omfatta satsningar och incitament för internationell samverkan i Norden, i EU och inom Nato.

Rekommendationer:

- **Stärk forskning och innovation inom kvantteknologi:** Satsa på stöd för forskning och utveckling inom kvantteknologi i alla faser, från grundforskning till innovation, teknisk utveckling och praktisk tillämpning.
- **Utveckla program för industriell tillämpning och innovation:** Skapa nya och stärk befintliga innovationsprogram för att främja kunskaps- och tekniköverföring mellan akademien, offentlig sektor och näringsliv
- **Utveckla ekosystemet för framväxande företag:** Fortsätt aktivt stötta utvecklingen av ekosystemet av och runt nya, innovativa kvantföretag samt dessas tillgång till forsknings- och testinfrastruktur
- **Utöka och fördjupa internationella samarbeten inom kvantteknologi:** Öka Sveriges engagemang i internationella samarbeten och initiativ för att få tillgång till världsledande forskningsmiljöer och stärka samarbeten med internationella experter och forskningscentra
- **Stärk Sveriges cybersäkerhet:** Förbättra cybersäkerheten, inklusive utveckling av kvantsäker kryptering och ansvarstagande användning av kvantteknologier
- **Förbättra nationell samordning inom kvantteknologiska områden:** Stärk samordningen inom de fyra nyckelområdena inom kvantteknologi och samordna initiativ mellan offentliga, akademiska och privata aktörer
- **Främja svenskt bidrag i arbetet med internationella kvantteknikstandarder:** Säkerställ att Sverige aktivt deltar i utformningen av internationella standarder inom kvantteknologi.
- **Implementera den nationella kvantstrategi** som föreslagits av Vetenskapsrådet och Vinnova

2.4 Energiteknik för fossilfri elektrifiering

Klimatomställningen accelererar global efterfrågan på fossilfri elektrifiering i alla värdekedjor och samhällssektorer. Den geopolitiska utvecklingen har samtidigt visat hur beroendet av fossila bränslen gör länder sårbara. Parallellt har nya risker uppstått kring tillgången till viktiga råmaterial och Europas konkurrenskraft inom produktionen av förnybar energi. Den geopolitiska utvecklingen har samtidigt visat på sårbarheten i beroende av fossila bränslen men även nya potentiella sårbarheter i tillgång till kritiska råmaterial och europeisk konkurrenskraft inom produktion av förnybar energi. EU:s ambitiösa politik för omställning genom den europeiska klimatlagen, Fit for 55 och RePowerEU syftar till att snabba på energiomställningen. Detta påverkar marknader, tekniker och värdekedjor av stor betydelse för Sverige, däribland batterier, biobränslen, vätgas, metaller och mineral.

Omställningen mot elektrifiering kommer att innebära den snabbaste, och mest genomgripande omvälvningen av energisektorn på över ett århundrade, med stor påverkan på hela samhället. De industriella värdekedjorna för fossilfri energiproduktion, energilagring och energiöverföring kommer att växa kraftigt globalt. Dessutom kommer konkurrenskraft i

alla delar av näringslivet att förutsätta att företag och värdekedjor är internationellt ledande i fossilfri elektrifiering.

Sverige har styrkeområden i de värdekedjor som ger stor potential för konkurrenskraft och tillväxt i den globala energiomställningen. Svenska styrkor är avancerad industri inom flera sammanlänkade näringsgrenar, stark förmåga att utveckla och bygga system-av-system samt starka forskningsmiljöer inom nyckeltekniker för elektrifieringen. Sverige har också flera stora nationella samverkansprogram där industriell elektrifiering och klimatomställning är centrala mål. Energiområdet är den enda sektorn i Sverige som har väl utvecklade policyinstrument för hela TRL-skalan, från spetsforskning till långsiktiga program för FoU-samverkan till instrument för industriell uppskalning. Dessa är dessutom starkt kopplade till policyinstrument inom EU. Vikten av tillgång till och minskat beroende av kritiska material och mineral för fossilfri elektrifiering ger Sverige en komparativ fördel i Europa.

Sverige har stor potential att fortsätta utveckla smarta elnät genom att kombinera traditionell kraftöverföring med moderna teknologier som sensorer, dataöverföring och avancerad databehandling. Forskningen inom energiteknik är stark, särskilt inom områden som elproduktion, kraftöverföring, elektrifiering och batteriteknik. Sverige har dessutom en framstående kompetens inom materialteknik och styr- och reglerteknik, med stöd från stora tillverkningsföretag inom energisektorn.

Satsningar på energiteknik för fossilfri industriell elektrifiering bör ha fokus på sektorsövergripande FoU-samverkan respektive på teknikinfrastrukturer och resurser för demonstration och uppskalning av ny teknik och deeptech-företag. Satsningarna bör omfatta spetsforskning inom batterier, vätgas, kraftöverföring, kärnkraft, förnybar energi samt kritiska material och mineral. Dessutom bör satsningar göras för utveckling och uppskalning av koldioxidavskiljning och lagring (CCS) samt fossilfri stålproduktion. Då en stor del av de tekniker som behövs för energiomställningen ännu inte har passerat demonstrationsstadiet behövs bättre test och demonstrationsmöjligheter för innovativa stora och små företag,

Rekommendationer:

- **Prioritera forskning inom nyckelteknologier:** Satsa på spetsforskning och innovation inom områden som batteriteknik, vätgas, kärnkraft, kraftöverföring och fossilfri framdrivning för att driva på energiteknikutvecklingen
- **Stärk sektorsövergripande forskning och innovation för energiteknik:** Investera i aktörsdrivna program för forskning, innovation och demonstration som möjliggör tillämpning och kommersialisering av energiteknik. Detta inkluderar utvecklingen av systemdemonstratorer för att visa teknikens potential i praktiken
- **Främja tillväxten av innovativa företag:** Öka stödet till nya och växande innovativa företag, särskilt inom deeptech, och ekosystemet runt dessa för att stimulera utveckling och kommersialisering av banbrytande teknik

- **Stöd utveckling av koldioxidavskiljning och fossilfri stålproduktion:** Utveckla initiativ för att skala upp teknik för koldioxidavskiljning och lagring (CCS) och stödja omställningen till fossilfri stålproduktion.
- **Utveckla kompetensförsörjningen för energibranschen:** Genomför omfattande utbildnings- och kompetensinsatser inom elektrifiering, energiomställning och kraftöverföring för att möta framtidens behov.
- **Öka deltagande i EU:s ramprogram:** Tillgängliggör nationella medel för att öka svenska aktörers medverkan i relevanta EU-program
- **Samordna insatser för vätgas, batterier, laddinfrastruktur och kärnkraft:** Fortsätt att samordna insatser inom vätgas, batterivärdekedjor, laddinfrastruktur, kärnkraft och tillståndsprocesser
- **Skapa en nationell färdplan för energiteknik:** Formulera en långsiktig strategi för energiteknik som bygger på aktuella underlag och analyser för att styra Sveriges utveckling inom området

2.5 Material- och produktionsteknik för omställning

Avancerad materialteknik och produktionsteknik är av stor betydelse för innovation i alla industriella värdekedjor. Tillämpningar inom dessa områden kommer att vara av avgörande betydelse för exempelvis digitalisering och elektrifiering, liksom för utveckling inom fordonsindustri, flyg- och rymdindustri och försvarsindustri. Samtidigt är försörjning av kritiska råmaterial en flaskhals och den geopolitiska konkurrensen om tillgång till dessa har ökat kraftigt. EU:s beroende av råvaruförsörjning från andra delar av världen är stort. En säkerställd materialförsörjning handlar därför ofta också om resiliens och nationell säkerhet.

Växande internationell efterfrågan på flera kritiska råmaterial öppnar möjligheter för såväl återvinning och utvinning som leverans av utrustning för utvinning, utveckling och produktion. Tillväxtpotential finns inte endast inom avancerade material och kritiska råmaterial, utan även inom bredare materialgrupper. Detta omfattar både biobaserade, metalliska, textila och plastbaserade material.

Sverige har konkurrenskraftig forskning och starka FoU-miljöer inom materialområdet, viktig internationell forskningsinfrastruktur och internationellt konkurrenskraftiga tillverkningsföretag som baserar sin verksamhet bland annat på avancerad materialteknik. Här finns några styrkeområden värda att nämna, exempelvis ett i internationell jämförelse dynamiskt ekosystem för forskning och innovation inom grafénområdet liksom i vissa avseenden inom additiv tillverkning. Sverige är också internationellt framstående inom utvinning och bearbetning av mineral och har en relativt stark position inom utvinning av kritiska råvaror, dock något svagare än Finland och Norge. Sammantaget har Sverige emellertid tappat internationell position i flera avseenden. Den högkvalitativa svenska forskningen på materialområdet omsätts inte alls i innovation i den utsträckning som är

möjlig och skulle behövas, vilket kan läsas ut exempelvis av den relativt låga graden av patent inom området.

Strategiska satsningar på avancerad materialteknik och produktionsteknik bör ha fokus på acceleration av spetsforskning och innovation. Prioritet bör vara på värdekedjor kopplade till energiteknik, klimatomställning, digital transformation och nationell säkerhet. Viktiga mekanismer för ökad materialinnovation och tillämpning är sektorsövergripande Fol-samverkan respektive vidareutveckling och tillgängliggörande av forsknings- och teknikinfrastukturer. Inom materialområdet är utvecklad infrastruktur för demonstration som syftar till industriell uppskalning av nya material en kritisk faktor. I detta sammanhang är potentialen för nordiskt samarbete stor, liksom för uppskalning av svenska Fol-satsningar inom EU:s materialrelaterade partnerskapsprogram. Därför bör målmedvetna strategier och resurser för sådan internationell uppskalning vara en integrerad del i Sveriges satsningar. Särskilda satsningar på materialbaserade deeptech-företag behövs, då dessa företag ofta har svårt att skala upp produktion och affär.

Rekommendationer

- **Satsa på aktörsdrivna samverkansprogram** som möjliggör innovation och kompetensförsörjning inom material- och produktionsteknik
- **Utveckla miljöer förr test och demonstration** samt stöd för industriell uppskalning av materialbaserad innovation
- **Förbättra utnyttjandet av avancerad forskningsinfrastruktur:** Stärk initiativ för att öka användningen av Sveriges avancerade forsknings- och innovationsinfrastruktur för att påskynda innovation och kommersialisering.
- **Prioritera materialåtervinning och hållbar utvinning:** Satsa på innovation, teknikutveckling och policyåtgärder för effektiv utvinning och återvinning av kritiska material och andra viktiga materialgrupper för att säkra resurstillgången
- **Investera i Computational Materials Science och Materials Informatics:** Initiera satsningar inom beräkningsbaserad materialvetenskap och materials informatik för att påskynda innovation och utveckling inom materialområdet
- **Stöd ekosystemet för materialbaserade startups:** Satsa på insatser för att stödja och skala upp startups inom materialinnovation
- **Främja svenskt deltagande i EU:s program** för materialforskning och innovation inom Horisont Europa och kommande ramprogram och partnerskap.
- **Utforma en nationell färdplan** för materialteknik, återvinning och energiteknik som baseras på aktuella analyser och underlag för att vägleda långsiktig utveckling inom dessa områden

2.6 Bioteknik för hälsa och klimatomställning

Bioteknik är fundamental för utveckling av läkemedel och medicinsk teknik, som inte bara accelererar framtagandet av nya mediciner, som mRNA vaccinet mot Covid-19, utan även botemedel mot kroniska sjukdomar. Genom tillämpningar av precisionsfermentering, enzymteknik, syntetisk biologi, bioraffinaderier och alternativa proteinkällor finns i tillägg till detta möjligheter att transformera det globala livsmedelssystemet. Detta har potential att bidra till klimatomställningen, då livsmedelssystemet står för ca en femtedel av de globala utsläppen av växthusgaser. Tillämpningar av avancerad bioteknik skulle samtidigt kunna bidra till förbättrad folkhälsa. Dessutom håller nya innovationer på att revolutionera bioekonomin med direkta effekter på klimatomställningen. Det sker dels genom materialutveckling där biobaserade produkter ersätter fossilbaserade insatsvaror, dels genom produkter som biobränslen, biobaserade byggmaterial och biobaserade textilier. Bioteknik har även potential att bidra till kolavskiljning respektive rening av vatten och mark. Det finns i tillägg betydande potential till civil-militära synergier i utveckling och tillämpningar av bioteknik. I USA satsar Pentagon över en miljard dollar inom området.

Life science-industrin är drivande för Sveriges FoU inom bioteknik, där Astra Zeneca dominerar, men Sverige har även många teknikintensiva mindre företag. Sverige har högkvalitativ bioteknikforskning vid ett relativt stort antal forskningsmiljöer, med Karolinska Institutet och Uppsala universitet i topp och ett betydande antal infrastrukturer för forskning och teknik. Sverige har också ett substantiellt deltagande i EU-program inom bioteknik för life science. Däremot har Sverige ännu en svagare industriell position och EU-deltagande för tillämpning av den nya biotekniken kopplat till livsmedelssystem, kolavskiljning, bioenergi och inom bioekonomin. Det finns dock många lovande initiativ och företag.

Sverige har potential att stärka FoU-systemets utvecklingskraft för bioteknik kopplat till life science. Samtidigt finns stor utvecklingskraft för spetsforskning såväl som ekosystem och förbättrad förmåga för startups och uppskalning inom livsmedel, bioekonomi och klimatomställning. För att Sverige ska fortsätta att vara ett ledande land inom life science och bli ledande inom tillämpning av bioteknik kopplat till andra värdekedjor och andra samhällsutmaningar kommer internationell samverkan att ha stor betydelse. Här finns stor potential i utveckling av nordisk samverkan inom bioteknik, incitament för deltagande i EU:s FoU-satsningar och samverkan inom Nato för civil-militära synergier.

Rekommendationer:

- **Utveckla satsningar på spetsforskning** och etablera avancerade forsknings- och teknikinfrastrukturer som stödjer bioteknik och artificiell intelligens (AI) i vårdssystemet
- **Utveckla syntetisk biologi för hållbara tillämpningar:** Initiera satsningar på forskning och innovation inom syntetisk biologi för att driva fram nya lösningar inom livsmedelsproduktion, materialutveckling, bioenergi, klimatomställning och miljöskydd
- **Satsa på forskning och kompetens inom biobaserad processteknik:** Investera i FoU och långsiktig kompetensförsörjning för att stödja utvecklingen av processteknik inom biobaserade värdekedjor
- **Öka internationellt samarbete för bioteknisk utveckling:** Stärk Sveriges samarbete med aktörer i Norden, EU och Nato för att skala upp svenska FoU-satsningar och teknikinfrastruktur på den internationella marknaden
- Utveckla **nationella testmiljöer för biobaserade innovationer:** Stärk test- och utvecklingsmiljöer för biobaserade material och innovation, inklusive möjligheter att etablera en nationell biofoundry-facilitet som främjar forskning och uppskalning
- **Förbättra möjligheterna för bioteknikföretag att växa:** Skapa bättre förutsättningar för start och tillväxt av innovativa företag inom bioteknikområdet
- **Utforma en nationell färdplan** för bioteknik baserad på aktuella analyser och underlag för att vägleda långsiktig utveckling inom området

3 Rekommendation om samlade satsningar på olika instrument

För att Sverige ska kunna vara internationellt ledande inom strategiskt viktiga tekniker är det nödvändigt att ha ett samlat grepp om teknikpolitiken. Att initiera enskilda uppdrag och satsningar inom olika teknikområden utan starka synergier riskerar att försvaga effekterna av de samlade insatserna.

Mario Draghis rapport om Europas framtida konkurrenskraft pekar på behov av stora synkroniserade investeringar på tre nivåer: spetsforskning och teknikinfrastruktur, satsningar på startup- och scaleup-företag samt samverkanssatsningar i form av partnerskapsprogram.⁴ På motsvarande sätt bör Sverige initiera samordnade initiativ inom olika delar av forsknings- och innovationssystemet baserat på följande insikter:

- Stora, strategiska och långsiktiga satsningar behövs på de områden där Sverige vill stärka sin ställning
- Satsningar behövs längs helan TRL-skalan för teknikmognad, dvs spetsforskning som kan omsättas i nya företag och industriell tillämpning
- Snabbare omsättning från forskning till innovation förutsätter stärkta incitament, vilket motiverar nya finansieringsinstrument där förbättrad behovsformulering och upphandlingsmekanismer används
- Forsknings- och teknikinfrastruktur behöver utvecklas och göras tillgänglig så att banbrytande teknisk innovation kan accelerera
- I samtliga satsningar bör dubbla användningsområden (dual use) beaktas
- Internationella möjligheter till strategiska samarbeten och kostnadsdelning förutsätter proaktivitet, ökat engagemang och nationell medfinansiering

⁴ Draghi, M., The Future of European Competitiveness – A Competitiveness Strategy for Europe, September 2024, [EU competitiveness: Looking ahead - European Commission](#)



En modell för hur insatser behöver hänga ihop för kraftfulla synergier mellan områden

3.1 Spetsforskning inom strategiskt viktiga områden

Forskning vid den vetenskapliga fronten driver tekniksprång som kan höja produktivitet och effektivitet samtidigt som förutsättningar för helt nya värdekedjor kan skapas. Genom att samla spetskompetens, resurser och avancerad forsknings- och teknikinfrastruktur möjliggör starka forskningsmiljöer deltagande i den internationella utvecklingen av banbrytande tekniska genombrott. Starka forskningsmiljöer skapar också förutsättningar för dynamisk samverkan mellan akademi, näringsliv och offentlig sektor, och är avgörande för att attrahera internationella topptalanger.

I global jämförelse finns det få områden där svenska lärosäten är internationellt ledande⁵. Inom flera strategiskt viktiga teknikområden finns dock nischer där svenska forskare och lärosäten ligger i framkant. För att Sverige ska behålla och stärka sin konkurrenskraft är det därför avgörande att vi stärker och utvecklar fler internationellt ledande forskningsmiljöer inom strategiskt viktiga områden.

Regeringen och myndigheter behöver säkerställa att det finns rätt förutsättningar att, inom prioriterade områden, stärka befintliga ledande forskningsmiljöer och ge lärosäten förutsättningar att utveckla nya sådana miljöer.

Rekommendationer:

- Genomför en långsiktig satsning på centrum för banbrytande spetsforskning som accelererar utvecklingen inom prioriterade teknikområden. Dessa centrum bör ha följande förutsättningar:
 - En grundfinansiering på minst 50 Mkr per år i minst 10 år för internationell konkurrenskraft och attraktionskraft
 - Tillräckliga resurser för och tillgång till internationellt ledande forsknings- och teknikinfrastruktur
 - Strategisk rekrytering för att attrahera internationellt ledande forskare bör vara en central del i centrumens verksamhet

⁵ Vinnova, Globalt perspektiv på strategiska tekniker, Stenberg, L., september 2024, [globalt-perspektiv-pa-kritiska-tekniker.pdf](#)

- Spetsforskningscentrum bör ha som mål att generera internationell uppväxling på sina resurser inom EU:s forskningsprogram och i samverkan utanför EU
- Ge Vetenskapsrådet i uppdrag att, i samråd med övriga Fol-finansiärer, utforma spetsforskningsstrategin

3.2 Teknik- och forskningsinfrastruktur

Internationellt ledande teknikutveckling förutsätter tillgång till världsledande forsknings- och teknikinfrastruktur som möjliggör banbrytande forskning, innovation och nödvändig test- och demonstration. Sverige behöver säkerställa tillgång till olika kompletterande infrastrukturer som gör det möjligt att accelerera resan från forskning till innovation. Sådana infrastrukturer är också viktiga för att attrahera internationell spetskompetens till Sverige och Fol-investeringar i internationellt ledande företag med verksamhet i landet.

Avancerad teknik- och forskningsinfrastruktur är dyrt att etablera och underhålla, och behöver vara öppna och tillgängliga för olika aktörer. Staten har här en nyckelroll, eftersom inga enskilda aktörer, som lärosäten, myndigheter eller företag, har nödvändiga resurser, mandat eller drivkrafter att ta ett långsiktigt strategiskt ansvar för helheten. Nationella prioriteringar av resurser behövs samtidigt som processerna för sådana investeringar, liksom mobilisering av olika aktörer, behöver koordineras.

Trots ett flertal utredningar av finansieringsmodeller och uppdrag med syfte att öka tillgängligheten så är det svenska systemet med teknik- och forskningsinfrastruktur idag alltför fragmenterat, svårtillgängligt, underfinansierat och spårbundet. Anläggningar, labb och motsvarande, finns ofta vid enskilda lärosäten, hos företag eller försvarsaktörer, utan incitament eller ändamålsenliga modeller för att öppna upp och dela dessa infrastrukturer.

Flera viktiga infrastrukturer är dessutom av sådan betydelse att de förutsätter internationella samarbeten för att fungera, och EU gör nu kraftfulla satsningar på att öka tillgången till strategiskt viktig teknikinfrastruktur. Sverige behöver vara proaktivt och ha de nödvändiga förutsättningarna på nationell nivå för att dra nytta av dessa satsningar.

För att få till en samlad strategisk inriktning för banbrytande teknik behöver behoven av teknik- och forskningsinfrastruktur kartläggas för olika prioriterade områden. Samtidigt krävs också nya mekanismer för tillgängliggörande och långsiktiga investeringar i särskilt kritisk infrastruktur. Det finns stora möjligheter att öka tillgängligheten, samtidigt som kostnadstäckning kan säkras genom internationell samfinansiering. Samarbeten inom EU bör stärkas och det finns viktig potential i ökat nordiskt samarbete, särskilt med Finland och Danmark.

Rekommendationer:

- Ge Vetenskapsrådet och Vinnova i uppdrag att, som en del av en nationell färdplan, genomföra en samlad analys av behov kopplade till prioriterade teknikområden och ge utifrån det förslag på hur det svenska systemet för teknik- och forskningsinfrastrukturer kan stärkas
- Stärk den statliga finansieringen av teknik- och forskningsinfrastrukturer för spetsforskning och banbrytande innovation inom prioriterade teknikområden, i synnerhet för redan identifierade behov inom områden som AI och kvantteknik.
- Stärk tillgängligheten till teknik- och forskningsinfrastrukturer för näringslivet, i synnerhet för mindre företag
- Utveckla samverkan i Norden, inom EU och Nato kring investeringar i och tillgänglighet till teknik- och forskningsinfrastruktur

3.3 Från labb till scaleup

Nya teknik- och kunskapsintensiva företag är avgörande för tillväxt, konkurrenskraft och produktivitetsoökningar i ett land. Sådana företag förändrar värdekedjor, marknader och innovationsekosystem. Därför har EU stärkt sitt fokus på att främja startups och scaleups. I det sammanhanget pågår processer för att skapa gemensamma definitioner och regelverk som underlättar för startups att växa inom EU. Samtidigt finns förslag på hur kapitaltillgången kan stärkas för att möjliggöra för startups och scaleups att stanna och växa i Europa. Samtidigt agerar många enskilda länder strategiskt och målmedvetet för att stärka förutsättningar för sådana bolag med en kombination av incitament för stärkt kapitaltillgång, statlig finansiering och utvecklade regelverk.

Sverige har under de senaste årtionden haft ett dynamiskt startuplandskap, med framväxande miljardbolag, främst inom den digitala konsumentsektorn. Ekosystemet består av inkubatorer och acceleratorer av internationellt hög klass och nätverk av internationellt uppkopplade och erfarna entreprenörer och investerare. Utgångsläget är gott men det finns många skäl att inte vila på lagrarna. Stora neddragningar på offentliga stöd till startups och stödsystemen runt dessa sker samtidigt som tillgängligheten av privat riskkapital minskat drastiskt. Detta försämrar förutsättningarna för startups i Sverige, samtidigt som andra länder investerar i startups och lockar entreprenörer med genomtänkt politik och ambitiösa satsningar.

Deeptech bolag, det vill säga bolag som utvecklar banbrytande innovationer med stark vetenskaplig och/eller ingenjörsmässig grund, möter särskilda utmaningar. I jämförelse med andra startups har dessa bolag ofta längre utvecklingstid och större kapitalbehov innan de når marknad och finansieras av kunder. För att stärka ekosystemet för startups i allmänhet och deeptech-startups i synnerhet behövs olika typer av insatser längs hela kedjan, från labb till lönsamhet.

⁶ <https://www.sisp.se/nationell-kraftsamlings-f%C3%B6r-startups-och-scaleups-f%C3%B6rstudierappor>

Dels krävs insatser för att stärka det akademiska entreprenörskapet samt stimulera till bättre hantering av immateriella tillgångar från forskning och i nya företag. Dels behöver framväxande företag tillgång till riskvilligt och uthålligt kapital som möjliggör snabba tester av teknik, marknad och policyhinder som uppstår när ny teknik möter samhällets strukturer och institutioner, i kombination med stöd i form av erfaren kompetens och de nätverk och miljöer som ger tillgång till potentiella kunder och investerare. Dessutom behöver matchning mellan startups och stora företag stödjas liksom uppväxling med hjälp av EU-instrument som Eurostars, EIC-booster och finansiering av företag med seal of excellence.

Rekommendationer:

- Utveckla en gemensam riktning och mål för startup- och scaleup-politiken
- Stärk det högskolenära entreprenörskapet och de högskolenära ekosystemen för kunskapsintensiva företag, och säkerställ att miljöerna stärker sin förmåga inom immateriella tillgångar ansvarsfull internationalisering och dual use.
- Öka resurserna för och stärk nationell samordning av innovationskontor, holdingbolag och inkubatorer
- Öka den statliga finansieringen av startups och scaleups i tidig fas, innan privat kapital finns tillgängligt.
- Stärk förutsättningarna för utveckling och uppskalning av startups och scaleups genom mer ändamålsenlig offentlig finansieringslogik som möjliggör mobilisering och attraktion av privat kapital
- Förbättra förutsättningarna för innovativa startups och scaleups att delta i och vinna offentliga upphandlingar
- Instruera relevanta myndigheter såsom forskningsfinansiärer att implementera EU:s riktlinjer för värdeskapande från kunskapsstillgångar (knowledge valorisation)
- Stärk kopplingarna till EU:s satsningar och policyutveckling för kunskapsintensiva företag respektive möjligheterna för EU-uppskalning av svenska satsningar

3.4 Spetsinstrument för förkommersiell upphandling av banbrytande teknik

För att Sverige ska bli ledande inom industriella och samhällsliga tillämpningar av strategiska tekniker behövs nya verktyg som möjliggör omfattande investeringar i tidiga skeden av innovationsprocesser baserade på banbrytande teknik. USA har varit ett föregångsland i att göra omfattande och framgångsrika investeringar i tidiga skeden av innovationsprocesser baserat på banbrytande teknik. Ett betydelsefullt exempel är DARPA, grundat 1958, som initialt fokuserade på militär teknologi men också bidrog till civila innovationer och industriell utveckling. Denna modell har expanderat till sektorer som energi (ARPA-E, 2007), infrastruktur (ARPA-I, 2021) och biomedicin (ARPA-H, 2022).

USA har också infört flera andra program som stöder tidiga faser av innovation. Ett exempel är Small Business Innovation Research Program (SBIR) från 1982, som har varit avgörande för startup-ekosystemet genom förkommersiell upphandling. NSF Technology, Innovation

and Partnerships Program (TIP) har på senare tid också skapat initiativ som Convergence Accelerator (2019) för att främja tvärsektorieell innovation. I flera teknikledande asiatiska länder finns liknande kraftfulla mekanismer för investeringar i innovation baserad på strategiska tekniker. Europa har väsentligt svagare mekanismer för detta och är dessutom fragmenterat genom olika system i olika länder som ofta är underkritiskt utformade och finansierade. Detta lyfts särskilt som ett problem Mario Draghis rapport⁷ som slår fast att "Europa har otillräckligt fokus på banbrytande innovation." och lyfter USA's DARPA som en förebild i jämförelse.

Samtidigt finns europeiska exempel på ansatser i den riktningen. I Tyskland etablerades år 2019 The Federal Agency for Disruptive Innovation, SPRIN-D, med ett kapital på en miljard euro. Finansieringsmodellen baseras på förkommersiell upphandling för finansiering i tidiga skeden av banbrytande innovationsprocesser. Liknande instrument för stora investeringar i de tidiga och osäkra faserna av innovationsprocesser med hög samhällsekonomisk potential finns i flera andra länder. Dessa bygger på en investeringslogik som innebär snabb, stegvis finansiering, snarare än den mer traditionella forskningsfinansieringsmodellen.

Sverige saknar motsvarande instrument, vilket hämmar Sveriges möjligheter att utveckla och skala upp innovationer och startups baserade på strategiskt viktiga tekniker i Sverige. Det gör också Sverige mindre attraktivt för sådana företag och investeringar. Samtidigt finns internationellt goda erfarenheter av att sådana instrument också ökar förmågan att matcha talanger och idéer med viktiga behov inom exempelvis försvarssektorn eller andra delar av samhället. På nationell nivå har Vinnova goda erfarenheter av liknande stegvisa instrument, och Energimyndigheten har erfarenhet av finansiering genom instrument för att minska risk för privat kapital i kritiska faser av teknikutveckling genom privat-offentlig saminvestering i nya och växande bolag.

Myndigheter som finansierar innovation idag bör i ökande utsträckning arbeta med en investeringslogik som matchar och driver privata investeringar och attraherar riskkapital till svenska startups och scaleups, och Sverige bör agera på möjligheten att göra detta i takt med att Europa utvecklar både incitament och program i sådan riktning.

⁷ Draghi, M., The Future of European Competitiveness – A Competitiveness Strategy for Europe, September 2024, [EU competitiveness: Looking ahead - European Commission](#)

Rekommendationer:

- Skapa ett nytt finansieringsinstrument för disruptiv förkommersiell upphandling i Sverige
- Möjliggör finansiering (i likhet med i Tyskland) av ett sådant instrument med omkring 10 Mdr kronor över 10 år
- Skapa en egen organisatorisk enhet för ett sådant instrument inom ramen för en befintlig myndighets verksamhet, för administrativ effektivitet
- Ge samma myndighet i uppdrag att genom instrumentet:
 - Söka synergier med investeringar i EU:s motsvarande institutioner, liksom motsvarande organ i andra länder
 - Eftersträva katalysering av privat och offentligt investeringskapital i Sverige i de finansieringar som görs

3.5 Aktörsdrivna samverkansprogram för tillämpning

Långsiktigt finansierade aktörsdrivna samverkansprogram skapar förutsättningar för ledande företag att samverka med akademi, offentlig sektor och andra innovativa stora och små företag både nationellt och internationellt. Det innebär att sådana program bidrar till att driva privata investeringar i forskning och innovation. Aktörsdrivna samverkansprogram också gör det möjligt att dela risk i tidig fas där osäkerheten är stor samtidigt som sådan öppen forskning och innovation i samverkan leder till kunskap som skapas delas med många.

I Sverige har flera generationer av samverkansprogram bidragit till kultur och kompetens kring samverkan men även till tillit och nätverk som minskar transaktionskostnaderna i komplexa samarbeten mellan många aktörer.

Det finns ett flertal samverkansprogram för forskning och innovation i Sverige, inriktade på olika sektorer och kompetensområden, som är viktiga för att stärka Sveriges konkurrenskraft inom strategiska tekniker. Dock finns det även tydliga luckor inom områden som är särskilt betydelsefulla för Sverige, exempelvis bioteknik och materialteknik.

För att möta dessa behov krävs fler aktörsdrivna innovationsprogram som fokuserar på tillämpningen av banbrytande teknik för att lösa samhällsutmaningar, särskilt inom industriella tillämpningar. Dessa program bör även främja civil-militära synergier för att stärka potentialen inom dessa områden. De bör utformas med riktade insatser för att påskynda lösningar på komplexa industriella, tekniska och samhällsliga utmaningar och baseras på svenska styrkor genom hela värdekedjor och inom system-av-system-utveckling

Rekommendationer:

- Identifiera prioriterade behov inom ramen för uppdrag om färdplan för områdena artificiell intelligens, avancerad digital teknik, kvantteknik, materialteknik, energiteknik och bioteknik
- Genomför en långsiktig satsning på program för att accelerera tillämpningar av banbrytande teknik i näringsliv och samhälle
- Programmen bör vara inriktade mot industriella tillämpningar och samla teknikledande företag från olika värdekedjor
- För internationell konkurrenskraft och tillräcklig attraktionskraft för teknikledande företag bör varje program finansieras med minst 300 Mkr per år
- Programmen bör samfinansieras av deltagande företag med mer än statens och andra offentliga aktörers samlade finansiering
- Programmen bör växla upp sina satsningar genom EU-finansiering och annan internationell samverkan

3.6 Finansiering, kapitalattraktion och upphandling

Tydliga nationella teknikprioriteringar möjliggör mobilisering av offentliga medel inom områden som näringspolitik, forskningspolitik, energipolitik, infrastrukturpolitik, försvarspolitik och utrikespolitik som alla är beroende av att Sverige är internationellt ledande inom strategiskt viktiga teknikområden. Det förutsätter emellertid gemensamma prioriteringar och effektivare samordning. Tydliga och långsiktiga nationella prioriteringar möjliggör mobilisering av näringslivets Fol-investeringar och offentliga satsningar bör generera samfinansiering med näringslivet som sammantaget uppgår till minst lika mycket som de samlade statliga satsningarna.

Samhällsbehov som kan lösas med banbrytande teknik är många och stora. Näringslivet är avgörande för utveckling av sådana lösningar och företag som utvecklar sådana blir internationellt konkurrenskraftiga. Offentliga aktörers förmåga att uttrycka samhällets behov i konkret efterfrågan och förmåga att ta nödvändiga finansieringsrisker i tidiga skeden av banbrytande innovationsprocesser är otillräcklig. Det innebär att den potentiellt stora kraften i samhällets offentliga upphandlingar att finansiera innovation som löser stora samhällsutmaningar och stärker näringslivets konkurrenskraft i hög grad är outnyttjad. Det gäller i hela EU och det gäller i hög grad i Sverige. Därför är detta en av flera prioriteringar i de policyåtgärder som föreslås till EU-kommissionen i Mario Draghis rapport⁸ och den av Manuel Heitor ledda expertgruppen.⁹ Detta bör även vara viktiga utgångspunkter för svenska prioriteringar för konkurrenskraft baserade på strategiskt viktiga tekniker.

Enskilda statliga myndigheter, regioner och kommuner är var och en för små för att enskilt ha de nödvändiga förmågorna och att ta de investeringsrisker som finns i tidiga skeden av

⁸ Draghi, M., The Future of European Competitiveness – A Competitiveness Strategy for Europe, September 2024, [EU competitiveness: Looking ahead - European Commission](#)

⁹ EU Commission Expert Group on the Interim Evaluation of Horizon Europe, Align, Act, Accelerate - Research, Technology and Innovation to boost European competitiveness, September 2024, [align act accelerate.pdf](#)

innovationsprocesser. Om de samlade behoven och resurserna samlades för gemensamma upphandlingar skulle förutsättningarna bli väsentligt bättre. Det har dock visat sig svårt att organisera processer och resurser för detta på effektiva sätt i den svenska förvaltningsmodellen. Sverige behöver därför ett särskilt instrument och organisering för detta, med mandat och resurser att finansiera banbrytande innovationsprocesser i tidiga skeden baserat på förkommersiell upphandling. Därigenom skulle innovativa lösningar baserade på banbrytande teknik kunna utvecklas så långt att andra investerare inklusive offentliga myndigheter kan ta ställning till deras potential för investeringar och upphandlingar.

Nationella prioriteringar bör integrera strategier för internationell uppskalning av svenska satsningar i Norden, inom EU och inom Nato. Ett aktivt deltagande av svenska aktörer i planering och utformning av EU:s nya ramprogram, samt ökade incitament för deltagande av svenska aktörer i de stora satsningar på innovation som planeras inom EU har god potential att ge kraftfulla hävstångseffekter.

Många andra länder gör mycket kraftfulla satsningar på strategiskt viktiga tekniker för konkurrenskraft och för att näringslivet ska investera i forskning och innovation i dessa länder. För Sveriges konkurrenskraft och ekonomiska säkerhet i denna accelererande internationella konkurrens kommer det att krävas att statliga FoU-satsningar uppgår till mer än 1 procent av BNP senast år 2030. Det skulle innebära en nivåökning av de statliga FoU-anslagen med minst 20 mdr till år 2030 jämfört med år 2024.

3.7 Förslag till process framåt

I uppdraget ingår att föreslå hur ett fortsatt strategiarbete rörande teknikutveckling kan struktureras och genomföras och hur viktiga kunskapsunderlag kan uppdateras och utvecklas kontinuerligt.

Teknikpolitik är av växande betydelse internationellt, inom EU och i Sverige bör vi på ett systematiskt sätt utnyttja potentialen i det arbete som påbörjats här och i andra parallella processer som exempelvis AI-kommissionens arbete och uppdraget till VR och Vinnova om framtagandet av en nationell kvantstrategi.

Det stora engagemang som alla aktörer visat i detta uppdrag visar på potentialen i att samverka kring nationella prioriteringar. Det kommer dock att ställa stora krav på samordning mellan aktörer med delvis olika incitament.

Sammanhållen teknikpolitik



Styrning



Formaliserad process



Finansiering

För att stärka svensk teknikutveckling behövs mer ändamålsenlig styrning, en formaliserad process för samordning och uppdatering av strategisk inriktning och ambitiös finansiering av insatser

3.7.1 Styrning och koordinering av teknikpolitik

Sverige har idag ingen effektiv samordning av teknikpolitiska satsningar, vilket skapar hinder för att möta den snabba teknikutvecklingen. Det nuvarande systemet saknar strukturer för att fatta samordnade beslut i den takt som behövs. Detta gäller både inom Regeringskansliet och mellan myndigheter som ansvarar för att planera och genomföra satsningar på forskning och teknikutveckling. Ett aktivt samarbete mellan tjänstemän med ansvar för teknikpolitik på olika departement skulle kunna leda till ökad koordinering av styrning av olika myndigheter vars verksamhet bidrar till teknikutveckling och reglering. En sådan gruppering skulle också kunna följa upp utveckling mål och uppdrag kring kritiska teknikområden, dvs artificiell intelligens, konnektivitet (inklusive halvledare), kvantteknik, material- och produktionsteknik, energiteknik och bioteknik. Produktivitetskommissionen har i ett delbetänkande¹⁰ föreslagit att en samordningsfunktion i Statsrådsberedningen ska skapas för prioriterade sektorsövergripande frågor, där teknikpolitik skulle kunna vara en. Samordning mellan myndigheter med ansvar för teknikutveckling och reglering behöver också förbättras.

3.7.2 Vidare uppdrag

Under arbetets gång har det blivit tydligt att många aktörer ser ett behov av en fortsatt process för nationella teknikprioriteringar. Vår slutsats är att en sådan bör institutionaliseras, samt att processer och arbetssätt för detta bör utvecklats. Målet bör vara en strategisk teknikpolitisk inriktning för Sverige, baserad på underlag som uppdateras löpande och som avrapporteras minst vartannat år. Uppdatering av underlagen bör göras så att materialet kan tjäna som underlag inför kommande forsknings- och innovationspropositioner, energiforskningspropositioner och andra relevanta policyprocesser.

Kunskapsunderlaget i denna rapport är ett viktigt första steg, men i ett nästa steg behöver arbetet tas vidare, analysen fördjupas och tydliga planer för varje teknikområde utvecklas. En modell för detta är arbetet med den nationella kvantstrategin som letts av VR och som genomförts i samarbete med Vinnova och en rad andra aktörer. Det nätverk av aktörer och

¹⁰ Goda möjligheter till ökat välbefinnande SOU 2024:29

intressenter som givit input till nuvarande uppdrag bör ingå i en fortsatt process, samtidigt som det behöver breddas och utvecklas kontinuerligt.

Syftet med att uppdatera underlaget för en svensk teknikpolitisk inriktning är att säkra relevansen och därmed skapa goda förutsättningar för strategiska beslut i tider då både teknikutveckling och geopolitiska förändringar sker fort.

Arbetet med uppdraget och kunskapsunderlaget har lagt grunderna för ett kontinuerligt och systematiskt arbete framåt. Arbetssätt för användning av bibliometriska data, patentdata och data för deltagande i Horisont Europa är etablerade. För det framtida datadrivna strategiarbetet behövs dock kompletteringar med fler datakällor, exempelvis investeringsdata och data om startups och scaleups.

Den analysram och de analysmodeller som använts kan med fördel återanvändas och därmed göra det möjligt att arbeta rationellt och samtidigt utveckla effektiv kommunikation kring analyserna. Även verktyg och arbetssätt för enkäter, intervjuer och dialoger kan användas i fortsatt strategiarbete. Grundtanken är alltså att samma men utvecklade och kompletterade verktyg och metoder ska användas.

Rekommendationer:

- Etablera ett antal samverkande funktioner för koordinering och behovsanalys:
 - En myndighetsgrupp, exempelvis koordinerad av Vinnova, där VR och övriga forskningsfinansiärer ingår, samt relevanta myndigheter under exempelvis försvars- och utrikesdepartementen
 - En samarbetsgrupp bestående av de lärosäten som ligger i framkant när det gäller forskning om banbrytande och framväxande teknik
 - En nationell funktion där en utvald grupp teknikchefer på stora och framväxande teknik- och kunskapsintensiva företag bidrar med förslag till prioriteringar och behov
 - En koordinerande interdepartemental grupp på Regeringskansliet som är bemannad av personer med ansvar för teknikpolicy. Relevanta departement är exempelvis Statsrådsberedningen, Finansdepartementet, Utbildningsdepartementet, Utrikesdepartementet, Försvarsdepartementet, Klimat- och Näringslivsdepartementet)
- Ge Vinnova eller annan lämplig myndighet får ett resurssatt uppdrag att:
 - Koordinera och engagera ovan listade aktörer i en funktion för strategiska teknikprioriteringar för Sverige
 - I samarbete med andra relevanta myndigheter ta arbetet med kunskapsunderlag vidare i syfte att ta fram en strategisk teknikinriktning för Sverige. Denna bör innehålla en färdplan för de kritiska teknikområden som lyfts fram i denna rapport
 - Genomföra arbetet tillsammans med VR, Energimyndigheten, FMV, Fol, Försvarsmakten, Kommerskollegium och andra av regeringen utpekade

myndigheter. En delleverans bör vara ett förslag på satsningar inom ramen för Fol-propositionen vilket bör avrapporteras 25 juni 2025

- Hålla ihop, koordinera och publicera en uppdatering av kunskapsunderlaget minst vartannat år, med en första leverans i juni 2025, inför en föreslagen ökning av de statliga investeringarna i Fol under nästföljande år. Inför en uppdatering bör ramar diskuteras med Regeringskansliet, och relevanta myndigheter och andra aktörer involveras
- Undersöka värdet av och möjligheterna med en bredare process för strategisk framsyn kopplad till teknikutvecklingen
- Initiera och upprätthålla dialog med aktörer från centrala partnerländer, så som nordiska grannländer, USA och andra viktiga internationella partners

4 Underlag och analys

I kommande avsnitt presenteras analyser med utgångspunkt i de tio teknikområden som Europeiska kommissionen listat som kritiska för EU:s ekonomiska säkerhet i oktober 2023. Vart och ett av de tio områdena omfattar i sin tur ett varierande antal underområden vilket i sin tur innebär att ett 40-tal tekniker har innefattats i analysen. Urvalet av teknikområden har gjorts i enlighet med regeringsuppdraget.

Två huvudfrågeställningar har varit fokus för analyserna. Den första handlar om Sveriges internationella position och förutsättningar, dvs hur Sverige ligger till när det gäller forskning, patent, EU-deltagande, FoU-miljöer, innovationsekosystem och värdekedjor samt centrala mekanismer för stärkt konkurrenskraft. Den andra handlar om teknikområdets betydelse för olika värdekedjor som är viktiga för Sverige samt den globala utvecklingen.

Inga av teknikområdena eller delområdena inom dessa har odiskutabla operationella definitioner, avgränsningar, eller etablerade nomenklaturer. Därför har ett nödvändigt metodologiskt analyssteg varit att operationalisera teknikområdena för identifiering och sammanställning av data från olika datakällor.

Operationaliseringen av teknikområden och delområden har gjorts i form av booleanska söksträngar, i kombination med etablerade nomenklaturer för olika delar av teknikområdena.¹¹ Teknikområdena skiljer sig åt i fråga om tillgång till etablerade och operationaliserbara definitioner. Därför varierar operationaliseringarna av teknikområdena något. Identifieringen av nyckelord och utvecklingen av booleanska söksträngar har gjorts med stöd av AI. I vissa fall har EU tydliga definitioner kopplat till särskilda regleringar eller policyprioriteringar som använts.

Den kvantitativa delen av analysen har baserats på:

- Bibliometriska data, från Web of Science, analyserade med InCite analysverktyg
- Patentdata, från The Lens för patent i USPTO och EPO, analyserade i Dcipher
- EU-data, från EU:s Cordisdatabas, analyserade i Dcipher

I de kvantitativa analyserna av bibliometriska data har Sverige jämförts med 15 andra länder av jämförbar storlek som Sverige. Dessa länder är Australien, Belgien, Danmark, Finland, Grekland, Irland, Israel, Kanada, Nederländerna, Nya Zeeland, Norge, Portugal, Schweiz, Singapore och Österrike. Jämförelserna har gjorts i förhållande till de olika ländernas befolkningsstorlek. I analyserna av EU-data har Sverige jämförts med 10 av länderna ovan. De länder som exkluderats ur EU-jämförelserna är Australien, Kanada, Nya Zeeland och Singapore som inte är EU-länder och inte har omfattande deltagande i EU:s ramprogram för forskning och innovation. Dessutom har Schweiz exkluderats eftersom Schweiz endast deltar marginellt i det senaste ramprogrammet.

¹¹ Detta är ett metodologiskt viktigt och svårt analyssteg, som hanteras på likartade sätt i motsvarande analyser för nationella teknik- och innovationsprioriteringar i andra länder.

Två tidsperioder, 2013–2017 och 2018–2022, har använts för att analysera utveckling över tid i de bibliometriska analyserna respektive i patentanalyserna. I analyserna av EU-deltagandet har jämförelserna över tid i stället gjorts genom att jämföra utvecklingen i det förra ramprogrammet Horisont 2020, 2014–2020 med utvecklingen i EU:s nuvarande ramprogram, Horisont Europa, 2021–2027.

Därutöver har en kvantitativ analys över startups i svenska inkubatorer genomförts av SISP. Vidare har kvantitativa indikatorer från publicerade rapporter använts för jämförelser, där så varit möjligt.

Den kvalitativa delen av analysen har baserats på:

- Litteratur, internationell och nationell, analyserad i Dcipher
- Sektors-, bransch- och aktörsunderlag från svenska aktörer
- Enkätvar från olika aktörer som besvarat Vinnovas enkät inom detta uppdrag
- Intervjuer och dialoger med aktörer och intressenter
- Kartläggningar av forsknings- och teknikinfrastrukturer

I de kvalitativa analyserna har samlade bedömningar gjorts av olika teknikområdens betydelse för värdekedjor i dag och i framtiden.

Intervjuer har gjorts med representanter för ett antal företag som investerar stort i FoU i Sverige samt för myndigheter som är intressenter i uppdraget. Ett hundratal företag, myndigheter och organisationer har deltagit i rundabordssamtal. Det har även genomförts dialogmöten i andra organisationers regi, i vilka Vinnova deltagit. Exempel på sådana organisationer är IVA, Teknikföretagen, TechSverige och SISP. Vetenskapsrådet och RISE har varit engagerade i arbetet löpande, RISE har bidragit med en egen rapport kopplad till strategisk teknik för Sverige som använts som underlag i uppdraget¹².

Den enkät som har använts har besvarats av svenska företag med stora FoU-budgetar, teknik- och forskningsintensiva småföretag, branschorganisationer samt myndigheter med intresse i uppdraget. Enkäten skickades även till forskare och experter vid de tekniska lärosätena, samt till Vinnovas egna experter. 75 företag, organisationer och myndigheter samt 37 enskilda forskare har deltagit i enkätundersökningen. Distributionen har gjorts genom Vinnovas nätverk samt till övriga aktörer som hört av sig och velat bidra.

Operationaliseringar, olika datakällor och slutsatser baserade på kombinationer av olika datakällor för de mycket komplexa dimensionerna i regeringsuppdraget har inneburit stora metodutmaningar. Samtidigt har tiden för regeringsuppdraget varit mycket begränsad. Det är därför viktigt att understryka att analyserna bör tolkas med försiktighet och ses som preliminära analyser av dessa teknikområden och dess betydelse för Sverige. Data och analysmaterialet bakom de kortfattade analyserna i denna rapport medger avsevärt djupare analyser och analyserna kommer därför att fördjupas och uppdateras.

¹² [Strategiska teknikområden för Sverige | RISE](#)

Regeringsuppdraget har samtidigt genererat viktig metodutveckling och erfarenhet av denna typ av analys, som parallellt sker i flera andra länder, med liknande utmaningar. Detta har skapat metodologiskt och processmässigt värdefullt lärande för vidareutveckling och systematisk tillämpning i fortsatta analyser som underlag för teknik- och innovationsprioriteringar i det svenska policysystemet.

Användningen av en AI-baserad analysplattform, som kan hantera alla olika datakällor i ett sammanhang, driva och stödja operationaliseringar, analysera data på alla olika nivåer, möjliggöra korskopplingar och generera analysynteser har i detta sammanhang varit av avgörande betydelse. Erfarenheterna av verktyg och arbetssätt i detta sammanhang kommer att få stor betydelse i den fortsatta utvecklingen av metoder och arbetssätt.

I avsnitt 4.1–4.10 följer sammanställningar av de analyser som gjorts inom ramen för regeringsuppdraget. Svenska styrkor och svagheter på de tio teknikområdena har varit föremål för analysen, liksom tillämpningarnas för samhällsutveckling och konkurrenskraft. Det grundläggande syftet med analyserna är att ge underlag för förslag till prioriteringar i enlighet med regeringsuppdraget. Analyserna är baserade på såväl kvalitativa som kvantitativa underlag och gjordes mellan maj och oktober 2024.

Varje avsnitt inleds med en övergripande förklaring av respektive teknikområde¹³. Därpå följer en kortfattad presentation av resultaten av analyserna. Dessa beskriver Sveriges internationella position och förutsättningar samt utmaningar och möjligheter ur ett framtidsperspektiv. De övergripande slutsatserna illustreras i två diagram i slutet av varje avsnitt. I det ena görs en samlad bedömning av svensk konkurrenskraft i sex dimensioner: värdekedjor, Fol-miljöer, EU-deltagande, forskning, patent och innovationsekosystem (enligt skattningsskalan 0=lägst nivå; 10=högst nivå). I det andra görs en bedömning av teknikområdets betydelse för viktiga svenska värdekedjor (enligt skattningsskalan 0=ingen betydelse; 3=avgörande betydelse).

¹³ De grundläggande beskrivningarna av de tio teknikområdena är hämtade från Strategiska teknikområden för Sverige, RISE rapport 2024:73

4.1 Avancerad halvledarteknik

Halvledare är material som kan fungera både som ledare och isolatorer, beroende på hur den behandlas. Genom att tillsätta små mängder av andra ämnen (dopning) kan man ändra halvledarens elektriska egenskaper och kontrollera elektrisk ström. Avancerad halvledarteknik¹⁴ går bortom de grundläggande processerna och skapar högpresterande komponenter, vilket möjliggör högre prestanda, minskad storlek och bättre energieffektivitet.

4.1.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Halvledarindustrin är en av nutidens mest FoU-intensiva industrier. Den är en drivande kraft för tvärvetenskaplig forskning och sektorsövergripande innovationer på systemnivå. Sveriges styrkor i en internationell jämförelse finns på flera plan. Sverige har en bred forskningsbas och en särskilt stark internationell teknikposition inom kraft- och högfrekvenselektronik, fotonik, krets- och integrerad systemdesign samt material- och komponentteknik både inom SiC- och GaN-baserad teknik. I Sverige finns också ett starkt ekosystem som är ett resultat av långsiktiga satsningar på kompetenscentrum, strategiska innovationsprogram (SiP) och EU-samverkan. Dessutom finns i Sverige nya kompetenscentrum inom design och avancerade halvledartekniker samt tillämpningar som ClassIC, ACT, C3NiT och WiTech. Slutligen finns här stark kompetens i användningen av halvledare inom system-av-system, det vill säga en uppsättning av oberoende ingående system som samarbetar för nå överordnade mål. Denna kompetens finns representerad i stora företag inom transport, telekommunikation, energi och försvarsindustri.¹⁵

Dessa svenska styrkor återspeglas i god konkurrenskraft på den internationella forskningsarenan, särskilt inom mikroelektronik under perioden 2018–2022. Då var Sverige ledande i fråga om de 10 procent flest citerade publikationerna, liksom i i fråga om de 1 procent flest citerade publikationerna. Detta trots att forskare i Sverige publicerade jämförelsevis få artiklar. Inom patent visar Sverige en relativ styrka inom högfrekvenselektronik under 2013–2017 och 2018–2022.

För att minska sårbarheten och stärka konkurrenskraften står Europa inför ett stort och angeläget behov av att minska importberoendet av halvledare och halvledarteknologi från Nordamerika och Asien. Chips Joint Undertaking (JU), ett partnerskap inom EU:s ramprogram för forskning och innovation Horisont Europa, är det viktigaste instrumentet för detta. Sverige har kapacitet att bidra till såväl förstärkning av europeisk industris konkurrenskraft som en accelererad hållbarhetsomställning och starkare resiliens. Sverige deltar i totalt 57 projekt inom Chips JU och är rankat som nummer 9 när det gäller storleken på mottagna EU-medel. Inom material, processteknik och komponenter återfinns de flesta deltagarna vid universitet,¹⁶ forskningsinstitut, deeptech-bolag och i små och

¹⁴ Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Advanced semiconductors technologies (Microelectronics, including processors; Photonics technologies, including high energy laser; High frequency chips; Semiconductor manufacturing equipment at very advanced node sizes).

¹⁵ T.ex. NORTHVOLT AB, Alstom Rail SWEDEN AB, ERICSSON AB, SCANIA CV AB, STORA ENSO AB och ABB AB.

¹⁶ Chalmers tekniska högskola, Lunds universitet, Kungliga Tekniska högskolan och Linköpings universitet, som är mest framträdande.

medelstora företag (SMF). Stora bolag, SMF och universitet¹⁷ dominerar bland deltagarna inom inbyggda system och system-av-system. Sverige deltar också i 12 Eureka-projekt, som är viktiga för SMF och deeptech-bolag inom halvledarområdet. Totalt 67 tekniska utmaningar och samhällsomdaningar kopplade till mikroelektronikområdet identifieras på EU-nivå. Svenska insatser fokuserar på: 1) artificiell intelligens och digital industri, 2) koldioxidneutral mobilitet och transport och 3) differentierade teknikportföljer för att behålla ledarskap, suveränitet och en oberoende värdekedja på komponentnivå.

4.1.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

Drivkrafterna för halvledarutveckling har blivit mer komplexa och diversifierade och består av olika tekniska, politiska och sociala dimensioner. Ur Europas och Sveriges perspektiv innebär ett ökat fokus på hållbarhet och säkerhet att möjligheterna ökar för att driva utveckling och skapa konkurrensfördelar. Den globala konkurrensen, liksom behovet att minska beroenden och öka resiliensen i kritiska tekniker, har också drivit fram ett bredare angreppssätt för halvledare på EU-nivå. EU:s approach är nu mer strategisk, helhetstänkande och storskalig än tidigare. Chips JU har blivit ett bredare instrument. Programmet utgår från en modell för att ta halvledare från småskaliga laboratoriemiljöer till industriell tillverkning ("Lab-to-Fab") och grundas på offentligt-privata-partnerskap. De totala investeringarna, inklusive medfinansiering från näringsliv, uppgår till 50 miljarder kronor och skapar stora möjligheter för svenska aktörer, främst SMF och deeptech-bolag. Tonvikten ligger på ekosystemutveckling med nya och centrala inslag som prototyputveckling, pilotlinor samt kompetens- och kapacitetsutveckling. Chips JU har redan erbjudit svenska aktörer nya möjligheter, exempelvis en svensk nod (SCCC) i det europeiska nätverket för kompetenscentrum och att Sveriges kan delta i pilotlinan WBG.¹⁸

Sveriges utmaningar är dock betydande. Här finns nischartade styrkeområden, men dessa saknar kapacitet och strukturer för att skalas upp och integreras på systemnivå. Ett brett och starkt deltagande i Chips JU är beroende av såväl Sveriges forskningsexcellens och innovationskraft, som nivån på nationell medfinansiering. I nuläget ligger Sveriges nationella medfinansiering på en låg nivå jämfört med både stora och små medlemsländer. Detta har lett till att Sveriges deltagande saknar långsiktighet, koordinering och flexibilitet.

Halvledare avgör Europas och Sveriges konkurrenskraft och omställningstakt inom, i princip, alla digitala tekniker och dess tillämpningsområden. I den senaste rapporten från EU-kommissionen om framtiden för europeisk konkurrenskraft¹⁹, lyfts halvledare fram som ett av de mest strategiska teknikområdena – ett område som kräver dedikerade sektoriella strategier och långsiktiga FoU-satsningar. Finansiella resurser och kompetensförsörjning är de två viktigaste framgångsfaktorerna. Sveriges framtida konkurrenskraft inom halvledare förutsätter fyra åtgärder. För det första behövs en nationell strategi med riktade och nya medel i linje med EU:s strategi. Den bör kraftsamla ekosystemet och bidra till hela värdekedjan från material till system av system. För det andra behöver Sverige förnya och

¹⁷ Luleå tekniska universitet och Mälardalens universitet som mest framträdande.

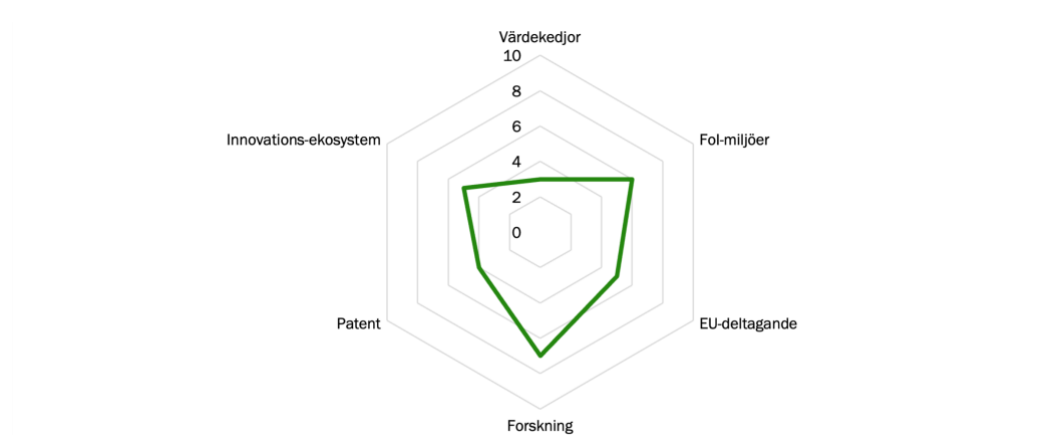
¹⁸ Advanced semiconductor devices based on Wide Bandgap (WBG) materials.

¹⁹ The future of European competitiveness, EU Commission, September 2024.

säkra breda och ackumulerade kompetenser och plattformar för samverkan. Dessa återfinns inom de pågående SiP:arna, till exempel Smartare Elektroniksystem. För det tredje behöver den befintliga spetsen i form av såväl forskningsexcellens som deeptech-bolag skalas upp mot tillämpningar på systemnivå. Sveriges deltagande i Chip JU behöver därmed förstärkas med både ökade finansiella resurser och bättre samverkan mellan myndigheter. Slutligen krävs insatser för internationella samarbeten i form av projektfinansiering, mobilitetstöd till forskare och insatser för att attrahera forskartalanger. Internationella samarbeten behöver stärkas både inom Europa och tillsammans med Asien inom Chips JU och Eureka, exempelvis med Sydkorea, Japan och Taiwan.

4.1.3 Visualisering av analysen

Bedömning av svensk konkurrenskraft inom teknikområdet



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Transport & mobilitet		Energ		Digital industri		Hälsa & sjukvård		Digitalt samhälle	
	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år
Mikroelektronik	2	3	1	3	2	2	1	2	1	3
Högfrekvenschips	2	3	1	2	2	3	1	2	1	3
Fotonik	1	3	1	2	1	2	1	2	1	3

4.2 Artificiell intelligens

Artificiell intelligens²⁰ (AI) har ingen vedertagen definition men refereras ofta som system som efterliknar mänsklig intelligens genom att lära sig av data och lösa problem autonomt. Maskininlärning är en gren av AI där system kan utveckla sig genom erfarenhet utan explicit programmering. Djupinlärning använder artificiella neuronnätverk för att analysera komplex information. Naturlig språkbehandling möjliggör för AI att förstå och generera mänskligt språk. Datorseende tillåter AI att tolka och analysera visuell information. Dessa teknologier tillsammans utgör grunden för olika tillämpningar inom AI, från smarta assistenter till avancerad bildanalys.

Edge computing innebär att data bearbetas nära källan där den genereras, snarare än att skickas till en central server eller datacenter för bearbetning. High performance computing (HPC) involverar användning av superdatorer och kluster av kraftfulla datorer för att lösa komplexa beräkningar och databehandlingsuppgifter på en mycket hög nivå.

4.2.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Sveriges internationella konkurrenskraft inom artificiell intelligens (AI) är väsentligt starkare inom näringslivet än inom landets forskningssystem. Jämförs patentering per capita ligger Israel främst bland 16 länder. Detta då amerikanska teknikbolag bedriver forskning och utveckling (FoU) där. Amerikanskt riskkapital backar också upp ett aktivt israeliskt nyföretagande. Även Schweiz, Singapore och Irland har fler patentansökningar per capita inom AI än Sverige. Men i fråga om patent där både uppfinnare och patentsökande är från samma land är endast Israel starkare än Sverige. Ericsson och Nokia svarar för drygt 40 procent av alla patent med kopplingar mellan uppfinnare och sökande från Sverige respektive Finland.

Svenska internationella framgångar inom internetbaserade tjänster som Spotify och Klarna har i hög grad byggt på avancerad användning av AI. Autonom framdrift av fordon och maskiner är också starkt beroende av AI och flera företag i Sverige är aktiva inom området sedan några år. Endast Israel är lika starkt jämfört med länder av samma storlek. Inom life science-industrin har AstraZeneca en stark forskningsmiljö inom AI i Sverige och har där varit en pionjär inom "research on deep learning for de novo drug design", enligt analysföretaget Clarivate. Sverige har också ett aktivt nyföretagande inom AI-området. Swedish AI Startup Landscape listar 196 företag, varav 24 anges bedriva FoU. Det är fler än i Nederländerna, nästan på Frankrikes nivå och en dryg fjärdedel av antalet i Tyskland, enligt motsvarande kartläggningar i dessa länder.

Det är svårt att göra internationella jämförelser mellan forskningssystem och forskningsmiljöer för AI, eftersom de bibliografiska databaserna för området är ofullständiga. Resultaten här är därför preliminära och bör tolkas försiktigt.

²⁰ Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Artificial intelligence technologies (High Performance Computing; Cloud and edge computing; Data analytics technologies; Computer vision, language processing, object recognition).

Sverige saknar framstående större forskningsmiljöer inom datavetenskap med stora inslag av AI. Relativt sett har dock Sverige under de senaste åren stärkt sin position. Bland de 16 jämförelseländerna hamnar Sveriges ledande Linköpings universitet på 43:e plats. De ledande forskningsmiljöerna finns i Singapore, Australien och Kanada. I europeisk jämförelse ligger Linköpings universitet på tolfte plats och i Norden på femte plats.

Tillämpning av AI har växt snabbare än mer renodlad datavetenskaplig AI-forskning. Cirka två tredjedelar av de vetenskapliga publikationerna som rör djupinlärning (del av det bredare maskininlärning) har fokus på specifika tillämpningar, i Sverige över 80 procent. Tillämpning av AI sker brett och ökar över de flesta forskningsfält. Ett av Sveriges styrkeområden är robotikforskning, som i hög grad bygger på "reinforcement learning". Forskningen koncentreras till KTH. AstraZeneca och Stockholms universitet utnyttjar framgångsrikt AI i sin forskning om proteiners struktur och interaktion. Bildanalys för olika typer av cancerdiagnostik är också relativt starkt i Sverige.

Genom Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse satsas sedan 2017 på maskin- och djupinlärning samt grundläggande matematik för AI. Satsningen ingår i ett större Wallenberg-initiativ (WASP), där även robotik och bildigenkänning ingår. Svensk forskningskompetens inom AI ökar. Men om Sveriges relativa position flyttas fram är svårbedömt, då andra länder också investerar betydande resurser.

Inom cloud and edge computing har flera universitet och företag solid forskning. Störst är KTH och Ericsson. KTH ligger också långt framme inom högpresterande datorbearbetning (HPC).

I november 2023 gjordes en svenskspråkig språkmodell, GPT-SW3, allmänt tillgänglig. AI Swedens grupp för naturlig språkbearbetning var drivande. Nu har gruppen en central roll i arbete på EU-nivå för att utveckla en språkmodell som ska klara alla europeiska språk.

4.2.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

Sverige och Europa är idag starkt beroende av amerikanska teknikbolag för utveckling av och tillgång till AI-tekniker. För att öka självständigheten gör EU en rad insatser. Sverige behöver aktivt delta i sådana för att säkerställa tillgång till teknik och infrastruktur och för att driva frågor kring integritet, jämställdhet, säkerhet, etik och "förklarbar" AI.

Utveckling och användning av AI-tekniker är fortfarande i ett tidigt skede. Fokus just nu ligger på utveckling av stora språkmodeller. Oavsett Sveriges position idag erbjuder användningen av dessa och andra nya tekniker stora möjligheter för Sverige. Exempel på ett område där svenska styrkor kan komma till sin rätt är AI-tekniker baserade på nätverk av lokal bearbetning av måttliga datamängder i realtidstillämpningar.

Sverige har en unik kombination av stora etablerade teknikbolag (Ericsson, Saab och ABB), många stora tillverkningsföretag inom fordon och maskiner och ett starkt innovationssystem av framgångsrika unga IT-företag. De har bred och djup teknisk och industriell kompetens och erfarenheter av avancerad användning av AI. Genom att kom-

binera kompetenser från olika företag kan innovativa AI-baserade lösningar i världsklass utvecklas. En illustration är projekten för autonoma gruvor som aktörer i Sverige genomfört, vilka sedan skalats upp till fler EU-aktörer.

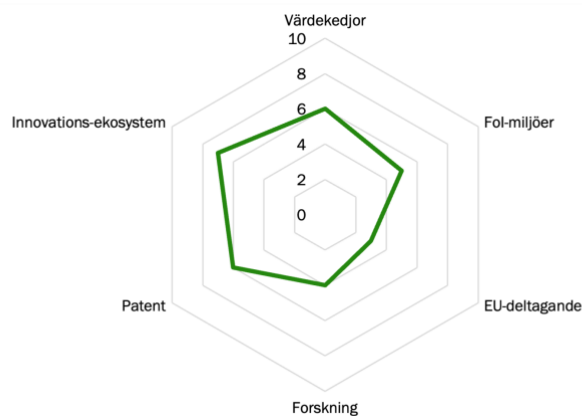
Delning av data som tar hjälp av AI i kombination med tekniker för konnektivitet kommer att få stor roll för företag som behöver kunskap om sina värdekedjor. Globala svenska företag bör kunna bidra till konkurrenskraftiga lösningar.

AI-kompetensen i det svenska forskningssystemet behöver stärkas på bred front, såväl grundläggande som mer tillämpningsorienterad. Det är avgörande för svensk forsknings konkurrenskraft. Det är också nödvändigt för att forsknings- och utbildningssystemet ska ge tillräckligt stöd för AI-relaterad utveckling i näringsliv och offentlig sektor, liksom för etablering av nya kunskapsintensiva företag.

Integrationen av AI i olika forskningsområden är en krävande process som kräver investeringar i kompetensuppbyggnad, infrastruktur i form av datorkapacitet och kurerade data samt långsiktiga projekt där olika kompetenser kan kombineras. För att klara detta krävs nya initiativ. Life science, medicin och materialvetenskap är starka svenska FoU-områden där mer systematiskt arbete med att integrera AI bör ha potential. Internationellt görs satsningar på att kombinera AI, HPC, kvantteknik och robotik för att accelerera forskningsprocesser. Sverige behöver delta i denna utveckling.

4.2.3 Visualisering av analysen

Bedömning av svensk konkurrenskraft inom teknikområdet



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Kommunikations-system		Fordon och maskiner		Energisystem		Processindustri		Life science och hälsa		Internetbaserade konsumenttjänster	
	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år
Grundläggande AI-tekniker	3	3	2	3	1	3	1	2	1	3	3	3
Datorseende, språkbehandling och objektigenkänning	2	2	1	3	1	1	1	1	2	3	1	1
Tekniker för datanalis	2	3	1	3	1	3	1	2	2	3	3	3
Molnsystem och edge computing	3	3	1	3	1	3	1	2	1	2	2	3
Högpresterande datorer och datoranvändning	2	3	2	3	1	2	1	1	2	3	2	2

4.3 Kvantteknik

Kvantteknik²¹ är ett teknikområde som baseras på ickebinära kvantmekaniska fenomen såsom superposition, sammanflätning och klämda tillstånd. Tekniken handlar om förmågan att kontrollera och manipulera enstaka kvantsystem, som enstaka atomer, elektroner och fotoner. Kvantteknik delas vanligtvis in i fyra underområden: kvantdatorer, kvantsimulatorer, kvantkommunikation och kvantsensorer. Kvantteknik har potential att påverka många samhällsområden, såsom informationsteknik, hälsa, energisystem, ekonomi och säkerhet. Kvantberäkningar kan optimera energiproduktion, logistik, materialdesign och klimatmodellering. Detta kan leda till mer hållbara energikällor och minskad miljöpåverkan.

4.3.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Genom en kombination av högkvalitativ forskning och växande internationell samverkan har Sverige etablerat sig som en global aktör inom kvantteknologier. Den akademiska forskningen är högt citerad i relation till storleken på befolkning. Forskning bedrivs inom kvantteknologins alla fyra delområden: kvantdatorn och/eller beräkningar, kvantsimuleringar, kvantkommunikation, kvantsensorer/mätningar. Kvantsimulering och kvantkryptografi utgör styrkeområden, där svenska aktörer har uppvisat en stabil ökning av internationellt uppmärksammade vetenskapliga artiklar de senaste åren. Wallenberg Centre for Quantum Technology (WACQT) har varit en viktig etablering för Sveriges utveckling inom kvantteknologi. Centret främjar forskning och utveckling inom så gott som alla kvantteknologins delområden. Fokus för WACQT har emellertid varit att bygga en supraleddande kvantdator, en av fler konkurrerande plattformar på den globala marknaden.

Trots en relativt stark forskningsbas står Sverige inför flera utmaningar när det gäller att omvandla forskningsresultat till innovation och kommersiella tillämpningar. Jämfört med ledande länder, såsom Schweiz och Israel, har Sverige en relativt låg patentaktivitet. Det indikerar ett glapp mellan akademisk och tillämpad forskning och industriell innovation. Detta adresseras även i det underlag som Vetenskapsrådet presenterade för regeringen i sitt uppdrag att föreslå en svensk nationell kvantstrategi. För att skapa förutsättningar för effektiv tekniköverföring och för att patentaktivitet ska öka, betonar Vetenskapsrådet att det bland annat behövs sektorsöverskridande FoU-miljöer och en större samordning mellan akademiska och industriella aktörer.

Sverige har ett nära internationellt samarbete med flera länder. EU-initiativ såsom programmet Quantum Technologies Flagship bidrar till att stärka Sveriges position inom EU och säkerställer tillgång till resurser och finansiering. Sverige har även etablerat strategiska allianser inom Norden och med USA, som ytterligare ökar Sveriges konkurrenskraft. I underlaget till en svensk kvantstrategi understryks vikten av att Sverige ökar såväl nordiska som internationella forskningssamarbeten. Den svenska närvaron i Nato och EU behöver

²¹ Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Quantum technologies (Quantum computing; Quantum cryptography; Quantum communications; Quantum sensing and radar).

också stärkas. Inte minst kan internationella samarbeten ge möjligheter för Sverige att vara med och forma framtidens standarder och ramverk.

För att maximera fördelarna som samverkan medför, bör Sverige i större utsträckning integrera forskningsinsatser med industrins behov. I underlaget till en svensk kvantstrategi föreslås att Sverige etablerar nationella strategiska satsningar som knyter samman aktörer i hela värdekedjan, från grundforskning till kommersialisering. Man kan exempelvis fokusera på att utveckla kommersialiserbara lösningar inom kvantkryptografi och kvantsensorer. Inom dessa områden har Sverige redan en stark forskningsnärrvaro. Samtidigt sägs i underlaget att det är viktigt att fortsätta investera i forskningsinfrastruktur och utbildningsprogram som kan säkerställa tillgången till kvalificerad arbetskraft med kompetens inom kvantteknologi. Genom att satsa på kvantteknologier skapas förutsättningar för nationell säkerhet och rådighet. En konkurrenskraftig industri inom området kan också bidra till en hållbar ekonomisk tillväxt och teknologisk utveckling.

4.3.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

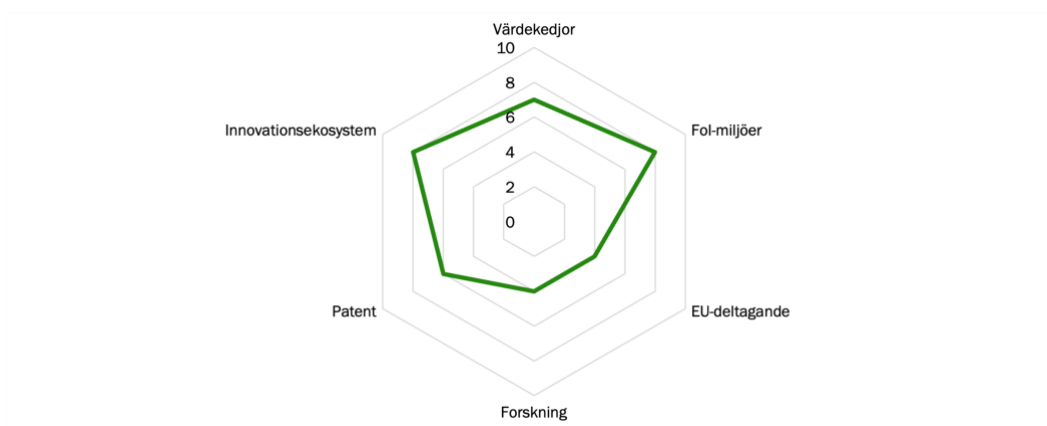
Sverige bör ta tillvara möjligheterna att stärka den industriella tillämpningen av den akademiska kvantforskning som bedrivs i landet. För att realisera och stärka potentialen måste Sverige fortsätta att bygga på det starka forskningsfundament som finns. Man kan utöka innovationsförmågan genom att forma ett mer integrerat och sammanhängande ekosystem för forskning och utveckling. Enligt underlaget till en svensk kvantstrategi finns behov av att skapa flera sektorsöverskridande Fol-miljöer som kan fungera som knutpunkter för att samla aktörer från akademi, institut, näringsliv och offentliga organisationer. En sammanhållen statlig finansiering av forskning och innovation som samverkar med privat finansiering från näringsliv och riskkapital skulle ge Sverige möjligheter – ett ekosystem som attraherar och behåller kompetens och som tillämpar akademisk forskning för att skapa en konkurrenskraftig industri och ett resilient samhälle. Inom kvantdatorer har Sverige potential att vidareutveckla kapacitet inom algoritmutveckling och felkorrigeringstekniker för den supraledande variant av kvantdator som byggs inom WACQT. Dessa områden är avgörande för att övervinna tekniska hinder kopplade till skalbarhet och stabilitet hos kvantdatorer och ta dem ett steg närmare en användning utanför forskningsmiljön. Här kan riktade satsningar på utbildning och forskningsinfrastruktur spela en central roll för att skapa en kritisk massa av kompetens, som kan driva den teknologiska utvecklingen framåt.

Inom kvantkryptografi har Sverige möjlighet att spela en nyckelroll i utvecklingen av kvantsäkra kommunikationssystem. Genom att stärka kompetens inom kvantresistenta kryptografiska metoder kan Sverige vara med och forma framtidens standarder för digital säkerhet. En förutsättning är då att svenska aktörer deltar i de europeiska projekt som syftar till att etablera ett gemensamt europeiskt nätverk för kvantkommunikation. Ett sådant ska möjliggöra säker dataöverföring över långa avstånd. Därmed skulle man kunna skydda känslig information inom såväl den offentliga som den privata sektorn.

Inom kvantsensorer och kvantradar har Sverige en stark forskningsposition, som kan nyttjas för att utveckla nya tillämpningar inom exempelvis miljöövervakning, medicinsk bildbehandling och resursprospektering. I underlaget till en svensk kvantstrategi finns förslag om att Sverige tydligare fokuserar på testbäddar och pilotlinor som stödjer dessa insatser. Inom varje kvantteknologiskt delområde finns konkurrerande teknologier, som är mer eller mindre nära kommersiella genombrott. På grund av denna osäkerhet om vad som kommer att visa sig framgångsrikt, är det strategiskt viktigt att bygga en bred kompetens. Likaså är det nödvändigt att samarbeta med vänligt sinnade länder och ha rådighet att utnyttja de möjligheter som visar sig inom Sveriges styrkeområden. En del av en sådan strategi skulle även kunna innebära mer riktad stimulans till underleverantörskedjor inom området och deras ekosystem. I dag finns leverantörer av hårdvarukomponenter till den kvantdator som WACQT bygger, vilka har sin kompetensbas inom etablerade industrier såsom mikroelektronik och fotonik, (den senare industrin tillverkar kristaller till lasrar för kvantkommunikation). I framtiden kan dessa leverantörer utvecklas till bolag som bygger vidare på Sveriges styrkeområden inom exempelvis materialutveckling eller teknologi för halvledare/chips. I underlaget för en svensk kvantstrategi tydliggörs att det är avgörande med en nationell samordning för att stärka Sveriges ekosystem för kvantteknologi. Sverige måste säkerställa att landet effektivt kan delta i internationella samarbeten och attrahera, men även konkurrera med ledande nationer. För att realisera strategins mål måste Sverige fortsätta att dra till sig internationell kompetens, investera i kritisk infrastruktur/testbäddar samt etablera långsiktiga forsknings- och innovationssatsningar. Utvecklingen av kvantteknologi är ett globalt åtagande som kommer att kräva samarbete mellan aktörer som litar på varandra. Nordens konkurrenskraft skulle öka genom samarbete i fråga om strategier, delade infrastrukturer/ testbäddar och gemensamma innovationsfinansieringar. Konkurrenskraften skulle även förbättras för varje ingående land.

4.3.3 Visualisering av analysen

Bedömning av svensk konkurrenskraft inom teknikområdet



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Life Science		Livsmedel		Skogsvärdekedjor		Rening och utsläppsreduktion		Återvinning & cirkularitet		Energisystem		Försvar	
	Nuläge	5 < år	Nuläge	5 < år	Nuläge	5 < år	Nuläge	5 < år	Nuläge	5 < år	Nuläge	5 < år	Nuläge	5 < år
Kvantdatorer	1	3	0	2	0	1	0	2	0	2	1	2	1	3
Kvantkryptografi	1	2	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1
Kvantkommunikation	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Kvantsensorer och radar	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1

4.4 Bioteknik

Bioteknik²² är tillämpningen av vetenskap och teknik på levande organismer, liksom på delar, produkter och modeller av dessa, i syfte att ändra levande eller ickelevande material och producera kunskap, varor och tjänster. Exempel på två delområden inom bioteknik är geneditering vilket innebär förmågan att ändra i DNA och syntetisk biologi som innebär förmågan att syntetiskt designa och skapa levande organismer.

4.4.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Sverige har en internationellt konkurrenskraftig forskning inom de analyserade bioteknikområdena. Bland dessa framstår Sverige emellertid som svagast inom syntetisk biologi. I förhållande till olika länders storlek når Sveriges vetenskapliga konkurrenskraft inte upp i samma nivå som Schweiz och Danmark, men är relativt jämbördig med dessa länder i absoluta tal. Sverige har stark bioteknikforskning vid ett relativt stort antal forskningsmiljöer, där Karolinska Institutet totalt sett ligger i topp. Schweiz och Danmark har emellertid fler konkurrenskraftiga forskningsmiljöer i förhållande till ländernas storlek. Sverige är ett litet land i det globala forskningslandskapet, där stora länders forskningsmiljöer ofta är större än de som finns i Sverige. Ändå placerar sig Karolinska institutet bland de 10 främsta forskningsmiljöerna inom bioteknik totalt. Men Sverige har i absoluta tal ingen forskningsaktör bland världens 30 ledande i vetenskaplig publicering inom de fyra områden inom bioteknik som finns på EU:s lista över kritiska tekniker.

Även i patentering är Sveriges konkurrenskraft god, men i förhållande till länders storlek är den väsentligt svagare än i Schweiz och Danmark. I synnerhet gäller det syntetisk biologi och tekniker för genetisk modifiering. Astra Zeneca och andra globala läkemedelsföretag, som UpJohn och Cytiva Sweden, dominerar Sveriges patentering. Men ett antal bioteknikbolag, främst Albireo, 10X Genomics och Oblique Therapeutics har också en betydande patentering, liksom forskare vid ledande svenska forskningsmiljöer. Utvecklingen för Sveriges konkurrenskraft i forskning och patentering har varit relativt stabil mellan perioderna 2013–2017 och 2018–2022

Sverige har ett högt EU-deltagande inom alla områden relaterade till bioteknik och har stärkt sin medverkan något mellan Horisont 2020 och Horisont Europa.²³ Svenskt deltagande inom bioteknik är starkare än inom de flesta andra FoU-områden i EU:s ramprogram. Framför allt gäller det medverkan inom ERC, det vill säga projekt för vetenskaplig utveckling, och EIC, som finansierar utveckling och uppskalning av banbrytande teknik. Sverige har även stort deltagande inom övriga delar av EU:s ramprogram, som framför allt syftar till tillämpning av FoU. Särskilt gäller det bioteknik för hälsa, i huvudsak medicinsk bioteknik. Sverige deltar däremot i lägre utsträckning i

²² Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Biotechnologies (Techniques of genetic modification; New genomic techniques; Gene-drive; Synthetic biology).

²³ Noteras bör att Horisont Europa startade 2021 och att huvuddelen av budgeten återstår att fördela.

program som gäller biotekniska tillämpningar inom livsmedel, bioekonomi, jordbruk och miljö respektive andra industriella tillämpningar.²⁴

Sverige har ett antal internationellt starka FoU-miljöer och infrastrukturer för forskning, teknik och innovation inom bioteknik, däribland SciLifeLab, Biotech Heights, CCRM Nordic, Testa Center, NorthXBiologics Innovation Hub och Astra Zeneca BioVentureHub. De stora forskningsinfrastrukturerna Max IV och ESS möjliggör också avancerad bioteknisk forskning och teknikutveckling.

Life science, med tyngdpunkt på läkemedel och medicinsk teknik, är en internationellt konkurrenskraftig industri i Sverige. Ett stort globalt företag dominerar, Astra Zeneca, men life science-industrin i Sverige omfattar totalt drygt 3800 företag. De flesta är små och teknikintensiva.²⁵ Life science är ett drivande utvecklingsblock för Sveriges FoU inom bioteknik och kombinerar konnektivitet, autonoma system och artificiell intelligens med avancerad bioteknik. Däremot har Sverige en svagare industriell position för tillämpningar av bioteknik kopplat till livsmedelssystem, respektive miljö och rening, kolavskiljning och bioenergi. Här finns dock stora tekniska möjligheter, framför allt baserade på syntetisk biologi. Det finns också många lovande initiativ och företag. Den industriella basen är emellertid begränsad, eftersom innovationsekosystemet ännu präglas av ett svagare utvecklat samspel mellan FoU i näringslivet och internationellt ledande forskning.

4.4.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

Det finns behov av global transformation av värdekedjor för precisionshälsa, livsmedel, energi, klimat, bioekonomi och biobaserade material. Bioteknik har betydande potential att driva sådana transformationer.²⁶ I takt med att dessa globala behov genererar växande efterfrågan på innovativa lösningar kan stora tillväxtpotentialer skapas för Sverige. Det förutsätter dock att den utvecklingskraft som finns i bioteknik kopplat till life science, på kraftfullare sätt än hittills, ger spridningseffekter för avancerad bioteknisk FoU i andra värdekedjor. Sverige har i detta avseende en viktig styrka i förmågan att binda samman och samverka över olika värdekedjor, respektive över olika teknik- och forskningsområden. Bioteknikutvecklingen är nära förbunden med och beroende av den snabba digitala utvecklingen – konnektivitet, autonoma system och artificiell intelligens, som i viktiga avseenden är industriella styrkeområden i Sverige.

De största utmaningarna för utvecklingen av bioteknikbaserat värdeskapande i Sverige är sannolikt inte enbart forskningsmässiga eller tekniska. Avgörande kommer att bli hantering av marknadsmässiga, institutionella och policymässiga trögheter för transformation av livsmedelssystem, energisystem, bioekonomi, miljö och klimat. För att realisera den tekniska potentialen i avancerad bioteknik krävs systeminnovation som genererar ökad efterfrå-

²⁴ Vinnova, Horisont Europa – årsbok 2023, Svenskt deltagande i EU:s ramprogram för forskning och innovation, [Horisont Europa – årsbok 2023](#)

²⁵ Vinnova, Statistik över svenska life science-företag, VR 2024:12, [Statistik över svenska life science-företag](#)

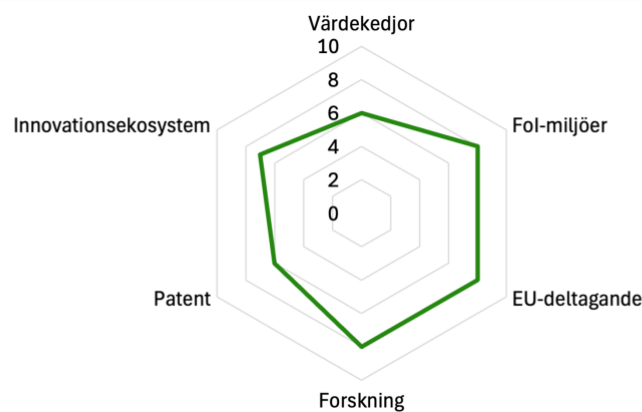
²⁶ Vinnova, Friberg, L., Syntetisk biologi, ett framväxande teknikområde för Sverige, oktober 2024, [Syntetisk biologi. ett kritiskt teknikområde för Sverige](#)

gan och utvecklingsdrivande samverkan, på global, europeisk och nationell nivå. Utvecklingen av internationella och nationella policyer för detta blir betydelsefullt.

Sverige har goda möjligheter att genom samverkan inom EU generera uppväxling av Sveriges Fol-investeringar för life science, livsmedelssystem, energi, miljö, klimat och nya material. Det finns även betydande potential i nordisk samverkan, då Norden är avsevärt starkare i global konkurrens än Sverige ensamt. Danmark är starkast i Norden och danska Novo Nordisk är en av världens största Fol-investerare inom bioteknik.²⁷ Det finns även betydande möjligheter i NATO-samverkan inom bioteknik för försvarsbehov, särskilt med fokus på civil-militära synergier. Sverige har också potential att stärka det relativt väl utvecklade startup-ekosystemet inom bioteknik, genom bättre incitament och ökade resurser för uppskalning mot viktiga samhällsutmaningar och industrimöjligheter. EU, i synnerhet EIC, och internationell samverkan ger här stora möjligheter.

4.4.3 Visualisering av analysen

Bedömning av svensk konkurrenskraft inom teknikområdet



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Life Science		Livsmedel		Skogsvärdekedjor		Rening och utsläppsreduktion		Återvinning & cirkularitet		Energisystem		Försvaret	
	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år
Genomik & genetisk sekvensiering	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Teknik för genetisk modifiering	3	3	2	3	2	3	0	1	0	0	0	0	0	2
Nya genomtekniker	3	3	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Gendrivare	1	2	1	3	1	3	1	2	0	0	0	0	0	0
Syntetisk biologi	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	0	2

²⁷ Novo Nordisk är idag även Europas största börsnoterade bolag

4.5 Avancerad konnektivitet

Avancerad konnektivitet, navigation och digital teknik²⁸, med 5G- och 6G-nätverk och avancerad satellitkommunikation möjliggör teknikutvecklingen inom alla teknikområden samtidigt som det i hög grad påverkar den globala samhällsutvecklingen,. Dessa teknologier möjliggör effektiva globala positioneringssystem och avancerade virtuella verklighets-upplevelser. Området omfattar även sakernas internet (IoT), där enheter kommunicerar och automatiseras, samt virtual reality (VR), som förbättrar användarinteraktion och simulering. Cybersäkerhet är kritisk för att säkra dessa teknologier och skydda mot digitala hot och intrång.

4.5.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Telekommunikationsnätet, det fasta och mobila i samverkan, är grunden för konnektivitet. Samhället började på allvar använda mobil datakommunikation för cirka 25 år sedan. Sedan dess har arten och graden av digitalisering blivit alltmer beroende av prestanda i infrastrukturen för mobil kommunikation. Området har länge varit ett svenskt styrkeområde industriellt, forskningsmässigt och i fråga om infrastruktur och användning. Ericsson är den dominerande aktören och ett av världens ledande företag i utveckling av mobil infrastruktur. Sverige har fortfarande starka forskningsmiljöer, men deras relativa position i förhållande till de främsta i världen har under senare år försvagats. Allvarligt är att Sverige sent började bygga ut mobilnätet med den senaste 5G-tekniken. Det riskerar att hålla tillbaka utvecklingen i Sverige av mobilnätbaserade lösningar i världsklass.

Utbytet av information och data över kommunikationsnät växer exponentiellt och innehåller alltmer känsliga data. Samtidigt ökar behovet att säkerställa säkerhet och integritet i kommunikation och dataöverföring liksom svårigheterna i att klara den uppgiften. Svenska företags patentering inom cybersäkerhet domineras av Ericsson, men avser främst integriteten i själva mobilnäten. Företag i Sverige är endast medelmåttigt aktiva inom andra delar. Forskning med koppling till cybersäkerhet framstår som ett tämligen svagt område. Och inom blockkedjeteknik har Sverige en undanskymd plats i såväl näringsliv som forskning.

Innebörden av delområdet "styrning, navigering och kontroll" är oklar. Om framdrift av vägfordon och mobila maskiner ingår, har Sverige en unikt stark position bland jämförbara länder. Näringslivet bedriver här en bred utveckling kring autonoma system. Företagens patentering inom delområdet virtuell verklighet (inklusive så kallad förstärkt och blandad verklighet) är däremot blygsam i Sverige. Detsamma gäller forskningen. Kompetensen som finns i Sveriges snabbt växande datorspelindustri representerar dock en viktig resurs för framtida utveckling av olika tillämpningar av "immersiva tekniker".

²⁸ Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Advanced connectivity, navigation and digital technologies (Secure digital communications and connectivity, such as RAN and Open RAN-Radio Access Network and 6G; Cyber security technologies incl. cyber-surveillance, security and intrusion systems, digital forensics; Internet of Things and Virtual Reality; Distributed ledger and digital identity technologies; Guidance, navigation and control technologies, including avionics and marine positioning).

Ericsson, liksom finska Nokia, är ett globalt företag med FoU i många länder. Företaget samarbetar världen över med forskningsorganisationer, operatörer och andra organisationer, bland annat inom ramen för EU:s FoU-program. EU:s satsning på samarbete inom kommunikationsteknik är under det pågående Horisont Europa koncentrerad till ett partnerskap för smarta nätverk och tjänster. Ericsson är där den enskilda aktör som hittills gjort störst insats. Cirka en tredjedel av Ericssons medverkan i partnerskapet avser FoU som bedrivs i Sverige. Sveriges totala deltagande i partnerskapet är emellertid väsentligt mindre än för ett flertal andra jämförbara länder.

4.5.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

Sedan några år pågår FoU för att definiera önskvärda och möjliga egenskaper hos den kommande generationen mobil kommunikation (6G) och för att utveckla en internationell standard för denna. Konkurrerande visioner finns och frågan är vilka egenskaper som kommer att få störst tyngd. Utöver fortsatt utveckling av snabbare överföring av allt större datamängder förväntas omfattande och komplex bearbetning av data med hjälp av artificiell intelligens i själva kommunikationsnätverken. Att utveckla radikalt energisnåla metoder för överföring och bearbetning av data blir också viktigt, liksom satellitkommunikation i 6G. Skydd mot avsiktliga störningar i satellitbaserade navigeringssystem (GNSS) är ett viktigt insatsområde.

Generellt kommer digitala och fysiska verkligheter att integreras närmare varandra. Gränserna mellan de två blir allt svårare att definiera. En vision är att fysiska enheter som kopplas samman i "sakernas internet" ska kunna kommunicera och interagera direkt med varandra autonomt utan mänsklig intervention. Industriell tillverkning, transporter, energisystem och miljöövervakning ses som tidiga och stora användningsområden. Med Sveriges industristruktur finns här stora utvecklingsmöjligheter.

Gränserna mellan digital och fysisk verklighet kan också komma att lösas upp genom att den mänskliga kontakten över kommunikationsnätet kommer att omfatta fler sinnen. Känslan av att uppleva verkligheten på en annan plats än där man befinner sig blir mer äkta i framtiden.

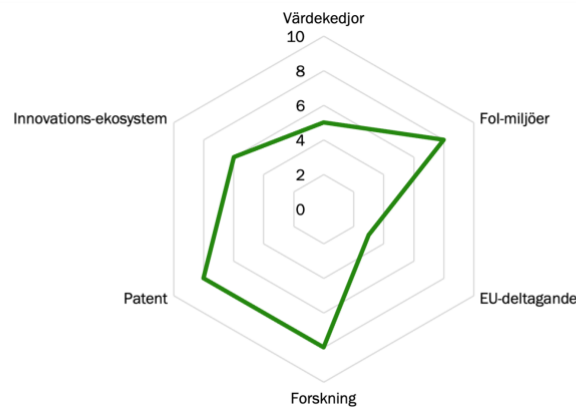
Kommunikationsteknik är ett kritiskt teknikområde som många länder vill påverka och dra nytta av. Området är också en bricka i det geopolitiska spelet, framför allt i kraftmätningen mellan USA och Kina. Andra länder har också gjort stora satsningar. Inom ramen för sitt EU-finansierade återhämtningsprogram tillför Tyskland 700 miljoner euro till 6G under 2021–2025. Inom denna ram delar fyra forskningshubbar på 250 miljoner euro och ska bland annat bygga upp testmiljöer för praktiska tillämpningar av 6G. Finland startade 2018 ett forskningsprogram som rörde internationell uppmärksamhet, "6G Flagship", som finansieras av staten och företag, inklusive Nokia. Japanska regeringen å sin sida satsade drygt 80 miljarder kronor på "bortom 5G och 6G" i flera ekonomiska stimulanspaket under 2022–2023. Även Storbritanniens förra regering har pekat ut telekommunikation som en av fem kritiska teknikområden.

Utvecklingen av systemlösningar för mobil kommunikation är globalt begränsad till en handfull företag. Inget av dessa är amerikanskt, vilket för USA uppfattas som ett problem som behöver åtgärdas. USA verkar därför aktivt för att Open-RAN (öppna nätverk för radioaccess) ska bli modellen för framtida utveckling av mobila nätverk. Open-RAN innebär att gränssnitten mellan de olika delsystemen i mobilnätverk standardiseras och delsystemen öppnas för ökad konkurrens. Bland annat förväntas programvaruföretag i USA spela en ökad roll. Bedömningar om när och i vilken grad Open-RAN får kommersiellt genomslag varierar. Politiska initiativ i denna riktning har även tagits i bland annat Japan, Tyskland och Storbritannien.

Det ökade politiska intresset för kommunikationsteknik gör att den industriella och forskningsmässiga kompetens som finns i Sverige inom området blir än mer värdefull. Men samtidigt ökar den internationella konkurrensen för såväl företag som forskning, vilket ökar behovet av insatser för att Sverige ska kunna behålla sin framskjutna position. Utvecklingen mot starkare integration av kommunikationsteknik med andra digitala tekniker innebär också ökad konkurrens och att behovet av en stark forskningsbas vidgas till fler områden, inte minst AI, halvledar- och immersiv teknik. Därför blir det också viktigare med samarbete med andra länder för att få tillgång till kompletterande teknik och kompetens inom områden där Sverige är svagt.

4.5.3 Visualisering av analysen

Bedömning av svensk konkurrenskraft inom teknikområdet



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Kommunikations-system		Fordon och maskiner		Energisystem		Processindustri		Life science och hälsa		Internet-baserade konsumenttjänster	
	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år
Säker digital kommunikation	3	3	2	3	2	3	1	2	1	2	3	3
Sakernas Internet	3	3	2	3	2	3	1	2	1	1	1	2
Virtuell verklighet	1	2	1	3	0	1	0	2	1	2	2	3
Cybersäkerhet	3	3	2	3	3	3	1	2	2	3	2	3
Blockkedjeteknik	1	2	0	1	1	2	0	1	0	2	1	2
Styrning, navigering och kontroll	0	1	2	3	0	0	1	3	0	0	0	0

4.6 Avancerad sensorteknik

Avancerad sensorteknologi²⁹ omfattar sensorer som går bortom grundläggande mätningar av temperatur, tryck och ljus. Dessa sensorer kan detektera och analysera komplexa data för att ge detaljerade insikter om omvärlden. Exempel inkluderar biosensorer för att detektera biologiska molekyler som DNA och proteiner, bildsensorer som tar högupplösta bilder och video, LiDAR som skapar 3D-kartor med laserpulser, samt tröghetsensorer för att mäta rörelse och acceleration. Denna teknologi används i hälso- och sjukvård för diagnos och övervakning, miljöövervakning för att spåra föroreningar och klimatförändringar, säkerhet för hotdetektering, autonoma fordon för navigering och industriell automation för styrning av maskiner.

4.6.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Sverige har etablerat sig som en ledande aktör inom avancerad sensorteknik och uppvisar stark forskningskapacitet inom ett brett spektrum av områden, däribland tröghetsensorer, radar, 3D-kameror och elektroniska gassensorer. Svenska forskare är väl representerade i högt rankade internationella publikationer. De bidrar till utvecklingen av nya tekniker och lösningar som är centrala för detta snabbt växande teknikområde. En stark nationell forskningsinfrastruktur möjliggör samarbeten mellan universitet, forskningsinstitut och industrin, vilket främjar innovation inom exempelvis miljöövervakning, medicinsk teknik och försvarsapplikationer.

Sverige har en stark ställning inom elektro-optiska sensorer och radar, både när det gäller akademiska genombrott och tekniska innovationer. Forskningen stöds av starka industriella partnerskap med företag som Saab och Ericsson, som integrerar teknologierna i säkerhetssystem och andra högteknologiska applikationer. Svensk forskning inom kemisk och biologisk sensorteknik ligger också i global framkant – forskningsområden som är avgörande för bland annat biomedicinska tillämpningar och säkerhet där precision och känslighet är av avgörande betydelse.

Virtuella sensorer, där mjukvarulösningar används för att beräkna fysikaliska storheter baserat på andra mätningar, är en framväxande trend med stor potential, särskilt genom integrationen av smartare mjukvara och artificiell intelligens. Inom styrkeområden som materialvetenskap och avancerad dataanalys har Sverige en stark grund för utveckling av nya sensortillämpningar som baseras på AI och maskininlärning. Forskare vid svenska institut har redan påbörjat arbete med att exempelvis integrera smarta sensorer i autonoma system och applikationer för Internet of Things (IoT) vilket kan främja innovation inom både civil och militär teknik. Applikationer inom biologiska och kemiska sensorer för miljöövervakning, hälsovård och livsmedelssäkerhet är ett annat snabbt växande område där svenska aktörer gjort framsteg.

²⁹ Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Advanced sensing technologies (Electro-optical, radar, chemical, biological, radiation and distributed sensing; Magnetometers, magnetic gradiometers; Underwater electric field sensors; Gravity meters and gradiometers).

Genom samarbeten med ledande europeiska forskningsinstitut och företag har svenska aktörer fått tillgång till viktiga resurser. Samverkan har också gett möjlighet för Sverige att driva spetsprojekt inom områden som undervattenssensorer och distribuerade sensorsystem. Inom Horisont Europa har svenska forskare spelat en central roll i utvecklingen av sensorer för realtidsövervakning av marin miljö och säkerhet. För att ytterligare stärka Sveriges globala position inom sorteknik finns betydande potential i att öka det svenska engagemanget i internationella forskningsnätverk och samarbeten.

Omfattningen av patentansökningar inom avancerad sorteknik visar på en robust innovationskultur. I kombination med ett stödjande ekosystem för kommersialisering av forskningsresultat indikerar detta att det finns potential för ytterligare tillväxt.

4.6.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

Sveriges framtida potential inom avancerad sorteknik är lovande, särskilt genom integrationen av teknologier som AI, autonoma system och (IoT). Dessa tekniker öppnar för utvecklingen av nästa generations smarta sensorer, som själva kan anpassa sig till dynamiska miljöer. De kan användas i applikationer såsom hälsovård, miljöövervakning och säkerhetssystem.

Den snabba utvecklingen inom chipteknik ger alltmer kompakta och energieffektiva sensorer, som i takt med utvecklingen inom 6G kommer att utgöra en central del i framtidens ekosystem av smarta och AI-drivna tjänster. Här spelar startups och små och medelstora företag en avgörande roll i utvecklingen av innovativa lösningar inom nischade teknikområden. Genom att erbjuda bättre finansieringsmöjligheter kan Sverige påskynda processen från forskning till marknadsanpassade produkter. Det gäller särskilt inom specialiserade sortekniker som magnetometrar och gravitationsensorer. Dessa har stor potential inom exempelvis miljöövervakning och infrastrukturinspektion. Ett starkt engagemang i internationella FoU-program är också centralt för att svenska aktörer ska kunna tillvarata möjligheter att utveckla ny teknik och att säkerställa att innovationer snabbare når marknaden. Här finns potential inom specialiserade områden som undervattenssensorer och distribuerade sensorsystem, liksom gravitations- och magnetfältsensorer – områden där Sverige har potential att utveckla excellens.

Det finns en bredd av möjligheter som nyttjar svenska styrkor inom applicerad AI och dataanalys för att integrera avancerad sorteknik i nya applikationsområden. Fyra exempel är: Sensorer som med hög precision kan upptäcka farliga kemiska substanser och bidra till nya lösningar inom industrisäkerhet och miljöskydd. Biologiska sensorer som identifierar mikrobiologiska föroreningar i livsmedel för att möta den växande globala efterfrågan på hållbar och säker matproduktion. Kemiska sensorer som i realtid kan övervaka markens näringsinnehåll. Bärbara biomedicinska tillämpningar som kan övervaka hälsotillstånd och underlätta tidig diagnos av sjukdomar.

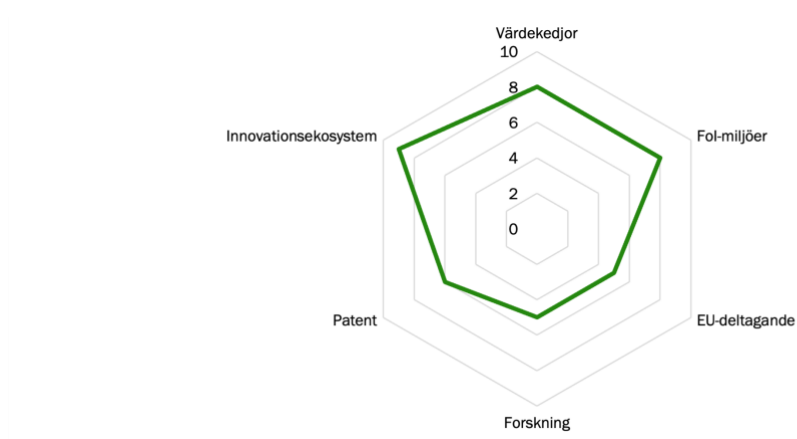
Utvecklingen av kombinerade sensorsystem, som tröghetssensorer, radar och elektroniska gassensorer, utgör lovande exempel på nya innovativa lösningar inom både civila och

medicinska applikationer. Tillsammans med den snabba utvecklingen inom IoT, miniatyrisering och 6G, finns en betydande potential för svenska aktörer att integrera avancerade sensorer i allt från klimatskydd till infrastruktur och försvar. Det är dock avgörande att Sverige utvecklar kapaciteten att fullt ut tillvarata möjligheter som uppstår och att man säkerställer Sveriges roll som central aktör i utvecklingen av framtidens AI-drivna tjänster.

Ett särskilt lovande område är rymdbaserade sensorer. Inom detta område kan svenska styrkor inom sensorteknik, bildanalys, satellitbaserad processorkapacitet och framtida 6G-konnektivitet kombineras med Esranges unika lanseringskapacitet. Program som EU:s jordobservationsprogram Copernicus, erbjuder Sverige möjligheter att bidra med teknisk expertis, liksom möjligheten att befästa rollen som ledande inom rymdbaserade sensorsystem.

4.6.3 Visualisering av analysen

Bedömning av teknikområdets bidrag till svensk konkurrenskraft



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Life Science		Livsmedel		Skogsvärdekedjor		Rening och utsläppsreduktion		Återvinning & cirkularitet		Energisystem		Försvar	
	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år
Sensorsystem	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Magnetometrar och magnetiska gradiometrar	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
Undervattenssensorer för elektriska fält	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
Gravimetrar och gradiometrar	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	3	2	3

4.7 Rymd och framdrivningsteknik

Teknologier för utforskning och användning av rymden³⁰ omfattar avancerade system för framdrift, såsom jonmotorer och kemiska raketmotorer, som tar rymdfarkoster till omloppsbana, skapar möjligheter att manövrera och förflyttar dem genom rymden. I denna rapport inkluderar området rymd- och framdrivningsteknik förbränningsmotorer, bränsleceller och elmotorer då dessa är av stor relevans för Sverige i och med vår starka industri inom området. Positionering, navigations- och tidstjänster utnyttjar satellitnavigering. För exakt styrning av rymdplattformsfarkoster används stjärnidentifieringssystem. Avancerade sensorer som radar och multispektrala kameror monterade på satelliter används för att kartlägga och övervaka både rymden och vår planet. Dessa teknologier möjliggör både vetenskaplig forskning och tillämpningar som kommunikation, meteorologi och miljöövervakning från rymden.

4.7.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Sverige har etablerat sig som en ledande aktör inom rymdrelaterade tekniker. Den svenska forskningsbasen visar på en betydande innovationskraft som spänner över avancerade system och "system av system" till specifika tekniker inom rymdövervakning, jordobservation, rymdbaserad kommunikation och framdrivningstekniker.

Sett till befolkningsstorlek har Sverige en välciterad och påfallande inflytelserik forskningsproduktion. Svenska aktörer är särskilt framgångsrika inom framdrivningsteknik, säker kommunikation för satelliter i låg omloppsbana (LEO), samt inom positionering, navigation och tidssynkronisering (PNT). I relation till jämförbara länder visar svenska aktörer en betydande kapacitet att omsätta forskningsresultat till innovationer och patent.

En av Sveriges största styrkor är samarbetet med internationella organisationer som Europeiska rymdorganisationen (ESA) och deltagandet i EU:s forskningsprogram. Det gör att svenska forskare kan medverka i att leda den tekniska utvecklingen och sätta standarder inom rymdteknik. Genom att delta i ESA Business Incubation Centres (ESA-BIC) får Sverige tillgång till forskningsresurser och internationella nätverk som bidrar till att kommersialisera svensk rymdteknik. Svenska aktörer har en viktig roll i ESA:s forskningsmissioner och har en framstående roll i utvecklingen av avancerade rymdsensorer och satelliter.

Sverige har betydande kapacitet inom rymdrelaterade tillämpningar av andra kritiska teknikområden som avancerade halvledare, sensorer och AI. Inom dessa områden engagerar sig svenska aktörer i ESA:s framtida missioner och europeiska säkerhetsinitiativ. Svenskutvecklade omborddatorer från Beyond Gravity spelar en avgörande roll för att styra och hantera alla kritiska system ombord på satelliterna. De världsledande kretsarna säkerställer att satelliten kan utföra sina uppdrag genom att hantera navigation, kommunikation och datainsamling. Genom avancerad framdrivningsteknik som turbiner

³⁰ Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Space and propulsion technologies (Dedicated space-focused technologies, ranging from component to system level; Space surveillance and Earth observation technologies; Space positioning, navigation and timing-PNT; Secure communications including Low Earth Orbit-LEO connectivity; Propulsion technologies, including hypersonics and components for military use).

och munstycken medverkar Sverige via GKN Aerospace med kritiska delar till ESA:s nya bäraketen Ariane 6. Raketen är designad för att på sikt kunna konkurrera på en global marknad för satellituppskjutningar, som idag domineras av amerikanska SpaceX.

Espace Space Center, som drivs av Swedish Space Corporation, är en av Europas viktigaste rymdbaser. Anläggningen utgör en unik tillgång som ger Sverige en stark fördel inom rymduppskjutningar, rakettester och rymdrelaterad forskning. Den nationella försvars- och säkerhetsstrategin för rymden betonar att det är viktigt att kunna skjuta upp satelliter eller andra rymdfarkoster med kort varsel, som svar på specifika händelser eller behov. En sådan förmåga utgör ett viktigt tillskott till att upprätthålla Sveriges och allierades handlingsfrihet i rymden och stärka både totalförsvar och ekonomisk säkerhet.

4.7.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

Sverige har stor potential, att genom strategiska satsningar på innovation, industriell utveckling och internationella samarbeten, stärka sin roll som ledande aktör inom utveckling och kommersialisering av rymdtekniker. En bättre integrering av akademi, industri och offentliga aktörer skulle dock öka förutsättningarna att skapa ett starkt innovationssystem som effektivt stöder övergången från forskning till praktiska tillämpningar och marknadsanpassade produkter. Ett tydligt fokus bör ligga på att förbättra tekniköverföringen och stimulera patentaktiviteten, särskilt inom framväxande områden som AI-förstärkta system, rymdsensorer och autonoma rymdsystem. Den nationella försvars- och säkerhetsstrategin för rymden lyfter fram behovet av att stärka den industriella basen för att förbättra förmågan att snabbt svara på nya hot och möjligheter.

Sveriges framtid inom rymdsektorn beror till stor del på landets förmåga att kapitalisera på de unika tillgångarna inom rymdindustrin. Genom Espace har Sverige möjlighet att utveckla ett europeiskt nav för rymduppskjutningar, rakettester och rymdrelaterad forskning, där förmågan att erbjuda uppskjutningstjänster och tester av återanvändbara bäraketer är avgörande för att locka internationella samarbetspartners och investeringar. Kapacitet att snabbt och flexibelt kunna lansera satelliter utgör ett viktigt bidrag till att stärka den strategiska autonomi och försvarsförmågan.

Inom specifika rymdteknologier, såsom rymdbaserade sensorer och satellitkommunikation, bör Sverige fokusera på att utveckla nya tillämpningar inom miljöövervakning och säkerhet. Svenska företag och forskningsinstitut har redan en stark närvaro i internationella projekt. Genom att utöka deltagandet i europeiska flaggskeppsprogram som Copernicus – EU:s jordobservationsprogram – och Galileo – EU:s globala satellitnavigeringssystem (GNSS) – kan Sverige medverka i att forma framtidens rymdbaserade kommunikationssystem och säkerhetstjänster.

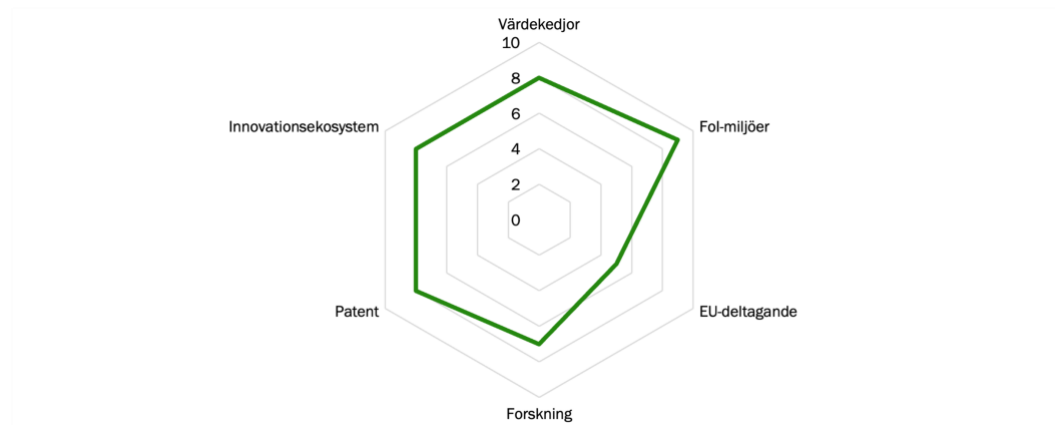
Med en stark bas inom kritiska teknikområden som avancerad halvledarteknik, sensorer, AI och materialvetenskap kan svenska aktörer utveckla applikationer som bidrar till internationella rymdprogram. Sverige har konkret potential inom en rad relevanta tekniker såsom elektrooptiska och radarbaserade sensorer, gravitations- och magnetfältssensorer

samt PNT-system. Genom att integrera kompetens inom AI, kraftelektronik och avancerade material kan svenska aktörer bidra till att skapa nästa generations rymdsystem, som inte bara förbättrar jordobservation och navigation, utan även stärker säkerhets- och försvarstillämpningar på en global skala.

En avgörande faktor för Sveriges framtida position är utvecklingen av ett nationellt satellitprogram som täcker både civila och militära behov. Inom områden som miljöövervakning och säkerhet kan rymdbaserade sensorer komma att spela en transformativ roll, där svenska styrkor inom sensorteknik, bildanalys och satellitbaserad processorkapacitet, tillsammans med 6G-baserad konnektivitet, kan nyttjas för att skapa nästa generations rymdsystem.

4.7.3 Visualisering av analysen

Bedömning av svensk konkurrenskraft inom teknikområdet



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Life Science		Livsmedel		Skogsvärdekedjor		Rening och utsläppsreduktion		Återvinning & cirkularitet		Energisystem		Försvar	
	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år
Rymdteknologier, komponenter till systemnivå	1	3	1	3	1	2	1	3	1	3	1	3	3	3
Framdrivningsteknik, inkl. hypersonik och militär användning	0	2	0	0	0	1	0	2	0	2	2	2	3	3
Säker kommunikation inkl. LEO-uppkoppling	2	3	1	3	1	3	1	3	1	3	2	3	3	3
Rymdbaserad positionering, navigation och tidssynkronisering (PNT)	1	2	1	3	1	2	1	2	1	2	2	3	3	3
Rymdövervakning och jordobservationssystem	1	2	2	3	2	3	1	3	1	3	1	3	2	3

4.8 Energiteknik

Energiteknik³¹ är ett brett område som inkluderar tekniker för att producera, överföra, lagra och använda bränslen, el, värme och kyla. Fokus är att effektivisera hela energisystemet och samtidigt minimera utsläpp av växthusgaser. Några tekniker som kan bidra till en sådan omställning är förnybara bränslen, vätgas, batterier, smarta elnät, värmepumpar, elmotorer men även elproduktionstekniker som solceller, bränsleceller, vindkraft och kärnkraft. Energisystemet behöver optimeras och kopplas samman för att hela tiden balansera utbud och efterfrågan. De olika energiteknikerna är därför beroende av varandra.

4.8.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Sverige har en framstående vetenskaplig och industriell position inom energiteknik. Den är starkt kopplad till förutsättningarna för landets egen energiförsörjning, liksom till verkstads- och processindustriella styrkeområden, däribland fordonsindustrin. Sverige har goda grundförutsättningar för fossilfri energiproduktion och behovet av långväga kraftöverföring har inneburit att svenska aktörer skaffat sig världsledande förmåga inom högspänningsområdet. Med ökad elektrifiering, liksom utbyggnad av intermittenta (ej kontinuerliga) kraftkällor, kommer bland annat energieffektivisering, energilagring och "smarta lösningar" för nät drift att bli viktigare. Parallellt förstärks kopplingen till andra teknikområden, däribland materialteknik och databearbetning. Sverige har också en stor energiintensiv industrisektor där exempelvis fossilfria energibärare, elektrifiering och koldioxidlagring är viktiga tekniklösningar. Över hela linjen ökar behovet av sektorsövergripande FoU och demonstration på systemnivå. Det pågår FoU-program baserade på samfinansiering med näringslivet inom samtliga delområden, även om vissa områden är underfinansierade. Elektrifiering, energieffektivisering, liksom nya fossilfria bränslen är viktiga utvecklingsspår som till stor del täcks av den begreppsapparat som denna analys utgår ifrån, om än inte med identiska avgränsningar

Sverige har en god vetenskaplig position inom "nettonolltekniker" och tendensen är positiv. Exempelvis är svensk forskning inom solcellsmaterial stark³². Inom området sker en omfattande patentering och svenska aktörer ökade sin andel av patenten 2018–2022 från en plats i mittfältet 2013–2017. Den globala tillverkningen av solcellspaneler finns idag huvudsakligen i Asien. Den svenska branschen består av små och medelstora installatörer och återförsäljare. Tillverkning förekommer, exempelvis Midsummer AB som har en inhemsk cell- och modulproduktionslinje. Sverige har ingen tillverkning av vindkraftverk, men företag som Hitachi Energy, SKF och ABB är underleverantörer av komponenter. Ett antal mindre bolag har tagit fram innovativa lösningar, exempelvis vindkraftstorn i trä och

³¹ Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Energy technologies (Nuclear fusion technologies, reactors and power generation, radiological conversion/enrichment/recycling technologies; Hydrogen and new fuels; Net-zero technologies, including photovoltaics; Smart grids and energy storage, batteries).

³² Svenskt deltagandet i ramprogramfinansierad materialforskning (Vinnova, 2024)

flytande vertikalaxlar. Kolavskiljning (CCS/CCU³³) kopplad till bioeldade kraftvärme- och värmeverk respektive pappersmassabruk (bio-CCS) är ett viktigt utvecklingsspår för svensk industri. Sverige har också varit en föregångare i installation av värmepumpar och har för sin storlek en stark global position inom värmepumpsteknik. Här finns Nibe Groups huvudkontor och FoU-verksamhet, delar av Boschs produktutveckling, liksom några mindre och medelstora företag.

Vätgas och nya fossilfria bränslen är centrala för energisystemets omställning. Sverige har en god vetenskaplig position inom området och tendensen är positiv. I landet finns ett flertal pilotprojekt för framställning och distribution av vätgas. Energimyndigheten har bland annat finansierat stora demonstrationsprojekt, till exempel inom koldioxidfri ståltillverkning. Fortsatt utbyggnad bromsas framför allt av eftersläpningar i regelverk och på sikt även av tillgång på elkraft. Vad gäller patentering är "väte och nya bränslen" ett tämligen stort område och Sverige placerar sig i mittfältet. En färsk IVL-rapport pekar på svagheter i svensk innovationsförmåga inom produktions- och distributionsledet, men på styrkor inom bränslecellsutveckling³⁴. Inom teknik för gasbaserad kraftproduktion har Siemens Energy AB en omfattande tillverkning av gasturbiner i Sverige. För flytande biobränslen finns anläggningar för HVO, SAF, RME³⁵ och pyrolysolja i drift och fler byggs. Några svenska tillverkningsföretag är aktiva inom utveckling av teknik för bland annat vätgasframställning och CCS, exempelvis Alleima AB.

Inom kärnkraftsrelaterad forskning har Sverige en generellt framskjuten position. Sverige ligger dock ett stycke bakom ledande Schweiz och Finland och positionen varierar beroende på delområde. Svenska myndigheter och kraftproducenter prioriterade länge ned FoU inom ny kärnenergi. Stiftelsen för strategisk forskning (SSF) gjorde emellertid en utlysning år 2019 och sedan 2020 finansierar Energimyndigheten åter kärnkraftsforskning. Effekten av dessa satsningar ligger bortom tidshorizonten för denna analys. Patentering inom kärnteknik är ett litet område med svenska aktörer i topp. Bland tillverkningsföretag med verksamhet i Sverige finns Westinghouse Electric som enda nordiska tillverkare av kärnbränsle. Sverige har en internationellt framstående verksamhet kring kärnbränslecykeln, inklusive ett av världens längst framskridna koncept för slutförvar av använt kärnbränsle. Det internationellt expansiva utvecklingsfältet kring små modulära kärnkraftverk (SMR) representeras i Sverige i huvudsak av Blykalla AB, vars teknik baseras på blykylda reaktorer. Utveckling av fusionsteknik är koncentrerad till Chalmers, samt KTH Fusion Centre och bolaget Novatron Fusion Group AB.

Sverige har en relativt god vetenskaplig position inom smarta nät och energilagring och utvecklingsriktningen är positiv. Exempelvis är batteriforskning ett styrkeområde och Sverige koordinerar EU:s flaggskeppsinitiativ inom området, Battery2030+. Svenska aktörer ligger högt inom patentering. Forskning specifikt inom kraftöverföring ter sig svagare, samtidigt som detta område är mycket viktigt för svenskt näringsliv. Dels finns inom

³³ CCS = Carbon Sequestration and Storage, CCU = Carbon Sequestration and Use

³⁴ The Position of Sweden in the Hydrogen Race, IVL 2024.

³⁵ HVO = hydrerad vegetabilisk olja, SAF = sustainable aviation fuel, RME = rapsmetylester.

högspänningsområdet Hitachi Energy³⁶ i Ludvika, dels ABB Electrification Sweden AB inom mellan- och lågspänningsområdet. Därutöver finns flera medelstora företag med huvudkontor i Sverige liksom svenska dotterbolag till utländska koncerner. Inom energilagringområdet driver omställningen till eldrivna fordon en omfattande industriell nyetablering i Sverige kopplad till batterivärdekedjan. Här finns alltså en stark länk mellan energiteknik och fordonsindustri. Detta omfattar bland annat Northvolts produktionsanläggning och forskningscentrum. Även batteritekniker för stationär lagring av el är föremål för kommersialisering, exempelvis natriumjonbatterier från Altris. Energilagring i andra former, exempelvis med tryckluft eller saltsmältor, är en viktig marknad för Alfa Laval's tillverkning av värmeväxlare.

Energiteknisk FoU är framträdande inom EU:s ramprogram för FoU, men svenska aktörer deltar på en begränsad nivå. Inom området finns två Joint undertakings (JU) kopplade till prioriterade europeiska och svenska energipolitiska mål. Ett JU återfinns inom vätgasteknik (Clean Hydrogen) och ett inom biobaserade industrier (Circular Bio-based Europe). Sverige har ett tämligen lågt deltagande i bägge. Orsakerna bakom är med all sannolikhet bredare än specifikt detta teknikområde³⁷. Till skillnad från andra teknikområden så är inte heller det svenska deltagandet i det grundforskningsorienterade ERC påtagligt starkt inom energiområdet. Sverige har prioriterat medverkan i det samfinansierade partnerskapet³⁸ Clean Energy Transition Partnership (CETP) och nått ett deltagande i paritet med övriga nordiska länder. De möjligheter till uppskalning av innovativ teknik på hög TRL-nivå som EU-samarbetet möjliggör är däremot viktiga för Sverige. Svenska industriaktörer har med framgång sökt finansiering för stora energirelaterade investeringsprojekt ur den europeiska innovationsfonden, världens största i sitt slag. Bio-CCS vid Värtaverket i Stockholm och vätgasbaserad stålframställning är exempel hämtade från svenska fokusområden. Det svenska programmet Industriklivet har i flera fall varit en viktig språngbräda.

4.8.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

Det finns en global medvetenhet om behovet att fasa ut fossila bränslen och effektivisera energiförsörjningssystemen. Samtidigt står ännu en betydande del av världens befolkning utan pålitlig och kostnadseffektiv energiförsörjning. Sammantaget innebär detta en stor potentiell efterfrågan på energitekniska lösningar. Den driver i sin tur utveckling inom exempelvis materialteknik, råvaruutvinning och digitalisering. Nödvändig utveckling bromsas av svårigheter att finansiera investeringar, geopolitiska spänningar liksom av att energipolitiska val är känsliga och omstridda i de flesta länder.

Sverige är i flera avseenden väl positionerat för att fortsätta utveckla energiteknik som ett nationellt styrkeområde. Inom landet finns många starka forskningsmiljöer, liksom ett starkt näringsliv. Till det kommer en utbredd förståelse för att omställningen i sig är nödvändig och medför affärsmöjligheter. Omställningsprocessen kräver ökad

³⁶ Hitachi Energy tog år 2023 hem Sveriges största exportorder någonsin med leverans av utrustning till utbyggnad av det havsbaserade vindkraftsnätet i Nordsjön.

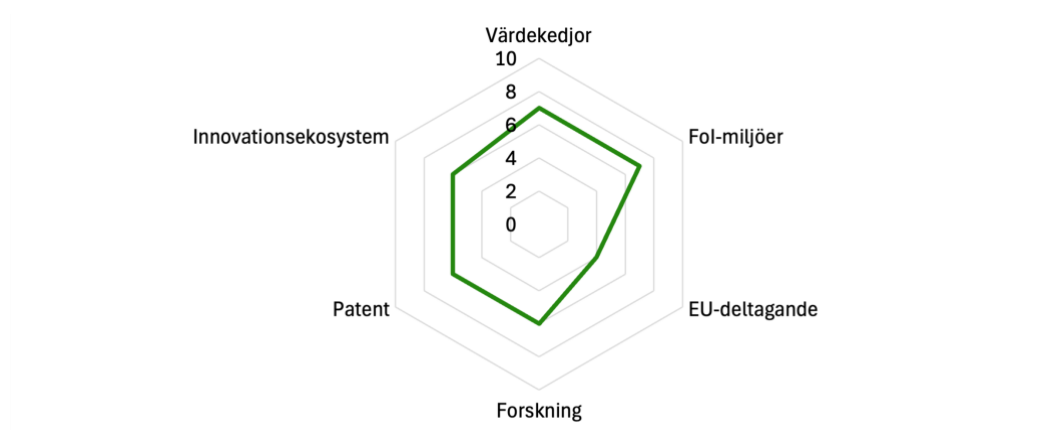
³⁷ Se exempelvis Vinnova (2023) och Vinnova (2024)

³⁸ Att ett partnerskap är samfinansierat innebär att finansieringen huvudsakligen är nationell, liksom att administrationen till stor del sköts av ansvarig nationell myndighet.

sammankoppling av sektorer och aktörer, vilket förutsätter bransch- och sektorsöverskridande samverkan, som i sig är svenska styrkeområden. Exempelvis kommer teknik för kraftöverföring att vara fundamentalt för samhällets fortsatta elektrifiering oavsett vilka energibärare som används vid elproduktionen. Här finns också potential att fortsätta utveckla smarta nätfunktioner, där traditionell teknik inom kraftöverföring och styr- och reglerteknik kombineras med bland annat sensorteknik, dataöverföring och avancerad databearbetning. Möjligheter att kommersialisera nya tekniker och lösningar bygger dock alltid på att flera delar av ett system utvecklas samtidigt. Det gäller lagar och regler, incitament och potentiella målkonflikter, liksom tillgång till kompetens. Här är Energimyndighetens samlade ansvarsuppdrag som både expertmyndighet och forskningsfinansierare inom energiområdet viktigt.

4.8.3 Visualisering av analysen

Bedömning av svensk konkurrenskraft inom teknikområdet



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Energisystem		Skogsvärde-kedjor		Återvinning & cirkularitet		Försvar		IKT	
	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år
Kärnkrafts- och kärnbränsleteknik	3	3	0	0	2	3	0	0	2	2
Väte och nya bränslen	3	3	2	3	2	3	0	1	0	0
Nettonolltekniker	3	3	0	0	2	3	0	0	2	3
Smarta nät och energilagring	3	3	0	0	2	3	0	0	3	3

4.9 Robotik och autonoma system

Robotar kan vara fysiska eller mjukvarubaserade och används i många branscher, inklusive industri, medicin och jordbruk. Autonoma system agerar självständigt med hjälp av AI och maskininlärning. Trender inom området inkluderar AI, samarbetsrobotar, mobila manipulatorer och digitala tvillingar. Fördelar med tekniken inkluderar ökad produktivitet, säkerhet, kostnadsbesparingar och nya innovationsmöjligheter. Dessutom kan dessa system förbättra hälso- och sjukvård, erbjuda miljövänliga lösningar och öka tillgängligheten för personer med funktionsnedsättningar. EU:s område ”robotik och autonoma system³⁹” inkluderar såväl robotar i mer traditionell mening som autonoma farkoster och maskiner, inklusive drönare.

4.9.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Ett stort antal globala företag bedriver i Sverige avancerad utveckling inom robotik och autonoma system. Inom robotik finns en stark forskningsmiljö på KTH, som är bland de ledande i Europa. Det är däremot svårare att värdera Sveriges forskningsposition för autonoma farkoster och maskiner. Dessa bygger på en mängd skilda teknikområden, där integrationen av dessa primärt sker i företag.

ABB är en av de ledande tillverkarna av industrirobotar i världen. Verksamheten är spridd över många länder, men basen för produktion och FoU i Europa finns i Västerås. Där började man bygga en ny fabrik i slutet av 2023. Svensk verkstadsindustri är också robottät. Räknet per antal sysselsatta i tillverkningsindustri är Sydkorea och Singapore oöverträffade, men annars är det endast Tyskland, Japan och Kina som har fler robotar per sysselsatta än Sverige. Medan ”social robotik” är ett starkt område i svensk robotikforskning som också växer snabbt internationellt, framstår aktiviteten i svenska företag som blygsam och i huvudsak begränsad till små startups.

Sverige har ett starkt innovationssystem för utveckling av autonoma fordon och maskiner. Där återfinns bland andra: alla stora fordonstillverkare, Veoneer, Saab (med såväl vapensystem som vattenburna farkoster), Volvo Construction Equipment, Epiroc, Komatsu Forest, Husqvarna och DeLaval. Eftersom autonoma system är beroende av kommunikationsteknik, har även Ericsson en viktig roll. Bland länder av jämförbar storlek kan inget annat land uppvisa en lika stark konstellation av industriaktörer. Räknet i patent per capita med uppfinnare från respektive land ligger visserligen Israel högre, men till skillnad från Sverige har en stor del av dessa patent utländska ägare.

Forskningsbasen för robotar och autonoma system är bred. En del av basen representeras av områden där Sverige traditionellt haft stark forskning: programvaruteknik, realtidssystem, reglerteknik, datorbaserad bildanalys och kommunikationsteknik. Inom alla dessa spelar AI-tekniker en växande roll. Det är oklart i vilken utsträckning forskare och

³⁹ Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Robotics and autonomous systems (Drones and vehicles – air, land, surface and underwater; Robots and robot-controlled precision systems; Exoskeletons; AI-enabled systems).

ingenjörer i Sverige i tillräcklig grad integrerat avancerade AI-tekniker inom sina expertområden.

Huvuddelen av EU:s finansiering inom robotik och autonoma system har hittills avsett samarbetsprojekt där flera företag och forskningsorganisationer deltar. Under det förra ramprogrammet Horisont 2020 låg svenskt deltagande i sådana projekt på en hög nivå inom robotikområdet. Under Horisont Europa har det emellertid minskat. Utvecklingen har varit den motsatta för autonoma system. De svenska projekten för utveckling av hållbar gruvidrift exemplifierar väl hur EU-finansiering kan nyttjats för att skala upp innovativ systemutveckling baserad på svenska styrkeområden. Projekten koordinerades av Epiroc och utveckling av autonoma fordon och maskiner och avancerad mobilkommunikation har spelat en central roll. Inom robotik har svenska forskare varit framgångsrika i konkurrensen om anslag från programmet ERC, vars uppgift är att stödja forskning utifrån vetenskaplig excellens.

4.9.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

Mobila autonoma system kräver en omfattande insamling och bearbetning av information om den omgivande miljön i realtid. AI, avancerade sensorsystem och kommunikationsteknik spelar därför en avgörande roll. Utvecklingen av självkörande fordon och maskiner är en del av den genomgripande elektrifiering och digitalisering som pågår i stora exportföretag i Sverige. Den kräver investeringar i kompetens och teknikutveckling. Många av de tekniska utmaningarna är liknande för olika typer av maskiner, fordon, andra farkoster och robotar. Det ger möjligheter till resursbesparande och kvalitetshöjande samarbeten mellan olika aktörer inom näringsliv och forskning.

Tillverkare av fordon och maskiner i Sverige är beroende av utländska leverantörer av halvledarkomponenter, sensorer och i varierande grad även programvaruplattformar. Svenska företag behöver få tidig tillgång till sådana tekniker för sin FoU-verksamhet. Ofta behöver de även kunna samarbeta djupt med leverantörsföretagen. Detta förutsätter att företagen i Sverige är attraktiva utvecklingspartner som driver tillräckligt nyskapande FoU-projekt. Tillgången till insatsvaror som är bärare av de kritiska teknologierna kan också inskränkas av geopolitiskt motiverade exportbegränsningar. Sverige bör därför medverka till att stärka Europas självständighet inom kritiska tekniker. Ett steg i denna riktning är de planer AB Volvo och Daimler Trucks offentliggjorde i maj 2024. De ska bilda ett samägt bolag för att utveckla en programvaruplattform för lastbilar som ska tjäna som industristandard.

Drönare är ett snabbt växande område med potentiellt bred användning i samhället, bland annat inom försvar, jord- och skogsbruk, sjukvård, logistik och miljöövervakning. Saab bedriver FoU kring avancerade drönare och drönarsvärmar. Vid Linköpings universitet finns sedan länge internationellt konkurrenskraftig forskning kring drönare. Sveriges stora yta i förhållande till befolkningens storlek gör att Sverige skulle ha mycket att tjäna på att ligga i täten för att utveckla användningen av drönare. Skogsbruket har särskilt goda

förutsättningar att fungera som en ekonomiskt stor testmarknad för innovativa drönarapplikationer.

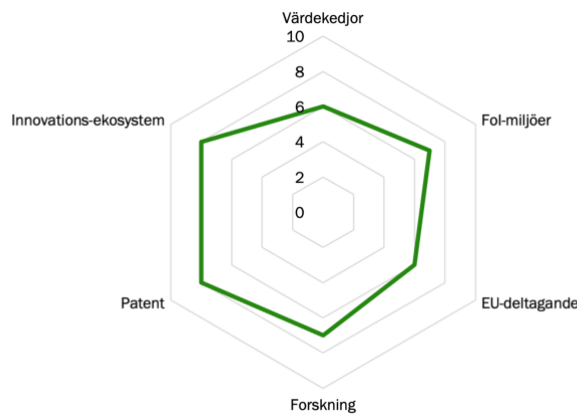
Ett växande område är tjänsteroboter som autonomt kan kommunicera med människor. Antingen kan dessa vara rent programvarubaserade via internet eller mer eller mindre humanoida och mobila materiella robotar. Även om de autonoma systemen till stor del ska kunna agera autonomt så har samspelet människa-maskin avgörande betydelse.

Som exemplet med automatiserad gruvarbete och Volvos planer för programvaruplattform visar, har Sverige förutsättningar att spela en framträdande roll i spetsutveckling av robotik och autonoma system i Europa. Att organisera nydanande systemutvecklingsprojekt där kompetenser från flera företag och forskningsorganisationer samverkar i nya kombinationer är en krävande uppgift. Erfarenheten visar att stimulans i form av statlig medfinansiering i tidiga utvecklingsfaser kan göra stor skillnad. Viktiga steg kan tas med de kompetenser som redan finns i Sverige, men förr eller senare behöver kompletterande kompetenser utifrån tillföras och då erbjuder EU:s FoU-program goda finansieringsmöjligheter.

För att företag i Sverige ska kunna ta en ledande roll, behöver det säkerställas att det finns en stark forskningsbas i landet. Den behöver ha tillräcklig integration av AI inom det flertal nyckelteknologier som bildar grunden för robotik och autonoma system.

4.9.3 Visualisering av analysen

Bedömning av svensk konkurrenskraft inom teknikområdet



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Kommunikations-system		Fordon och maskiner		Energisystem		Processindustri		Jord- och skogsbruk		Life science och hälsa		Internet-baserade konsumenttjänster	
	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år
Robotik	1	2	2	3	0	1	1	2	1	2	1	2	0	1
Drönare och autonoma fordon	1	2	1	3	0	1	1	2	1	3	0	0	0	1
Exoskelett	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0

4.10 Avancerad material-, tillverknings- och återvinningsteknik

Avancerade material⁴⁰ erbjuder exceptionella egenskaper, inklusive formminneslegeringar och självreparerande polymerer. Porösa material och partikelsystem som grafen har unika användningar inom katalys och elektronik. Nanoteknik är central inom energiteknik och medicin. Småskalig laserbearbetning/svetsning möjliggör precis material-borttagning och sammanfogning. Hydrometallurgisk extraktion och biolakning är effektiva för metallutvinning, medan nanoteknik-baserad filtrering förbättrar separeringseffektiviteten. Elektrokemisk bearbetning och återvinning av svart massa (litiumjonbatterier) är avgörande för metallåtervinning. Cirkulära och hållbara material samt additiv tillverkning främjar resurseffektivitet och komplexa designlösningar.

4.10.1 Sveriges internationella position och förutsättningar

Avancerad material-, tillverknings- och återvinningsteknik är ett brett teknikområde och omfattar några sinsemellan disparata delområden. Ett bärande tema är ett livscykelperspektiv på material som industriella möjliggörare. Här ingår framställning och bearbetning, men också tekniker för utvinning och återvinning av kritiska råvaror. Industriella tillämpningar återfinns huvudsakligen inom övriga nio teknikområden medan tyngdpunkten i denna redogörelse är mer på Fol-aktiviteter. Det har varit nödvändigt att lämna breda områden utanför analysen, även om de är viktiga för Sverige. Hit hör träbaserade material, utvinning och bearbetning av järn och andra basmetaller liksom återvinningsteknik i bredare bemärkelse än specifikt för kritiska råvaror.

Delområdet Teknik för nanomaterial, intelligenta material, avancerade keramiska material, stealth-material, inbyggd säkerhet och hållbarhet hos material är mycket stort och i termer av vetenskaplig aktivitet flera gånger större än övriga delområden tillsammans. Delområdet har en avgörande betydelse för Sveriges industriella konkurrenskraft. Här återfinns nanomaterial, avancerade keramer och smarta material med tillämpningar inom flera industrigrenar. På svenska lärosäten och forskningsinstitutioner finns ett flertal internationellt framstående materialorienterade forskningsmiljöer⁴¹ och ett antal svenska tillverkningsföretag bedriver avancerad materialteknisk Fol. Sverige har i förhållande till sin storlek en stark internationell position inom materialvetenskaplig forskning. Däremot deltar svenska aktörer på en måttlig nivå i materialforskning finansierad inom EU:s ramprogram. Deltagandet är högre inom det grundforskningsorienterade ERC jämfört med finansiering på mer tillämpad nivå⁴². Inom patentområdet placerar sig Sverige i mittfältet, men tenderar att tappa placeringar jämfört med toppnationerna. Att skala upp materialbaserade företag är

⁴⁰ Kommissionens engelska benämning på teknikområdet med underområden inom parentes: Advanced materials, manufacturing and recycling technologies (Technologies for nanomaterials, smart materials, advanced ceramic materials, stealth materials, safe and sustainable by design materials; Additive manufacturing, including in the field; Digital controlled micro-precision manufacturing and small-scale laser machining/welding; Technologies for extraction, processing and recycling of critical raw materials including hydrometallurgical extraction, bioleaching, nanotechnology-based filtration, electrochemical; processing and black mass).

⁴¹ Omvandling och fasta tillstånd – materialvetenskapens etablering vid svenska universitet, Gribbe, J. 2016, [Omvandling och fasta tillstånd - Materialvetenskapens etablering vid svenska universitet](#)

⁴² Svenskt deltagande i ramprogramfinansierad materialforskning, juni 2024 [Svenskt deltagande i ramprogramfinansierad materialforskning](#)

troligen mer utmanande än inom flera andra näringsgrenar och kräver särskilt policyfokus. Det är ett styrketecken att Sverige har ett i internationell jämförelse dynamiskt ekosystem kring grafenbaserade mikroföretag⁴³.

Materialvetenskap baserad på avancerad dataanalys (Computational material science) har vuxit i betydelse och förväntas att fortsätta så i takt med ökad tillgång till kraftfulla datorer. Ett beslätat forskningsfält är informationshantering kopplat till materials egenskaper (Materials informatics), vilket har betydelse bland annat i anslutning till cirkulär ekonomi och spårbarhet⁴⁴. Som forskningsfält är Computational material science begränsat, men viktigt som möjliggörare. Sverige tycks ha fallit tillbaka något inom vetenskaplig publicering från en tidigare topposition. Patentering är relativt nytt för området och ingen svensk aktör har ännu fått några patent registrerade. Finland framstår som starkare i bägge avseenden.

Additiv tillverkning är ett svenskt industriellt styrkeområde. Vetenskapligt tycks Sverige emellertid ha fallit tillbaka. Det finns inom landet starka forskningsmiljöer, men flera jämförbara länder har haft en kraftfullare vetenskaplig utveckling än Sverige. Inom EU:s ramprogram placerar sig det svenska deltagandet i mitten av jämförelsen. Mellan åren 2013–2017 låg Sverige i topp i patentering, men 2018–2022 hade Schweiz och Israel gått om och flera andra länder var på väg i fatt. Additiv tillverkning är viktigt inom flera industrigrenar, exempelvis flygindustri och medicinsk teknik och inom landet finns ett flertal specialiserade företag. Mest namnkunnigt är kanske Arcam AB, som sedan år 2017 är en del av den amerikanska GE-koncernen. Höganäs AB är världsledande inom tillverkning av metallpulver för bland annat additiv tillverkning.

Delområdet Digitalstyrd mikroprecisionstillverkning, småskaliga lasermaskiner och lasersvetsar är något svårdefinierat och omfattar tillämpningar inom både elektronik och verkstadsindustri. Sverige har inte någon framträdande vetenskaplig publicering, men ett aktivt deltagande inom EU:s ramprogram. Inom patentering har Sverige tappat position.

Delområdet Utvinning och återvinning av kritiska råvaror är en något snäv avgränsning som utelämnar viktiga svenska styrkeområden. Inom denna avgränsning har Sverige ändå en relativt stark position inom vetenskaplig publicering. Likväl har Finland och Norge på ungefär samma höga nivå haft en mer positiv utveckling än Sverige. Sverige deltar inom aktuella delar av EU:s ramprogram på en måttlig nivå. Återigen placerar sig Finland och Norge före, med ett påtagligt högre deltagande. Inom patentering befinner sig Sverige på den nedre halvan bland de länder som jämförts i analysen. Det finns behov för Sverige att förstärka såväl forskning som produkt- och metodutveckling kopplad till utvinning av kritiska råvaror, i synnerhet när detta inte sker genom bergbrytning.

4.10.2 Framtidsperspektiv – Sveriges möjligheter

Avancerad materialanvändning skapar möjligheter inom samtliga av samtidens stora samhällsutmaningar, exempelvis energiomställning, digitalisering och försvar. Samtidigt är

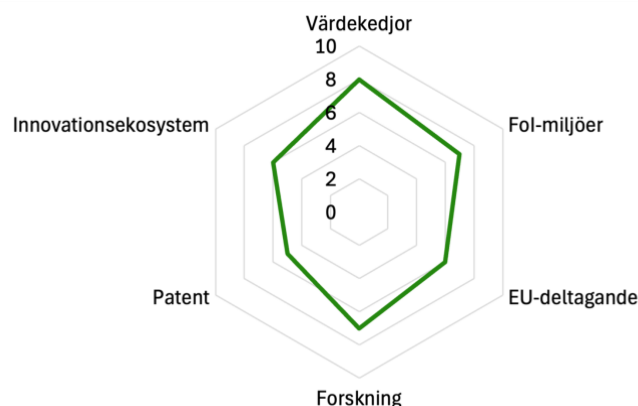
⁴³ ibid

⁴⁴ [Policybrief:Ny europeisk produktpolicy kräver ökat fokus på spårbarhet | Vinnova](#)

försörjning av kritiska råvaror en flaskhals, med tydliga implikationer för länders försörjningstrygghet. Bägge områden är därför både viktiga tillväxtområden i sig själva och fundamentala möjliggörare för konkurrenskraft i de flesta andra värdekedjor. Sverige har ett omfattande strukturkapital inom materialforskning och materialteknik och är säte för viktig internationell forskningsinfrastruktur inom området. Inom landet finns dessutom flera internationellt framstående tillverkningsföretag, för vilka avancerad materialanvändning är hörnpelare i konkurrenskraften. På motsvarande sätt är Sveriges ställning inom utvinning och bearbetning av mineraler solid. Sverige har goda förutsättningar att låta materialforskning och materialteknik fortsätta att skapa möjligheter för vetenskaplig och industriell konkurrenskraft. Detsamma gäller teknik för utvinning och återvinning av kritiska råvaror. Att Sverige tappat internationell position i flera avseenden är oroväckande, men är i sig inte en krisvarning. Snarare kan det ses som en sporre att höja ambitionsnivån och att fokusera framtida initiativ på FoU-fält av särskild betydelse för Sveriges industri och nationella säkerhet.

4.10.3 Visualisering av analysen

Bedömning av svensk konkurrenskraft inom teknikområdet



Bedömning av teknikområdets betydelse för olika värdekedjor i dag och på fem års sikt

Tekniker	Energisystem		Skogsvärdekedjor		Återvinning & cirkularitet		Försvar		IKT		Fordonsindustri	
	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år	Nuläge	5< år
Avancerade material	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Additiv tillverkning	2	3	0	0	0	0	3	3	2	2	3	3
Mikrofabrikation	2	3	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
Kritiska råmaterial	2	3	0	0	3	3	2	2	3	3	3	3
Computational Materials	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3
Science och materialinformatik	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3