

Omvärldsanalys -

Analysbilaga till Vinnovas underlag till regeringens
forsknings- och innovationspolitik

Utgivare: Vinnova – Sveriges innovationsmyndighet

Titel: Omvärldsanalys – Analysbilaga till Vinnovas underlag till regeringens forsknings- och innovationspolitik

Författare: Göran Marklund, Lennart Stenberg, Daniel Johansson, Nannan Lundin och Karl Hallding

Utgiven: 31 oktober 2023

ISBN-nummer: 978-91-987942-4-3

Diarienummer: 2023-00939

Innehåll

Förord	6
Sammanfattande analys	7
1 Globala samhällsförändringar – ny världsordning	11
1.1 Perfekt storm av globala samhällsförändringar.....	11
1.2 Agenda 2030 – globala framsteg och obalanser.....	12
1.3 Geopolitik, industripolitik och FoU-politik i Kina och USA	14
2 EU – kraftfull FoU- och industripolitik	16
2.1 EU:s ramprogram för FoU – Horisont Europa	17
2.2 NextGenerationEU och Green Deal Industrial Plan.....	19
3 Sveriges FoU-system – internationell jämförelse	22
3.1 Innovationsindex och konkurrenskraftsindex.....	22
3.2 FoU-investeringar i internationell jämförelse	24
3.3 Sveriges FoU-system.....	28
3.3.1 Näringslivets FoU-investeringar dominerar.....	29
3.3.2 FoU vid universitet, högskolor och forskningsinstitut	30
3.3.3 Forskningsprioriteringar och starka FoU-miljöer.....	31
3.4 Offentliga FoU-investeringar i Sverige.....	33
4 Internationell FoU-samverkan – hävstång för Sverige	37
4.1 EU-samverkan.....	37
4.1.1 Sveriges finansiering från EU:s ramprogram	38
4.1.2 Sveriges deltagande i EU:s partnerskap	39
4.1.3 Sveriges koordinering av EU-projekt.....	42
4.1.4 Svenskt deltagande i investeringsfrämjande EU-instrument.....	43
4.2 Internationell FoU-samverkan utanför EU.....	43
4.2.1 Fundamentalt ändrade förutsättningar	44
4.2.2 Sveriges utmaningar och möjligheter	47
5 Sveriges position och möjligheter i globala samhällsomställningar	49
5.1 Digital transformation av samhälle och näringsliv	49
5.1.1 Digital global samhällsomställning och konkurrens.....	49

5.1.2	Sveriges digitalisering och digitala förmåga	50
5.1.3	Sveriges möjligheter och utmaningar	53
5.2	Näringslivets klimatomställning	55
5.2.1	Elektrifiering av gruvor, metaller, fordon och maskiner	57
5.2.2	Försörjning med kritiska råvaror och material.....	58
5.2.3	Fossilfri energiproduktion, energilagring och energiöverföring.....	60
5.2.4	Integration av skog, kemi, plast, textil, energi och återvinning.....	61
5.2.5	Produktionssystem för hållbara värdekedjor	64
5.3	Klimatkontrakt i städer – governance innovation och innovationsefterfrågan ..	66
5.3.1	Governance för klimatomställning – Svenska erfarenheter	68
5.3.2	Implementering av klimatkontrakt – utmaningar och möjligheter	69
5.4	Hälsa och life science – precisionsmedicin och innovation i hälsosystemet ...	70
5.4.1	Stora globala hälsoutmaningar – stora innovationsmöjligheter	71
5.4.2	Precisionsmedicin och biologiska läkemedel.....	72
5.4.3	Data, datatillgång och datadelning avgörande för ATMP.....	74
5.4.4	Internationell samverkan avgörande för Sveriges Fol.....	75
5.5	Nationell säkerhet – innovation för dual-use och konkurrenskraft	75
6	Banbrytande teknik och deeptech-företagande	79
6.1	Banbrytande forskning, teknik och innovation	80
6.1.1	Radikal förnyelse av värdekedjor – från vetenskap till innovation	80
6.1.2	Stora satsningar på banbrytande forskning och teknik	82
6.1.3	Sveriges styrkor och svagheter.....	87
6.2	Deeptech-företag – Sveriges utmaningar och möjligheter	91
6.2.1	Innovativa nya och små företags betydelse	91
6.2.2	Sveriges ekosystem för innovativa och växande startups.....	92
6.2.3	Forsknings- och teknikintensiva nya och små företag – deeptech	94
6.2.4	Kapitalförsörjning för deeptech-företagande	95
6.2.5	Ekosystem för deeptech-företag.....	98
	Referenser	99

Förord

Regeringen har uppdragit åt Sveriges sex statliga forskningsfinansiärer att utifrån sina ansvarsområden göra analyser och lämna rekommendationer som kan bidra till regeringens forsknings- och innovationspolitik, U2023/01317.

I rapporten *Acceleration mot en hållbar framtid* ger Vinnova sina förslag till regeringens forsknings- och innovationspolitik. Denna rapport är en analysbilaga till Vinnovas förslag.

Många medarbetare på Vinnova har på olika sätt bidragit till underlag och analyser i denna rapport. Direkt engagerade i omvärldsanalyser som ligger till grund för denna analysbilaga har varit Göran Marklund, Lennart Stenberg, Daniel Johansson, Nannan Lundin och Karl Hallding. Annika Olofsdotter har redigerat och koordinerat publikationsprocessen. Cristian Jonsson har redigerat figurer och tabeller.

Vinnova 31 oktober 2023



Darja Isaksson
Generaldirektör

Sammanfattande analys

Perfekt storm av globala samhällsförändringar och geopolitisk konkurrens

Stora globala samhällsutmaningar som vuxit i styrka under lång tid har de senaste åren utvecklats till en "perfekt storm" av snabba, djupgående samhällsförändringar och direkt systemhotande kriser. Processerna och drivkrafterna bakom dessa är sammanflätade och har ömsesidigt förstärkande effekter på hela samhällssystem. På grund av denna utveckling och av en växande geopolitisk konkurrens, genomför många länder nu påtagliga politiska förändringar. Kraftfulla satsningar görs på forskning och innovation för att säkra konkurrenskraft, internationell attraktionskraft, teknologisk självständighet och ekonomisk säkerhet i de snabba omställningarna av värdekedjor och samhälle.

Tre aktörskonstellationer, USA, Kina och EU, dominerar genom sin ekonomiska styrka konkurrensen om inflytande över värdeskapande, nationell säkerhet, teknologiskt ledarskap och tillgång till kritiska resurser. Konkurrensen mellan dessa politiskt och ideologiskt skilda block påverkar på fundamentala sätt näringslivets drivkrafter, strategier och framtidsutsikter. Denna nya världsordning påverkar alla länder och deras politiska förutsättningar att främja hållbar utveckling, tillväxt, välfärd och säkerhet.

Öppenhet och transparens har stor betydelse för utveckling, utbyte och nyttiggörande av kunskap som genereras i forsknings- och innovationssystem. Kompetens och teknologier är samtidigt strategiska tillgångar i den geopolitiska konkurrensen, något som utmanar de grundläggande principerna för öppenhet och transparens. Eftersom små länder som Sverige är starkt beroende av öppen handel, fri rörlighet och internationell samverkan, innebär geopolitiska spänningar, krig och protektionism stora och komplexa utmaningar.

Sveriges begränsade storlek innebär också att Sverige påverkas starkt av forsknings- och utvecklings- (FoU) och innovationsinvesteringar som görs i de största FoU-länderna USA och Kina samt i andra stora länder. Därför är Sverige också väsentligt mer beroende än dessa länder av internationell öppenhet och av att vara effektivt integrerad i internationella forsknings- och innovationssystem. EU-samarbete spelar därför en avgörande roll för möjligheterna att få uppväxling på Sveriges FoU- och innovationsinvesteringar. Det vill säga att svenska investeringar i FoU- och innovation integreras och samspelar med EU:s och andra länders investeringar och kompetenser. Genom att medverka tillsammans med EU och andra medlemsländer får Sverige en hävstångseffekt på sina investeringar i forskning och innovation.

Stora FoU-satsningar i många länder och regioner – Sverige tappar position

Investeringar i forskning och innovation är avgörande för såväl näringslivets konkurrenskraft och samhällets klimatomställning som för den digitala omställningen och utvecklingen av hälsosystem och välfärd. Kraftfulla statliga FoU-investeringar görs nu i

många länder med dessa motiv samt för att stärka nationell säkerhet och teknologisk självständighet. Flera länder kommer nu att överskrida en procent i statliga FoU-investeringar i förhållande till BNP, vilket i sin tur kommer att stimulera näringslivet att också öka sina FoU-investeringar i dessa länder.

Sverige är ett av världens ledande forsknings- och innovationsländer. I olika innovationsindex och konkurrenskraftsindex har Sverige länge legat i toppskiktet, men under senare år syns en försvagning. Sveriges position i fråga om hur stora FoU-investeringar som görs i landet har också försämrats. Sverige ligger dock fortfarande på femte plats i världen vad gäller totala FoU-investeringar i förhållande till BNP tack vare näringslivets investeringar. I fråga om statliga FoU-investeringar i förhållande till BNP ligger Sverige emellertid först på femtonde plats i världen.

Med absoluta mått mätt är Sverige ett litet FoU- och innovationsland i ett globalt forsknings- och innovationslandskap. Dessutom döljer relativa jämförelser av FoU- och innovationsinvesteringar i förhållande till BNP att det inom stora länder finns delstater, provinser eller regioner i samma storleksordning som Sverige som har högre FoU-intensitet än Sverige. I sådana jämförelser placerar sig Sverige inte i världstoppen och inte heller bland de mest framträdande i EU.

EU kraftsamlar – Sverige svagt rustat för att utnyttja EU:s satsningar

För ett litet land som Sverige har internationell samverkan inom forskning och innovation blivit väsentligt viktigare än tidigare på grund av den kraftigt ökande globala konkurrensen. EU:s satsningar på forskning och innovation spelar därför en central roll för Sverige. EU:s betydelse gäller såväl för samarbeten inom EU som för FoU-allianser med länder utanför unionen. På egen hand har inte Sverige möjlighet att åstadkomma samma effekter och effektivitet av FoU-investeringar.

Men trots EU:s värde för små länder, tar inte Sverige del av EU:s möjligheter i full utsträckning. Sverige hör exempelvis inte till de ledande nationerna i fråga om att utnyttja EU:s finansiering för FoU-projekt. Sverige har ett nationellt mål om att ta del av 3,7 procent av EU:s totala FoU-budget för ramprogrammen för forskning och innovation, men når inte detta mål. Den svenska andelen av EU-finansieringen har också utvecklats svagare över tid än i andra mindre länder, däribland våra nordiska grannländer. Svenska aktörer koordinerar dessutom relativt få EU-projekt, vilket begränsar Sveriges EU-hävstång på FoU-investeringarna.

EU:s partnerskap är centrala instrument för kraftsamlingar inom EU. Men Sverige tar inte del i EU:s partnerskap i den utsträckning som man skulle kunna förvänta sig givet Sveriges storlek och styrka i forsknings- och innovationssystemen. Dessutom har Sverige alltför begränsade statliga anslag för att nationellt medfinansiera svenska aktörer som vill medverka i partnerskapen. Detta gäller även, med enstaka undantag, Sveriges deltagande inom de nya särskilda instrument som EU lanserat för att effektivt möta den geopolitiska konkurrensen och för att säkra EU:s konkurrenskraft och teknologiska självständighet.

Därutöver är Sverige sämre representerat än många andra länder inom EU:s olika organ och processer kopplade till EU:s policyutveckling och satsningar på forskning och innovation. Grundläggande är att skapa nationella FoU-agendor för att medverka i EU:s satsningar. Men den svenska organiseringen för att ta fram nationella strategier och mobilisera aktörer för detta är svagt utvecklad. Också det begränsar Sveriges möjligheter till effektiv uppväxling på svenska FoU-investeringar i EU-samarbetet.

Samhällsförändringar ger möjligheter men kräver prioritering och acceleration

De globala samhällsutmaningarna ställer höga krav på alla länders förmåga till omställning av hela system. Samtidigt genererar dessa samhällsförändringar en snabbt växande global efterfrågan på innovation, innovativa företag och förnyelse av hela värdekedjor.

Sverige har, jämfört med de flesta andra mindre länder, ett näringsliv som är präglad av förhållandevis många internationellt ledande företag inom olika näringsgrenar med stor FoU-verksamhet i Sverige. Dessa företag är dessutom starkt kopplade till varandra i utvecklingsblock i globalt växande värdekedjor. Det ger Sveriges nationella ekosystem för innovation en utvecklingspotential som de flesta andra länder saknar. En central del i de svenska strategierna och prioriteringarna bör därför vara att mobilisera och stärka innovationskraften som ligger i kopplingarna mellan näringslivets olika utvecklingsblock.

I de globala omställningarna har Sverige stor potential att generera konkurrenskraft och bidra till hållbar utveckling. För detta krävs satsningar som accelererar forskning och innovation. Fem områden är särskilt viktiga för svensk konkurrenskraft och dessa är dessutom ömsesidigt beroende av varandra:

- digital omställning av näringsliv och samhälle
- näringslivets konkurrenskraft genom klimatomställning
- nationell säkerhet genom civil-militära synergier
- hälsa genom banbrytande läkemedel och vård
- framtidssäkrat och resilient samhälle.

Banbrytande teknik kritisk för konkurrenskraft, men Sverige saknar strategi

Acceleration av banbrytande forskning och teknikutveckling är avgörande för att klara de snabba och genomgripande omställningar som pågår. Därför satsar världens ledande forsknings- och innovationsländer massivt på banbrytande forsknings- och teknikområden som anses speciellt betydelsefulla. Många länder har ambitiösa och högprioriterade teknik- och innovationsstrategier bakom dessa insatser. EU har de senaste åren också utvecklat flera strategier som ligger till grund för omfattande satsningar.

Sverige har potential inom många av dessa snabbt framväxande forsknings- och teknikområden. En utmaning är emellertid Sveriges i vissa avseenden svaga internationella position inom AI. Det är oroande, eftersom AI kommer att få fundamental betydelse för

konkurrenskraft, nationell säkerhet, life science och hållbar utveckling i de genomgripande samhällsförändringarna som pågår.

Det kommer att krävas målmedvetna satsningar för att öka hastigheten på forskning och innovation, om Sverige ska vara ett ledande forsknings- och innovationsland inom de viktiga banbrytande teknikområden där Sverige har potential. Det brådskar att utveckla och stärka Sveriges forsknings- och innovationsmiljöer inom dessa teknikområden. Att befinna sig vid den internationella fronten är nödvändigt för att Sverige ska kunna attrahera kunskapsintensiva investeringar och internationellt ledande kompetens.

Men bilden av Sveriges möjligheter inom banbrytande forsknings- och teknikområden är fragmenterad. Det saknas tydliga och nationella strategier för kraftsamling, acceleration och synergier, liksom budgeterade medel för dem. Eftersom en hastighetsökning inom sådan banbrytande teknik kommer att vara en kritisk faktor för konkurrenskraft i de globala industriella omställningarna, är bristen på strategier och resurser allvarliga hot mot Sveriges konkurrenskraft och position som ledande forsknings- och innovationsland.

En fundamental del av konkurrenskraftiga innovationssystem ligger i att nya och växande företag inom så kallad deeptech kommersialiserar banbrytande teknik. Men höga kapitalkrav och osäkerheter omgärdar utveckling och uppskalning av deeptech-företag och gör kommersialisering svårt. Ledande forsknings- och innovationsländer fokuserar därför på sammanhängande privat-offentliga system för finansiering och stöd för deeptech. Sveriges samlade system för sådan finansiering och stöttning är däremot svåröverskådligt och karakteriseras av svaga synergier. När många andra länder nu ökar takten inom deeptech-utvecklingen, riskerar Sveriges innovationsförmåga och konkurrenskraft att påtagligt hämmas.

Strategisk prioriteringsförmåga avgörande – Sveriges förmågor svagt utvecklade

Eftersom den globala utvecklingen både är komplex och osäker ställs avsevärt större krav på strategisk och målmedveten politik. Den måste baseras på systemperspektiv, omvärldsanalys och framsyn, och integrera olika politikområden och olika policynivåer. Internationellt ledande förmågor i dessa avseenden kommer att vara väsentliga för konkurrenskraftig och effektiv policyutveckling i den nya världsordningen. Då spelar forsknings- och innovationspolitik en central roll, både på nationell nivå och i internationell samverkan.

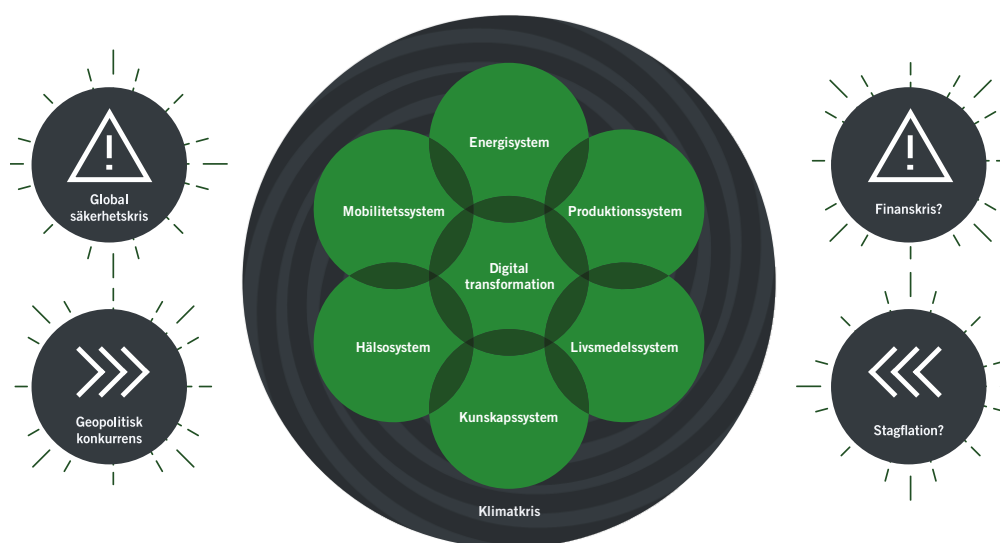
För att accelerera forskning och innovation, måste man göra strategiska prioriteringar och generera starka synergier mellan olika satsningar och delar av forsknings- och innovationssystemet. Men institutionaliserade processer för att åstadkomma detta är dåligt utvecklade i Sverige. Bristen är en påtaglig svaghet i det svenska forsknings- och innovationssystemet. I de stora och snabba globala samhällsförändringar som pågår, är avsaknaden av prioriteringar och synergier allvarliga hot mot Sveriges konkurrenskraft och position som ett ledande forsknings- och innovationsland.

1 Globala samhällsförändringar – ny världsordning

1.1 Perfekt storm av globala samhällsförändringar

Stora globala samhällsutmaningar har successivt byggts upp under lång tid. Under de senaste åren har de utvecklats till en "perfekt storm" av samhällsförändringar som är starkt sammanflätade och ömsesidigt beroende. Dessa utmaningar är på olika sätt kopplade till fundamentala så kallade marknads- och systemmisslyckanden, som handlar om globala marknadens och samhällssektors funktionssätt och geopolitisk konkurrens. Konsekvenserna är ett globalt landskap av samhällsutmaningar och kriser som karakteriseras av komplexa och ömsesidigt förstärkande effekter på hela samhällssystem, figur 1.

Figur 1. Perfekt storm av stora globala samhällsförändringar.



Källa: Vinnova

World Economic Forum listar följande stora och ökande risker: geopolitiska konflikter, cyberhot och brottslighet, naturkatastrofer och extremväder, anpassning till klimatförändringar, otillräckliga naturresurser, storskaliga miljöproblem, inflation, polarisering och växande sociala spänningar samt storskalig migration.¹ Internationella

¹ World Economic Forum, Global Risks Perception Survey 2022-2023, i World Economic Forum, The Global Risks Report 2023, 18th edition, Insight Report, s.30 [Global Risks Report 2023 | World Economic Forum | World Economic Forum \(weforum.org\)](https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023).

freds forskningsinstitutet, SIPRI, rapporterar samtidigt om kraftigt ökade globala militärutgifter som en följd av krig och ökade geopolitiska spänningar.²

Denna nya världsordning är komplex och präglas av osäkerhet för policyaktörer, näringsliv och medborgare. För att lösa och hantera dessa samhällsutmaningar och kriser krävs radikal förnyelse och anpassning av strukturer och processer för strategiska prioriteringar, styrning och organisering i alla sektorer och på alla nivåer i samhället. Internationell samverkan kommer då att ha avgörande betydelse. Samtidigt begränsar kraftigt ökande geopolitiska spänningar och direkta konflikter den politiska förmågan till internationell samverkan för utveckling av hållbara samhällsomställningar.

1.2 Agenda 2030 – globala framsteg och obalanser

Världens länder har det senaste decenniet gått framåt i arbetet med att förverkliga de 17 uppsatta sociala och miljömässiga mål som länderna beslutat om i Förenta nationernas (FN) Agenda 2030. Men FN:s egna index för hållbarhetsmålen *Sustainable Development Goals*, (SDG-index),³ visar att den positiva trenden bröts i samband med covid-19-pandemin. Inget av Agenda 2030-målen ser ut att nås på global nivå till år 2030. De ökade geopolitiska spänningarna och kriget i Ukraina har bidragit till en global minskning av måluppfyllelsen. Dessutom har samarbetet mellan världens länder försämrats, vilket fått negativa konsekvenser framför allt för fattiga nationer.

Rikare länder har generellt sett väsentligt högre SDG-index än fattigare länder. De rikare har alltså kommit längre mot att nå målen i Agenda 2030. EU och Sverige har uppnått positiva resultat i sin strävan mot flera socio-ekonomiska mål, men varit väsentligt sämre på att komma närmare de miljörelaterade målen. Den positiva utvecklingen mot målen i Agenda 2030 innebär samtidigt negativa övervältringseffekter på andra länder, framför allt på fattigare länder. Detta visas i hållbarhetsindexets så kallat *SDG-spillover index*, som mäter hur respektive land påverkar andra länder.

Lokaliseringen av olika delar i globala värdekedjor, liksom utvecklingen av de rikare ländernas konsumtionsmönster innebär att rikare länder "exporterar" negativa effekter kopplade till målen i Agenda 2030. Länder med hög import av exempelvis konsumtionsvaror belastas inte i SDG-indexet av bland annat utsläpp från produktionen av dessa. Den negativa miljöpåverkan tas i stället upp på producentländernas konton. Sådana övervältringseffekter mäts i SDG-spillover indexet, som beräknar miljöeffekter och sociala effekter förorsakade av handel, ekonomi, finansiella flöden och säkerhetspolicyer, figur 2.

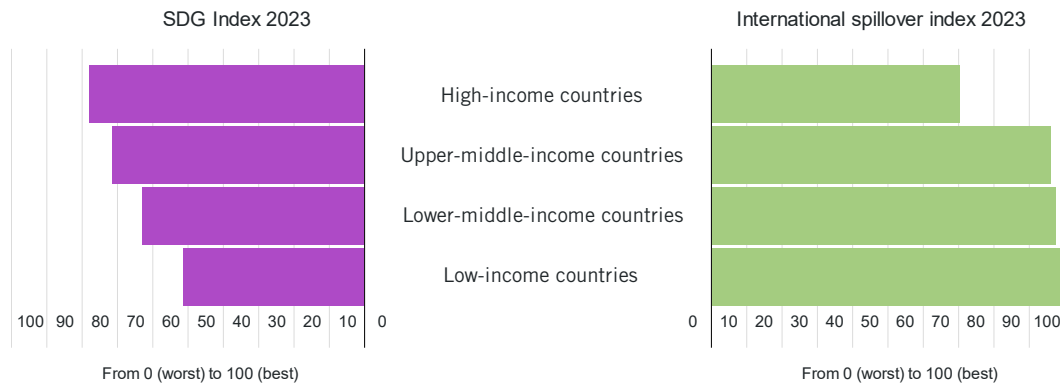
EU och Sverige har således internationellt sett stora negativa spridningseffekter till andra länder, vilket speglar en stor internationell handel. Klimatavtrycket av de varor och tjänster

² SIPRI, Elements of a Planetary Emergency, Environment of Peace, Part 1, s.5, [Elements of a Planetary Emergency: Environment of Peace \(Part 1\) | SIPRI](#).

³ Sustainable Development Solutions Network (SDSN) har utvecklat detta SDG-index för FN, [Sustainable Development Solutions Network \(unsdsn.org\)](#).

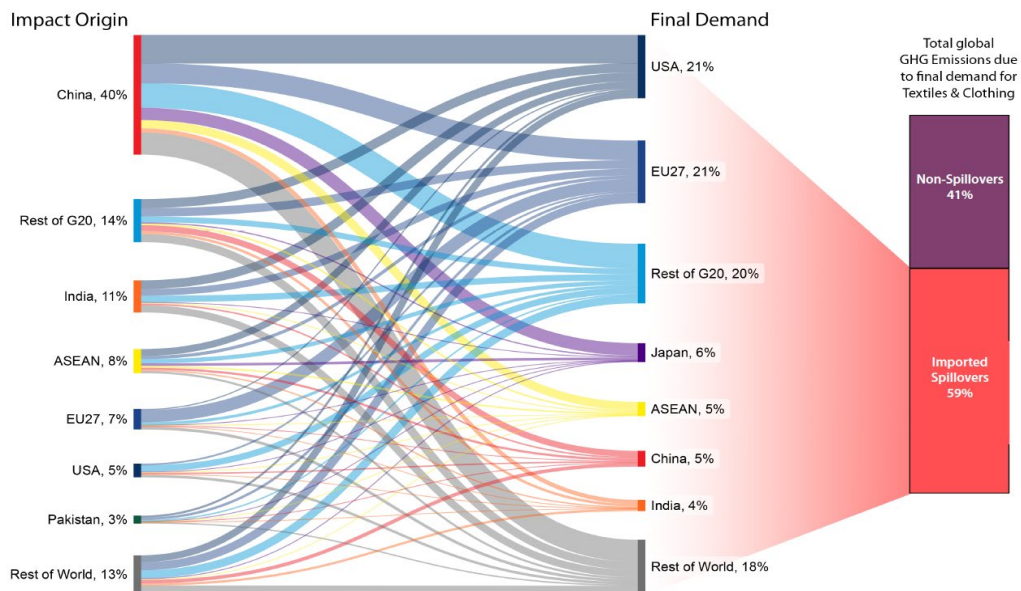
som EU och Sverige importerar påverkar de länder som producerar dessa varor, figur 3. För Sveriges del är dessa negativa spridningseffekter högre än genomsnittet för OECD-länderna.

Figur 2. SDG-index jämfört med internationellt spilloverindex för olika inkomstnivåer.



Källa: Sustainable Development Solutions Network, Sustainable Development Report 2023, Implementing the SDG Stimulus, s.32, Dublin 2023, [2023-sustainable-development-report.pdf](#).

Figur 3. Utsläpp av växthusgaser i slutlig konsumtion av textilier och kläder.



Källa: SDSN, Yale Center for Environmental Law & Policy, and Center for Global Commons at the University of Tokyo. 2023. Global Commons Stewardship Index 2022. Paris; New Haven, CT; and Tokyo, i Sustainable Development Solutions Network, Sustainable Development Report 2023, Implementing the SDG Stimulus, s.34, Dublin 2023, [2023-sustainable-development-report.pdf](#). Kommentar: De negativa effekterna uppstår i länderna på vänstra sidan av figuren, medan produkterna konsumeras i länderna på den högra sidan av figuren.

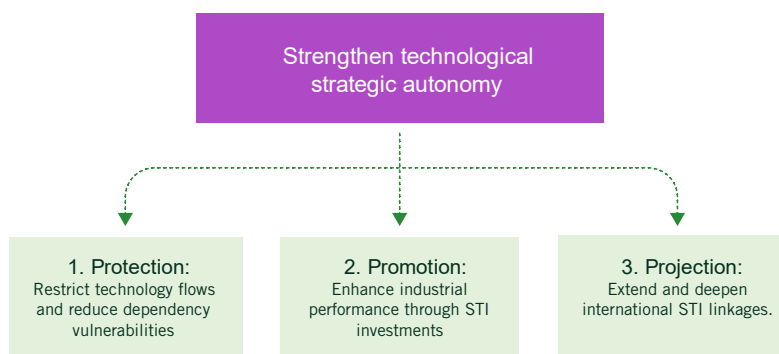
Samtidigt finns stor utvecklingspotential i de globala värdekedjor som genererar dessa negativa spridningseffekter. Klimatomställning och social hållbarhet i dessa produktions- och handelsmönster skulle kunna ge avsevärda effekter på den globala utvecklingen om negativa klimatavtryck och sociala villkor vänds till positiva. Samtidigt kan ledarskap i sådana omställningar stärka europeisk och svensk konkurrenskraft.

1.3 Geopolitik, industripolitik och Fol-politik i Kina och USA

Tre stora aktörskonstellationer, USA, Kina och EU, dominerar den geopolitiska konkurrensen om inflytande över den globala utvecklingen. Denna konkurrens om värdeskapande, nationell säkerhet, teknologiskt ledarskap och tillgång till kritiska resurser har intensifierats och fördjupats de senaste åren. Kampen mellan de politiskt och ideologiskt skilda blocken påverkar på fundamentala sätt näringslivet – dess drivkrafter, strategier och framtidsutsikter. Andra länders politiska förutsättningar att främja såväl hållbar utveckling som tillväxt, välfärd och säkerhet påverkas också starkt. Säkerhetsaspekten har kommit att bli alltmer central. En viktig del i detta är EU:s strävan efter strategisk autonomi när det gäller råvaror och industriella komponenter.

OECD konstaterar att det finns tre typer av policyer för att stärka teknisk suveränitet och strategisk självständighet – protektionism, stödda nationella innovationsförmågor och stärkande av internationella Fol-allianser, figur 4. En stor policyutmaning i den geopolitiska konkurrensen är att hitta en väl avvägd balans mellan dessa olika typer av strategier och policyåtgärder. Därför är de olika policyalternativen centrala dimensioner i många länders nationella teknik- och innovationsstrategier liksom i deras strategiska riskvärderingar. Även i EU:s strategiska fokus och prioriteringar är balansen mellan dem viktig.

Figur 4. Tre typer av policystrategier för teknologisk strategisk autonomi.



Källa: OECD, *STI Outlook 2023*, s.47, [OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023 : Enabling Transitions in Times of Disruption | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\)](#)

Kinas industri- och FoU-politik har under lång tid varit målmedvetet sammanflätade när det gäller landets ambitioner om ekonomisk tillväxt och geopolitik. Under senare år har emellertid Kinas direkta industripolitiska interventioner ökat i syfte att ta stora teknologiska kliv uppåt i de globala värdekedjorna. Stöd till så kallade "national champions" är en väsentlig del av denna politik.

Redan under 1990-talet genererade Kinas snabba industriella utveckling och export utmaningar för USA:s handels- och industripolitik. Sedan dess har exporten från Kina varit en central dimension i relationerna, vilket också fått allt större global betydelse.

USA:s civila forsknings- och innovationspolitik har under lång tid varit nära kopplad till militära och säkerhetspolitiska behov, så kallad dual-use. Department of Defence (DoD) svarar för omkring 40 procent av USA:s federala FoU-investeringar⁴ och knappt 60 procent av de federala FoU-investeringarna till så kallad experimentell utveckling.⁵ Den amerikanska politiken har under de senaste åren svängt från en uttalat protektionistisk handelspolitik i förhållande till Kina till en tydlig och offensiv industripolitik. Kraftfulla satsningar på forskning och innovation spelar i det sammanhanget en huvudroll. FoU-satsningarna motiveras i hög grad av säkerhetspolitiska och geopolitiska skäl, där teknologisk och ekonomisk säkerhet har stor tyngd.

USA har även bytt åsikt i fråga om sin tillverkningsindustri. Dels har nu fokus satts på halvledarindustrin, dels på hela värdekedjor kopplade till samhällets och näringslivets klimatomställning. I USA:s stora FoU-satsningar ligger starka statliga incitament som syftar till att attrahera såväl FoU-investeringar som industriella investeringar och produktion. Satsningar och subventioner koncentreras kring investeringar i förnybar energiproduktion, anskaffning av elfordon samt tillverkning av sådana produkter, liksom kring komponenter och material som ingår i dessa.⁶ Subventionerna ska gälla fram till 2031, men det har spekulerats i att de kan komma att förlängas ytterligare.

USA:s och Kinas kraftfulla politik för industriellt och teknologiskt ledarskap påverkar och utmanar EU:s förmåga att attrahera FoU-investeringar och industriell utveckling. Samtidigt utmanas EU:s teknologiska och säkerhetspolitiska självständighet – dess autonomi, som i hög utsträckning handlar om att värna en egen förmåga inom snabbt växande nyckelteknologier baserade på avancerad forskning och innovation.

⁴ [Research and Development \(whitehouse.gov\)](https://www.whitehouse.gov/research-development/).

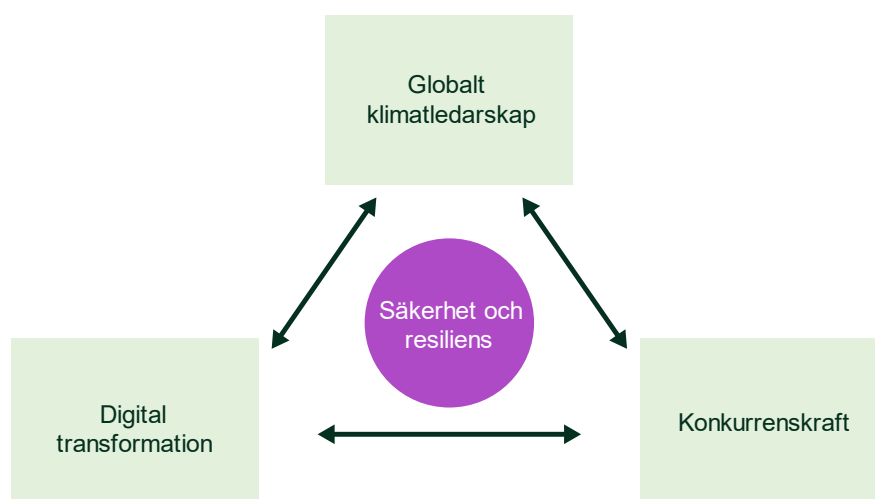
⁵ [National Science Foundation](https://www.nsf.gov/), figur 3.

⁶ Eftersom merparten av värdekedjorna för solceller, vindkraftverk och batterier idag återfinns utanför USA tillåts inledningsvis att en del av produkternas förädlingsvärde sker utomlands i länder som USA betraktar som vänligt sinnade men kraven på inhemsk förädlingsvärdesandel ökar snabbt.

2 EU – kraftfull FoI- och industripolitik

EU driver en ambitiös agenda med allt starkare insatser för att accelerera forskning och innovation (FoI). Motiven är att säkra EU:s konkurrenskraft och att göra det genom klimatomställning, digital omställning, hållbar utveckling samt resiliens i näringsliv och samhälle. EU vill också säkerställa sin teknologiska självständighet – en strävan som ökat markant i styrka. Denna policyinriktning är svar på den ökande geopolitiska konkurrensen och i synnerhet Kinas och USA:s offensiva industri- och innovationspolitik. EU:s policyagenda innehåller många olika delar. Den kan sammanfattas som en samlad strategi för att stärka unionen genom målmedvetna, kraftfulla satsningar och synergier kopplade till fyra övergripande och ömsesidigt beroende mål: globalt klimatledarskap, digital omställning, konkurrenskraft samt säkerhet och resiliens, figur 5.

Figur 5. EU:s policyagenda – kraftsamling i geopolitisk konkurrens.



Källa: Vinnova

EU har de senaste åren utvecklat en väsentligt bredare repertoar av instrument och policyprocesser. Dessa har infogats i det stora ramprogrammet för forskning och innovation, Horisont Europa, men i stor utsträckning även utanför ramprogrammet. Här utgör EU:s *Green Deal* kompassriktningen. Viktiga nya EU-instrument för teknologisk och industriell kraftsamling är EU:s fem *Missions*, *Chips Act*, *Critical Raw Materials Act*, *Net Zero Industry Act*, *Important Projects of Common European Interest (IPCEI)* och *European Investment Fund (EIF)*. Dessa syftar till gemensamma satsningar mellan EU:s medlemsländer. Instrumenten förutsätter därför betydande nationell medfinansiering.

Av stor betydelse för EU:s länder och olika aktörer är att de kan samverka på en EU-arena i den globala konkurrensen. Mindre EU-länder, däribland Sverige, har i praktiken små möjligheter att självständigt åstadkomma nödvändiga kraftsamlingar. Om inte EU kan an-

vändas för uppväxling av svenska FoU-investeringar, riskerar Sverige att hamna i periferin i den globala utvecklingen.

I januari 2020 antog den nyttillträdde EU-kommissionen sitt arbetsprogram *Commission Work Program 2020* (CWP 2020). Den grundläggande strategiska ambitionen i detta program är långsiktiga och målmedvetna policyer och satsningar för vad som beskrivs som ett rättvist, klimatneutralt och digitalt Europa.⁷ Arbetsprogrammet omfattar tre olika delar:

- *A European Green Deal*, eller Den gröna given, syftar till att göra Europa till världens första klimatneutrala kontinent år 2050. Samtidigt ska strategin stimulera näringslivets konkurrenskraft och säkra en rättvis omställning för regioner och arbetskraft.
- *A Europe fit for the digital age* baseras på tre pelare: 1) teknologi ska fungera för människor, 2) Europa ska ha en rättvis och konkurrenskraftig ekonomi, 3) Europa ska vara ett öppet, demokratiskt och hållbart samhälle.
- *A stronger Europe in the world* syftar till att främja utvecklingen av en världsordning baserad på multilaterala regelsystem, genom "strengthening our unique brand of responsible global leadership" som det uttrycks i arbetsprogrammet.

Arbetsprogrammet uppdaterades redan i maj 2020 för att koordinera EU inför den hälso- och samhällskris som covidpandemin skapade.⁸ Samma dag lanserade EU-kommissionen sin *Recovery Plan for Europe*.

2.1 EU:s ramprogram för FoU – Horisont Europa

EU:s ramprogram för forskning och innovation, *Horisont Europa*, är EU:s nionde ramprogram och löper mellan åren 2021 och 2027. Det är världens största forsknings- och innovationsprogram. Ramprogrammet har en budget på 95,5 miljarder euro, vilket är en ökning med 22 procent jämfört med föregående ramprogram. Programmet är organiserat i tre pelare, figur 6:

- Pelare 1: Vetenskaplig spetskompetens
- Pelare 2: Globala utmaningar och europeisk industriell konkurrenskraft
- Pelare 3: Innovativa Europa.

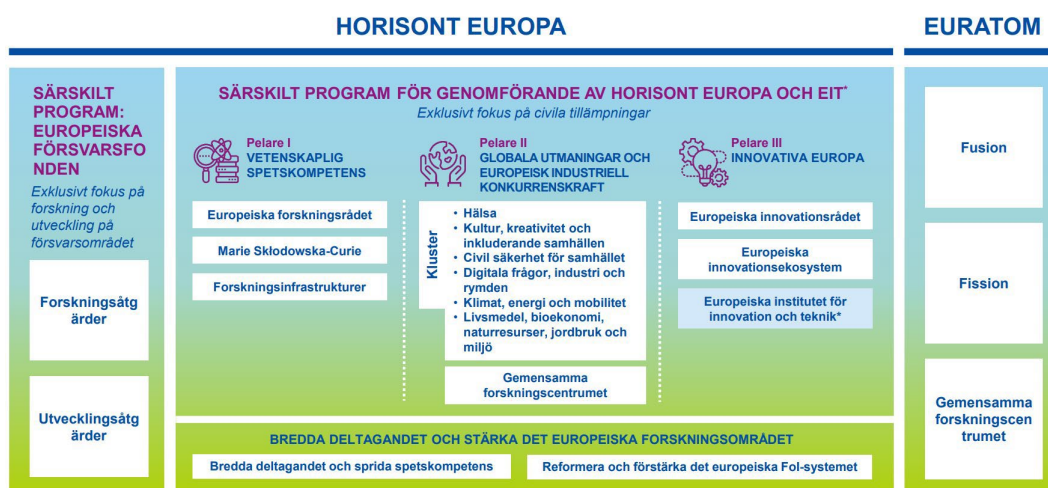
Sedan förra ramprogrammet har Horisont Europa kompletterats med tre nya instrument:

⁷ EPRS, European Parliamentary Research Service, The von der Leyen Commission's six priorities: State of play in autumn 2020, Briefeign, European Union, 2020, [The von der Leyen Commission's six priorities: State of play in autumn 2020 \(europa.eu\)](#).

⁸ EPRS, European Parliamentary Research Service, The von der Leyen Commission's six priorities: State of play in autumn 2020, Briefeign, European Union, 2020, [The von der Leyen Commission's six priorities: State of play in autumn 2020 \(europa.eu\)](#).

- Europeiska innovationsrådet för startups och snabbt växande små och medelstora företag
- Missions för fem samhällsutmaningar: klimatanpassning, cancer, markens tillstånd och livsmedel, klimatneutrala och smarta städer samt friska hav, kust och inlandsvatten
- Europeiska Försvarsfonden.

Figur 6. Horisont Europa – pelare, kluster och delområden.



* Europeiska institutet för innovation och teknik (EIT) ingår inte i det särskilda programmet



Källa: Vinnova, Horisont Europa – årsbok 2022, Svenskt deltagande i EU:s nionde ramprogram för forskning och innovation, s.5, [vinnova-vr23-08.pdf](https://www.vinnova.se/rapporter/2023-08-08/vinnova-vr23-08.pdf).

Europeiska partnerskap har fått en väsentligt större roll inom Horisont Europa. Syftet med partnerskapen är att länka samman nationella och regionala satsningar med Horisont Europa liksom att möjliggöra globala samarbeten. De baseras på samverkan mellan EU-kommissionen, medlemsländerna och associerade länder, näringsliv och andra intressenter. För att EU:s medlemsstater och associerade länder ska kunna delta fullt ut i partnerskapen måste de bidra till dess finansiering. Det innebär att partnerskapen ökar resurserna till ramprogrammets projekt. Samtidigt betyder det att länder som bidrar till finansieringen också påverkar inriktningen på FoU-projekten inom ramprogrammet.

EU-kommissionens målsättning är att den totala finansieringen via partnerskapen ska uppgå till cirka 55 miljarder euro, varav drygt 40 procent, omkring 24 miljarder euro, via budgeten i Horisont Europa. Det motsvarar omkring en fjärdedel av den totala budgeten i ramprogrammet. Knappt 60 procent av finansieringen av partnerskapen förväntas bekostas av olika partners i medlemsstater och associerade länder.

Totalt finns 49 partnerskap inom Horisont Europa. De så kallade institutionaliserade partnerskapen svarar för största delen, 57 procent, av budgeten för partnerskap inom Horisont Europa. Den större delen av denna andel av budgeten fördelas till tio så kallade

Joint Undertakings (JU). Dessa är generellt ledda av näringslivet, med undantag för *Global Health, High Performance Computing och Key Digital Technologies*. Samprogrammerade partnerskap (co-programmed) svarar för en tredjedel av partnerskapsbudgeten inom Horisont Europa, medan samfinansierade program (co-funded) tillsammans med program i medlemsstater och associerade länder svarar för 10 procent av partnerskapsbudgeten.⁹

2.2 NextGenerationEU och Green Deal Industrial Plan

I stort sett samtidigt som den nya EU-kommissionen tillträdde i början av 2020, bröt covidpandemin ut. När pandemin gick mot sitt slut startade kriget i Ukraina. Dessa utmaningar har ytterligare förstärkts och komplicerats av den eskalerande geopolitiska konkurrensen mellan Kina och USA om investeringar i näringsliv samt forskning och utveckling (FoU). EU-kommissionen har därför lanserat en rad åtgärds paket: först för ekonomisk och samhälllig återhämtning i spåren av pandemin, sedan för att säkerställa ett konkurrenskraftigt och självständigt Europa i den hårdnande geopolitiska konkurrensen.

NextGenerationEU

I syfte att generera ett snabbt förbättrat ekonomiskt tillstånd inom hela EU efter pandemin, introducerades 2021 ett historiskt kraftfullt återhämtningspaket, *NextGenerationEU* (NGEU). NGEU gav EU-kommissionen mandat att låna upp cirka 807 miljarder euro under perioden 2021–2026. De nya resurserna skulle användas till lån och bidrag till medlemsstaterna via EU:s program för ekonomisk återhämtning. NGEU innebar även en ny utvidgad roll för EU-kommissionen inom ramen för EU-samarbetet – den som orkestrerare av EU-gemensam upplåning, fördelning av lån och bidrag.¹⁰

Inom ramen för NextNenerationEU infördes *The Recovery and Resilience Facility* (RRF) i februari 2021, som det centrala instrumentet för fördelning av lån och bidrag till medlemsstaternas återhämtningssatsningar. Den totala omfattningen av RRF är cirka 724 miljarder euro, varav cirka 386 miljarder euro i lån och omkring 338 miljarder euro i bidrag under perioden 2021–2026. Medlemsstaternas tillgång till RRF-finansiering baseras på respektive lands *Recovery and Resilience Plan* (RRP).¹¹

Även om RRF är ett mycket omfattande finansiellt paket för återhämtning, är det ändå väsentligt mindre än i många länder utanför Europa. I USA exempelvis motsvarar *American Rescue Plan* så mycket som 25 procent av amerikansk BNP, figur 7.

⁹ European Commission, Performance of European partnerships, Biennial monitoring report 2022 on partnerships in Horizon Europe, s.29, [performance of european partnerships-KI0521240ENN.pdf](#).

¹⁰ Ibid, s.22.

¹¹ OECD TIP, Schwaag-Serger et.al, Transformative innovation policy in practice in Austria, Finland and Sweden, What do the Recovery and Resilience Plans tell us about linking transformation and innovation policy?, DSTI/STP/TIP(2022)/27/REV1, 23 May 2023, s.5, [O.N.E - Transformative innovation policy in practice in Austria, Finland and Sweden \(oecd.org\)](#).

EU:s *Green Deal Industrial Plan*, som presenterades i februari 2023, kan ses som gemenskapens huvudsakliga svar på USA:s *Inflation Reduction Act*. Syftet är att undvika att företag inom clean-tech flyttar till USA. De väsentliga mekanismerna i detta paket utgår från att lätta på restriktionerna i EU:s statsstödsregler. Nu ska generösare nationella statsstöd tillåtas, inklusive skatteincitament. Planen har fyra inriktningar:

- förutsägbara och förenklade regelverk
- snabbare tillgång till finansiering
- stärkt kompetensförsörjning
- öppen handel för resilienta värdekedjor.

För att driva på utvecklingen av den första punkten – förutsägbara och förenklade regelverk – har EU lanserat flera initiativ: *Net-Zero Industry Act*, *Critical Raw Materials Act* och en reformering av elmarknaden. För att snabba på tillgången till finansiering, den andra punkten, har EU lättat på statsstödsreglerna. Man har också föreslagit ökad finansiering av FoU samt tillverkning och tillämpning av grön teknik inom EU.

Som reaktion på Rysslands invasion av Ukraina, införde EU frikostigare statsstödsregler redan genom *Temporary Crisis Framework* (TCFT) i mars 2022. Detta regelverk gör det möjligt för medlemsstaterna att med vissa begränsningar ge bidrag till företag. TCFT:s regelverk modifierades i mars 2023. Ändringarna gjordes som ett direkt svar på den amerikanska *Inflation Reduction Act*. Dessutom gjordes ett tillägg till EU:s *General Block Exemption Regulation* (GBER), i syfte att underlätta och öka hastigheten i den gröna och digitala omställningen.

I spåren av den globala finanskrisen 2007–2008 och eurokrisen under åren därefter, lanserades år 2015 den Europeiska fonden för strategiska investeringar (EFSI). Under nuvarande budgetperiod (2021–2027) har den fått namnet InvestEU med en ursprunglig budget på 26,2 miljarder euro. När *Strategic Technologies for Europe Platform* (STEP) bildades i juni 2023 innebar det att ytterligare 7,5 miljarder euro tillfördes fonden.

EU:s innovationsfond (EIF) inrättades 2020 för att finansiera demonstration av innovativ teknik som minskar växthusgasutsläpp. Fonden finansieras av överskott från EU:s utsläppshandelssystem. Ytterligare en mekanism har införts, *Important Projects of Common European Interest* (IPCEI). Instrumentet gör det möjligt för medlemsländerna att ge statsstöd till gränsöverskridande forsknings-, utvecklings- och investeringsprojekt av särskild betydelse för europeisk utveckling. Statsstöd kan alltså nu ges i en omfattning som tidigare inte hade varit möjlig under EU:s statsstödsregler.

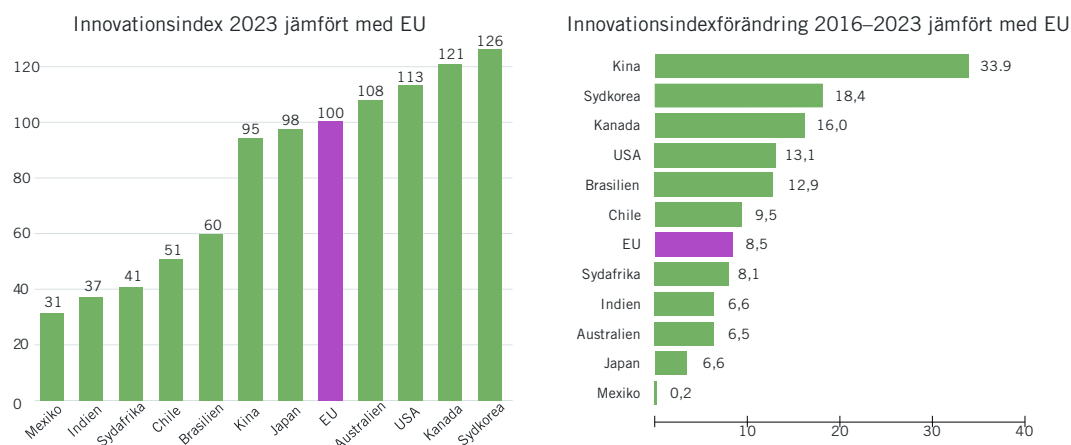
3 Sveriges Fol-system

– internationell jämförelse

3.1 Innovationsindex och konkurrenskraftsindex

Internationella index över innovation pekar på att EU:s innovationsförmåga under senare år har utvecklats sämre än den gjort i USA, Kina och Sydkorea. Enligt Eurostat:s årliga *European Innovation Scoreboard* (EIS) är dock EU:s innovationsförmåga fortfarande något starkare än Kinas, men väsentligt svagare än USA:s, figur 8. Även Sydkorea och Kanada, som har betydligt mindre ekonomier, har starkare innovationsförmåga än EU. Men skillnaderna är stora mellan olika EU-länder.

Figur 8. EU:s innovationsförmåga jämfört med länder utanför EU.



Källa: European Commission, *European Innovation Scoreboard 2023*, s.37, Brussels 2023, [European innovation scoreboard \(europa.eu\)](https://european-innovation-scoreboard.europa.eu). Kommentar: Indexförändringar 2016–2023 avser jämförelser med EU:s innovationsindex 2016.

Sverige är enligt alla internationella innovationsindex en av världens ledande innovationsnationer. Olika index rankar Sverige lite olika i internationell jämförelse, men inget index placerar Sverige sämre än på sjätte plats. Sverige har länge varit det mest innovativa landet i EU, enligt EIS, tabell 1.

I den senaste analysen har dock Danmark passerat Sverige. Även Schweiz placerar sig före Sverige i en jämförelse som även inkluderar europeiska länder utanför EU. Den svenska utvecklingen har varit svagare än i många andra europeiska länder de senaste åren, figur 9.

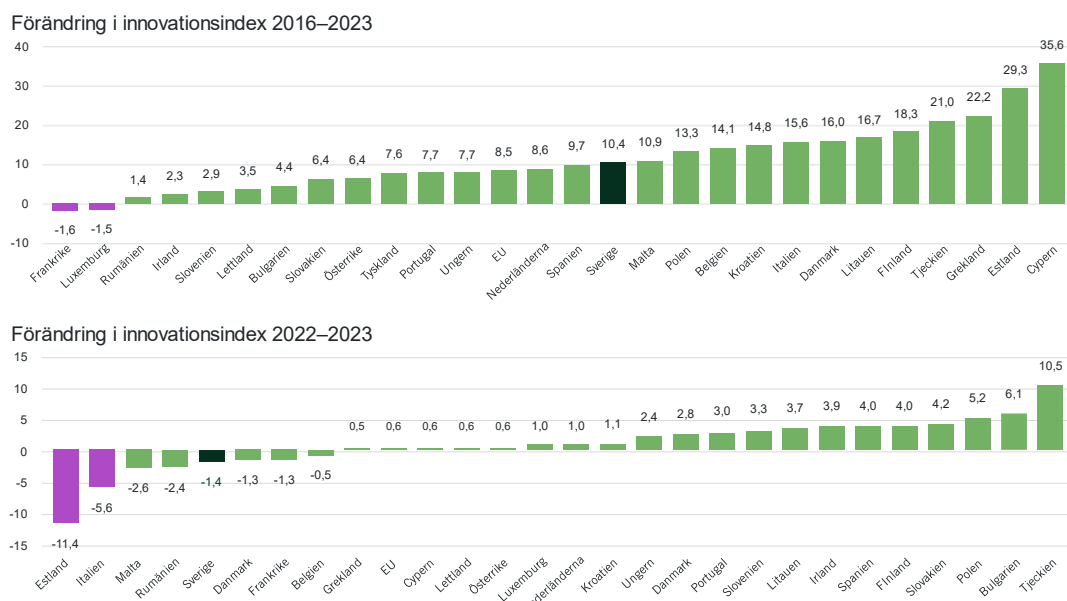
Ett annat innovationsindex är *Global Innovation Index* (GII), som publiceras årligen sedan 2011 av World Intellectual Property Organisation (WIPO), Cornell University och Institut

Européen d'Administration des Affaires (INSEAD). Det senaste indexet publicerades 2023. Enligt detta index var Sverige det näst mest innovativa landet i världen efter Schweiz.¹⁴

Tabell 1. Sveriges ranking i olika innovationsindex och konkurrenskraftsindex.

Index	Innovationsindex				Konkurrenskraftsindex	
	Bloomberg innovation index (2021)	European Innovation Scoreboard	Global Innovation index	Innovationsindikator (2023)	Global competitiveness Index (2019)	World Competitive Index (2023)
Sveriges placering	5	3	2	6	8	8
Källa	Bloomberg news	EU-kommissionen Eurostat	World intellectual property Organisation (WIPO)	Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) & Roland Berger	World Economic Forum	International Institute for Management Development

Figur 9. Förändring i innovationsindex 2016–2023 i olika EU-länder.



Källa: European Commission, *European Innovation Scoreboard 2023*, s.15, Brussels 2023, [European innovation scoreboard \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&code=sdg_8_3_1). Kommentar: Indexförändringar avser förändringar i relation till EU:s index 2016.

Ett mindre omfattande innovationsindex görs av nyhetsbyrån Bloomberg News, *Bloomberg Innovation Index* (BII). I detta innovationsindex låg Sverige år 2021 på femte plats i världen, efter Sydkorea, Singapore, Schweiz och Tyskland, det vill säga en något annorlunda värdering än i EIS. Ett tyskt innovationsindex, *Innovationsindikator*, som

¹⁴ [Global Innovation Index 2023 – Innovation in the face of uncertainty \(wipo.int\)](https://www.wipo.int/presscenter/2023/innovation-in-the-face-of-uncertainty).

publiceras av Bundesverband der deutschen industri (BDI) och Roland Berger, placerar Sverige på sjätte plats i världen 2023, efter Schweiz, Singapore, Danmark, Belgien och Irland. Även i detta index har Sverige tappat position, från att ha varit tvåa 2015, till en sjätte plats mellan 2021 och 2023.¹⁵

Utöver index som direkt inriktas mot innovation finns ett antal index som mäter konkurrenskraft. Dessa är något bredare än de innovationsindex som diskuterats ovan, men de överlappar varandra i betydande omfattning i fråga om de indikatorer som används. International Institute for Management Development (IMD) publicerar sedan 1989 varje år *World Competitiveness Yearbook*. Under åren 1989–1995 gavs den ut i samarbete med World Economic Forum och benämndes då *World Competitiveness Report*. Den senaste rankingen publicerades den 1 juni 2023. Av 64 analyserade länder placerade sig Sverige som nummer åtta. Danmark rankades som världens mest konkurrenskraftiga land. Övriga länder som placerade sig före Sverige var Irland, Schweiz, Singapore, Nederländerna, Taiwan och Hong Kong.¹⁶ Ett annat konkurrenskraftsindex är *Global Competitiveness Index (GCI)* som publiceras av World Economic Forum sedan 2004. Det senaste indexet är från 2019.¹⁷ I GCI rankades Singapore, USA och Hongkong som de tre mest konkurrenskraftiga länderna. Av europeiska länder placerade sig Nederländerna, Schweiz och Tyskland före Sverige som hamnade på åttonde plats. Närmast efter Sverige kom Storbritannien, Danmark och Finland.¹⁸

3.2 FoU-investeringar i internationell jämförelse

Investeringar i forskning och utveckling (FoU) är avgörande för såväl näringslivets konkurrenskraft och samhällets klimatomställning som för hållbar digital omställning, nationell säkerhet samt utvecklingen av hälsa och välfärd. Sverige har länge varit ett av världens ledande länder i fråga om FoU-investeringar, men i många andra länder ökar nu FoU-investeringarna snabbare. Bland annat investeras stora statliga medel i forskning och utveckling. Förutom att stärka konkurrenskraften finns också andra motiv bakom satsningarna, såsom att påskynda klimatomställningen, stärka nationell säkerhet och teknologiskt oberoende samt att attrahera investeringar och kompetens. I Sverige ligger statens FoU-investeringar inte längre i den internationella toppen. Flera länder kommer nu att överskrida en procent i statliga FoU-investeringar, vilket i sin tur kommer att stimulera ökade FoU-investeringar i näringslivet i dessa länder. Sannolikt kommer detta att innebära att Sverige tappar i position i fråga om investeringar i forskning och utveckling.

De globala investeringarna i FoU domineras av tre stora block – USA, Kina och EU. De totala FoU-investeringarna i USA är fortfarande väsentligt större än i Kina och EU, både i

¹⁵ Bundesverband der deutschen Industrie e. V. (BDI), Roland Berger, Innovationsindikator 2023, Berlin 2023, [Wie innovativ ist Deutschland? | Innovationsindikator 2023](#).

¹⁶ [World Competitiveness – IMD business school for management and leadership courses](#).

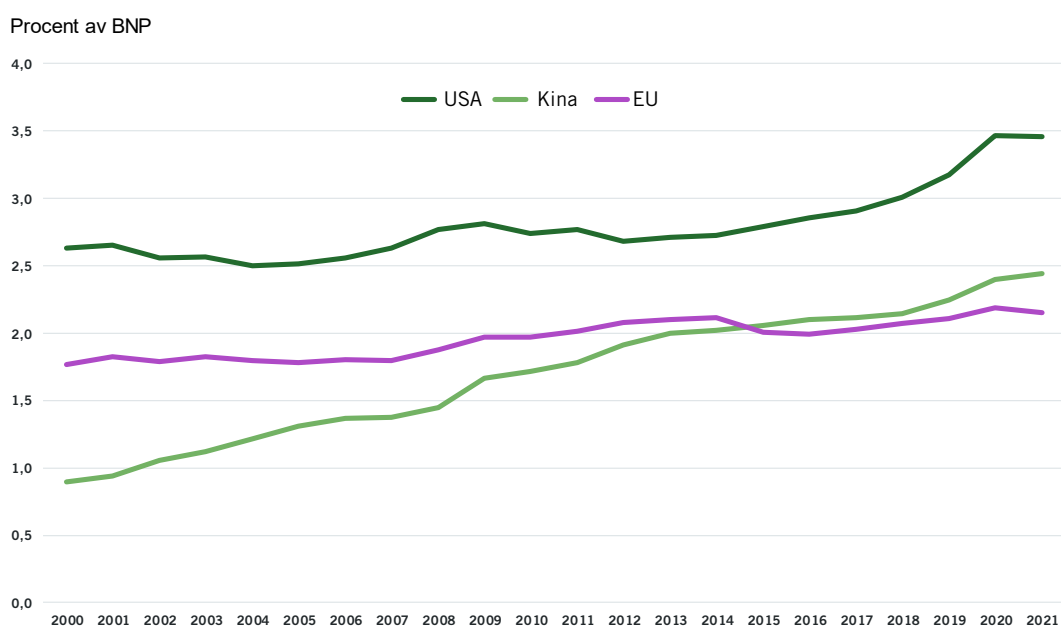
¹⁷ World Economic Forum, The Global Competitiveness Report 2019, World Economic Forum, Geneva 2019.

¹⁸ [WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf \(weforum.org\)](#).

absoluta tal och som andel av BNP. Kinas utveckling de senaste 20 åren har dock varit remarkabel. I förhållande till BNP har Kina passerat EU. USA:s FoU-investeringar har också ökat kraftigt det senaste decenniet, medan EU:s stagnerat under samma tioårsperiod, figur 10.

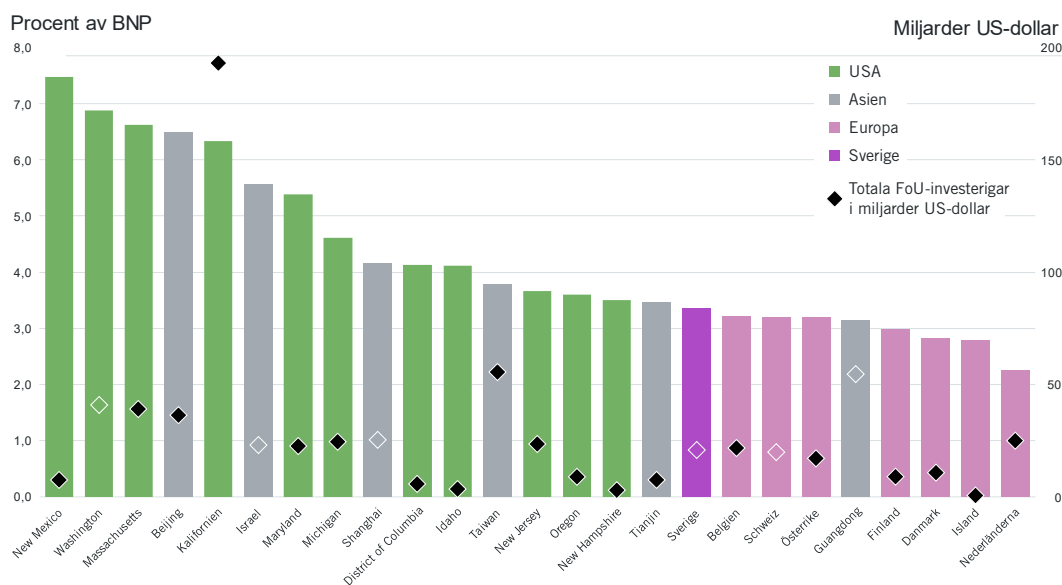
Sverige är bland de ledande länderna i världen i fråga om FoU-investeringar i förhållande till BNP. Samtidigt döljer sådana relativa jämförelser att investeringarnas absoluta storlek spelar stor roll för att attrahera kunskapsintensiva företag och ledande forskare. I absoluta tal är Sveriges FoU-investeringar inte bland de 15 främsta länderna, figur 11.

Figur 10. Totala FoU-investeringar i procent av BNP i USA, Kina och EU.



Källa: OECD, [Main Science and Technology Indicators \(oecd.org\)](https://www.oecd.org/), World Bank Data, [Research and development expenditure \(% of GDP\) - China | Data \(worldbank.org\)](https://data.worldbank.org/). Kommentar: OECD-data år 2015–2021 för USA och EU (27).

Figur 12. Totala FoU-investeringar i Sverige och andra mindre länder 2021 jämfört med delstater i USA 2020 respektive storstadsområden och provinser i Kina 2020.



Källa: OECD, [Main Science and Technology Indicators \(oecd.org\)](#) USA, [National Patterns of R&D Resources | NSF - National Science Foundation](#), Kina, [China Science and Technology Statistics Databook](#).

Även i Europa har flera regioner i Sveriges storlek en högre FoU-intensitet än Sverige. Däribland de tyska delstaterna Baden-Württemberg och Niedersachsen. Baden-Württemberg har en FoU-intensitet på cirka 6 procent.¹⁹ I Sverige är Västra Götaland den region som har störst FoU-investeringar och klart högst FoU-intensitet, drygt 5 procent i förhållande till bruttoregionalprodukten (BRP).²⁰ Västra Götaland är befolkningsmässigt emellertid en väsentligt mindre region än Baden-Württemberg och Niedersachsen, men ungefär i samma storlek som delstaterna New Mexico och Idaho i USA.

USA:s och Kinas mycket stora satsningar påverkar avsevärt den globala spelplanen och konkurrenssituationen för forskning och innovation. Mot denna bakgrund har även EU kraftigt ökat ambitionerna för att stärka såväl forskning och innovation som industriell och teknologisk konkurrenskraft. Flera länder i Asien utöver Kina, däribland Sydkorea, Japan och Taiwan har lanserat stora satsningar på forskning och innovation. Även i flera länder i Europa görs nu stora satsningar. Vissa av dessa länder har formulerat volymmål för totala FoU-investeringar respektive för statens investeringar. EU:s gemensamma FoU-intensitetsmål är 3 procent av BNP och 1 procent offentliga FoU-investeringar av BNP. Inom EU diskuteras att höja målet för offentliga FoU-investeringar till 1,25 procent av BNP.²¹ I Finland har FoU-intensitetsmålet satts till 4 procent av BNP i den nya FoU-lag som trädde i kraft år 2023. Volymmålet för finländska statens FoU-investeringar sattes samtidigt till

¹⁹ [Forschungsintensität in Baden-Württemberg erreicht mit 5,8 % einen neuen Rekord - Statistisches Landesamt Baden-Württemberg \(statistik-bw.de\)](#), [Niedersachsen R&D expenditures as % of GDP, 1980-2022 - knoema.com](#).

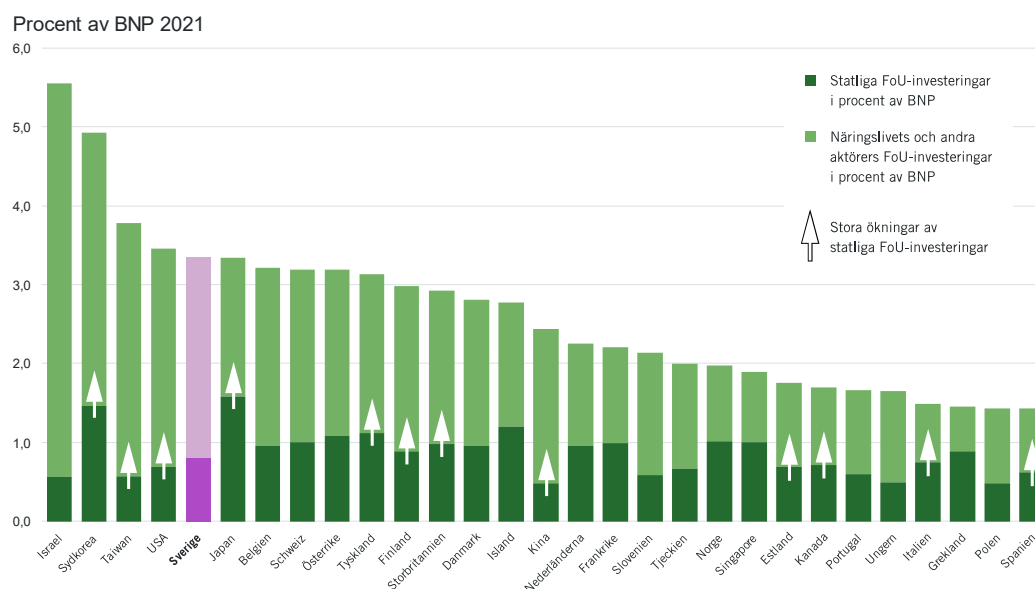
²⁰ EU, [Research and development statistics at regional level - Statistics Explained \(europa.eu\)](#).

²¹ European Commission, [r&d investment targets and reforms-KIBD21001ENN.pdf](#).

1,2 procent av BNP från och med år 2030.²² Japan och Island är andra länder som har målet att nå en FoU-investeringsvolym på 4 procent av BNP och i Tyskland har målet satts till 3,5 procent av BNP. I nio länder inom Organisationen för ekonomiskt samarbete och utveckling (OECD) översteg år 2021 de statliga FoU-investeringarna 1 procent av BNP.

I Sverige motsvarade statens investeringar i FoU 0,8 procent av BNP under 2021. Genom de nya stora satsningar som många länder gjort efter detta år, kommer fler att överskrida 1 procent i statliga FoU-investeringar. Detta kommer att stimulera näringslivet att öka sina FoU-investeringar i dessa länder. Sannolikt får det till följd att Sverige tappar ytterligare i position i fråga om FoU-investeringar i förhållande till BNP, figur 13.

Figur 13. Totala FoU-investeringar 2021 i förhållande till BNP fördelade på finansieringskällor och de senaste årens utveckling av statliga FoU-investeringar.



Källa: OECD, [Main Science and Technology Indicators \(oecd.org\)](https://www.oecd.org/) och egna analyser av policyutvecklingen i olika länder.
 Kommentar: Staplarnas totala höjd avser totala FoU-investeringar i relation till BNP år 2021, höjden på de mörkgröna staplarna avser statliga FoU-investeringar, direkta plus indirekta via skatteincitament, i relation till BNP år 2020.

3.3 Sveriges FoU-system

Sverige är, som konstaterats, ett av de länder i världen som investerar mest i FoU i relation till landets storlek. Sveriges FoU-system har dessutom, i jämförelse med de flesta andra länder ett välutvecklat och brett FoU-system med ett betydande antal multinationella

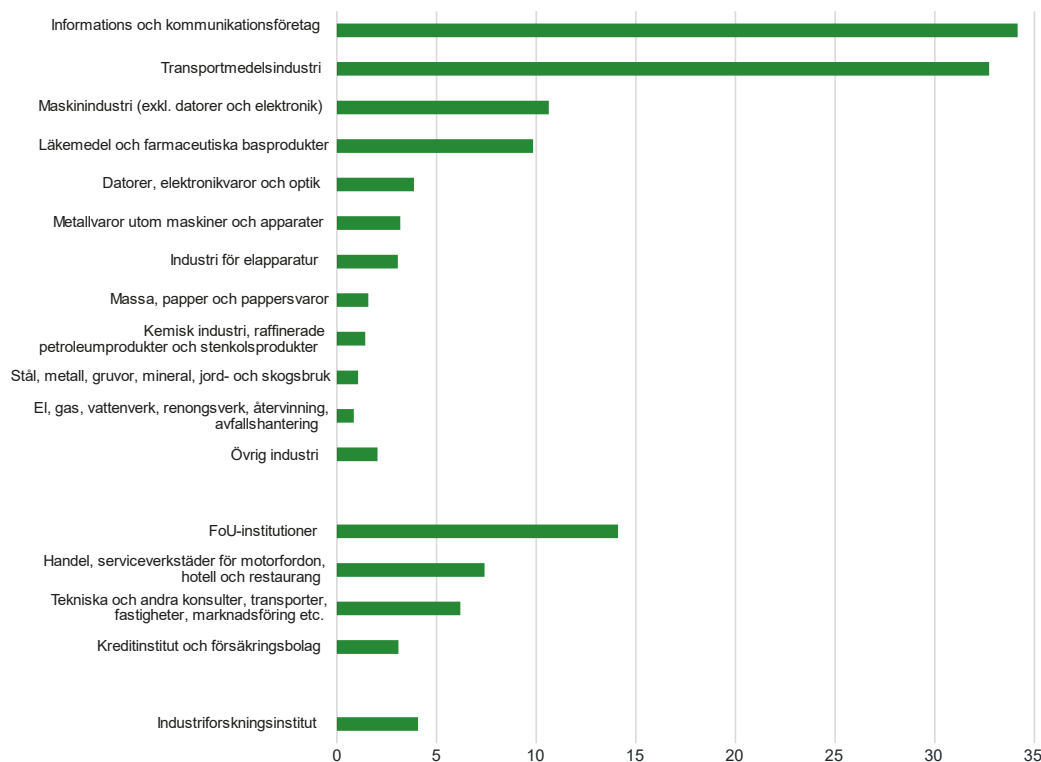
²² Finska regeringens proposition, [RP 211/2022 rd \(finlex.fi\)](https://www.finlex.fi/).

företag med stor FoU i Sverige och ett väl utvecklat system av forskning inom ramen för universitet och högskolor.

3.3.1 Näringslivets FoU-investeringar dominerar

I Sverige svarade näringslivet år 2021 för 71 procent av de totala FoU-investeringarna. IT och telekomsektorn respektive transportmedelsindustrin dominerar. Maskinindustri och läkemedel svarar också för stora delar av näringslivets FoU-investeringar, figur 14.

Figur 14. FoU-investeringar i olika näringsgrenar i Sverige 2021, miljarder kronor.



Källa: [Forskning och utveckling i Sverige \(scb.se\)](https://www.scb.se/foreslagna-statistik/foreslagna-statistik/foreslagna-statistik/foreslagna-statistik/foreslagna-statistik).

I takt med den snabba globaliseringen de senaste decennierna har internationaliseringen av FoU-verksamheten ökat kraftigt. Internationella koncerner med verksamhet i flera länder dominerar starkt näringslivets FoU-investeringar i Sverige. Detta trots att Sverige utgör en mycket liten del av deras marknad.

Internationaliseringen av ägande och av näringslivets FoU-investeringar har inneburit en kraftigt ökad utlandsfinansiering av företagens FoU-investeringar i Sverige. Här har den utländska finansieringen gått från 1,5 procent år 1981 till drygt 14 procent 2021.²³ Utlandsägda företag svarade 2019 för knappt 42 procent av näringslivets FoU-in-

²³ SCB, [Ökad finansiering från utlandet till företagen \(scb.se\)](https://www.scb.se/foreslagna-statistik/foreslagna-statistik/foreslagna-statistik/foreslagna-statistik/foreslagna-statistik).

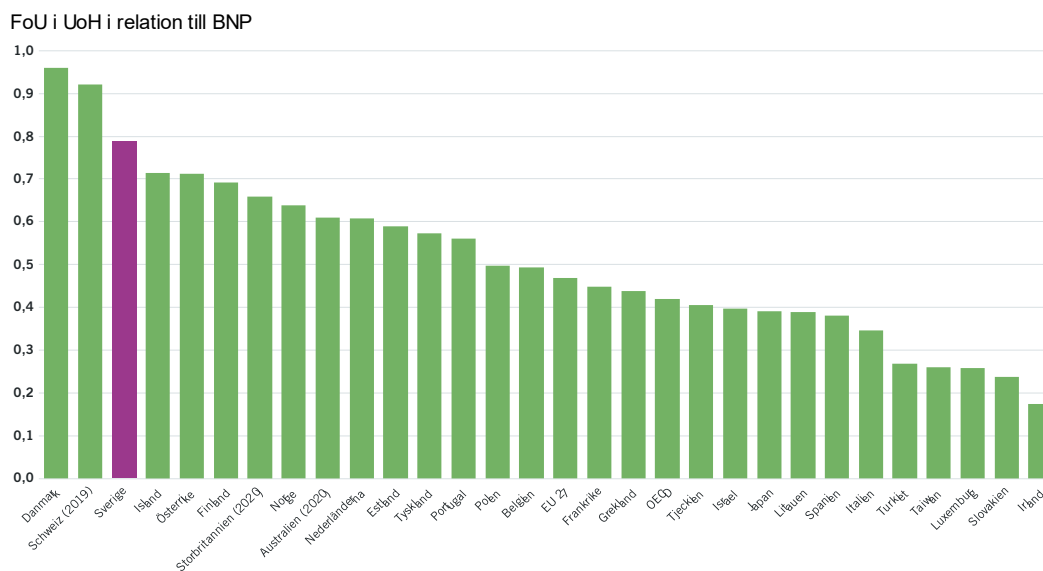
vesteringar. Svenskägda internationella företag stod samma år för knappt 48 procent och svenskägda nationella företag svarade för nära 11 procent. Det senaste decenniet har kinesiskt ägda företags andel av näringslivets FoU-investeringar i Sverige ökat snabbt. År 2019 stod de för knappt 11 procent av näringslivets investeringar i FoU i Sverige. Sett endast till utlandsägda företags FoU i Sverige står kinesiska företag för en fjärdedel av resurserna. Därmed har kinesiskt ägda företag de största utgifterna för egen FoU hos de utlandsägda företagen i Sverige, närmast följda av utlandsägda företag från Storbritannien, Tyskland, USA, Schweiz och Japan.²⁴

3.3.2 FoU vid universitet, högskolor och forskningsinstitut

Finansieringen av FoU vid universitet och högskolor (UoH) står för en stor del av de totala FoU-investeringarna i Sverige. De uppgick år 2021 till knappt 43 miljarder kr, vilket motsvarade nära 23 procent av de totala svenska FoU-investeringarna.²⁵ Sveriges FoU-investeringar i UoH har under lång tid varit bland de högsta i världen i relation till BNP. Endast Danmark och Schweiz låg år 2021 högre än Sverige.

Universitet och högskolor spelar en fundamental roll i Sveriges forsknings- och innovationssystem. Huvuddelen av statens FoU-investeringar går till att finansiera dessa – en hög andel i internationell jämförelse, figur 15.

Figur 15. FoU-investeringar i universitet och högskolor i olika länder år 2021 i procent av BNP.



Källa: OECD, Main Science and Technology Indicators (oecd.org).

²⁴ Tillväxtanalys, [Forskning och utveckling i internationella företag 2019 \(tillvaxtanalys.se\)](https://www.tillvaxtanalys.se)

²⁵ SCB, [Totala utgifter för egen FoU-verksamhet efter sektor, typ av FoU och vartannat år. PxWeb \(scb.se\)](https://www.scb.se)

Forskningsinstituterna spelar däremot en mindre roll i Sverige än i många andra länder i fråga om FoU-investeringar. De samlade investeringarna dit uppgick år 2019 till cirka 4,6 miljarder kr, vilket utgjorde 2,4 procent av FoU-investeringarna i Sverige.²⁶ Det är en låg andel i internationell jämförelse. Huvuddelen av de svenska forskningsinstituterna ingår i Research Institute of Sweden (RISE).

Forskningsinstituterna har under senare år uppvisat betydande konkurrenskraft när det gäller att koppla ihop olika aktörer. De har också varit framgångsrika i fråga om att koordinera komplexa projekt och insatser med många olika aktörer, särskilt inom ramen för strategiska innovationsprogram och utmaningsdriven innovation. Det visar på en stor potential för institut som organisationsform i ett forsknings- och innovationssystem som ställer stora och växande krav på förmåga att koppla ihop olika behovsägare, företag, forskare med flera för att generera systemeffekter. Forskningsinstituterna har, trots sin begränsade storlek i det svenska forsknings- och innovationssystemet, viktiga roller för FoU-samverkan och mobilisering av aktörer. De senaste åren har det skett en konsolidering och resursförstärkning av institutssektorn.

3.3.3 Forskningsprioriteringar och starka FoU-miljöer

Strategiska forskningsprioriteringar och kraftsamlingar har under senare år blivit avsevärt viktigare för att attrahera internationella forskare och för att utveckla och stärka forsknings- och innovationsmiljöer. I ett litet land som Sverige, är det mer betydelsefullt än i stora länder, att ha förmåga att samla aktörer kring satsningar och göra prioriteringar i forsknings- och innovationssystemet. Det finns emellertid betydande begränsningar i detta avseende i Sverige. Det försämrar Sveriges förutsättningar att långsiktigt vara ett ledande forsknings- och innovationsland.

I Sverige är det särskilt svårt att prioritera nya eller svagt etablerade forskningsområden vid universitet och högskolor. Det gäller såväl när lärosätena själva bestämmer inriktningen, som via externa forskningsfinansiärers prioriteringar. I synnerhet finns tydliga hinder i forskningssystemet i fråga om att utveckla nya ämnesövergripande och tvärvetenskapliga forskningsspår samt att på eget initiativ göra strategiska prioriteringar och kraftsamlingar. Detta samtidigt som strategiska satsningar på forskning inom nya framväxande och banbrytande forsknings- och teknikområden kommer att vara avgörande för konkurrenskraft och för att möta de stora samhällsutmaningarna.

Svenska företag ingår i globala värdekedjor. Beslut om var kommande FoU-investeringar och annan verksamhet ska förläggas sker i internationell konkurrens. Kritiskt i kampen om investeringarna är tillgång till kvalificerad kompetens och internationellt ledande miljöer för forskning och innovation. Under senare tid har andelen utländska doktorander ökat

²⁶ SCB, [Forskningsinstitutens utgifter för egen FoU \(scb.se\)](https://www.scb.se/foU)

kraftigt i Sverige, vilket är ett gott betyg för det svenska forskningssystemet. Samtidigt visar statistik att en stor del av dessa väljer att lämna Sverige efter examen.²⁷

För att öka attraktionskraften i de svenska forskningsmiljöerna bör Sverige fokusera mer på så kallad behovsmotiverad samverkansforskning. Det innebär att aktörer som har behov av ny forskningsbaserad kunskap för att kunna utveckla nya lösningar, det vill säga de har behov av innovationer, behöver involveras för att kopplingarna mellan forskning och innovationsprocesserna ska bli effektiva. Forskning som sker genom samverkan och som motiveras av specifika behov, så kallad behovsmotiverad samverkansforskning kopplar ihop forskningsprocesser med innovationsprocesser. Det leder till ömsesidigt lärande mellan individer med olika domänkunskap liksom inbördes kunskapsöverföring mellan de som har behov av nya lösningar och forskare.

När behovsägare och forskare samverkar utvecklar de även långsiktiga relationer till varandra. Samverkansforskning kopplar alltså ihop olika aktörer, resurser och kompetenser och skapar därigenom ett nätverksbaserat strukturkapital i innovationssystemet. Det gör innovationssystemet konkurrenskraftigare och stärker dess attraktionskraft – direkt genom att förankra de samverkande aktörernas verksamheter i innovationssystemet, indirekt genom dess konkurrenskraft som drar till sig andra investeringar. Det är också en viktig mekanism för att näringslivet ska få tillgång till avancerad kompetensförsörjning.

Bibliometriska studier visar också att samverkansforskning driver excellens i fråga om forskningskvalitet. Artiklar som forskare vid universitet och näringsliv författat tillsammans citeras i minst lika hög grad, ofta i högre grad, än rent inomvetenskapliga artiklar.²⁸ En av flera utländska studier²⁹ analyserar citeringsgenomslaget vid tolv amerikanska universitet. Hälften av dessa var privata och den andra hälften var offentliga universitet. Samvariationen mellan citeringsgenomslag och samverkan var stark för alla tolv studerade universitet. Figur 16 visar samvariationen för de sex privata universitet som studerats.

²⁷ [Många utländska doktorander lämnar Sverige efter examen \(uka.se\)](http://uka.se).

²⁸ Vetenskapsrådet (2007), "Vetenskapligt publiceringssamarbete mellan svenska företag och högskolor".

²⁹ Shneiderman, B. (2018) [Twin-Win Model: A human-centered approach to research success - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/).

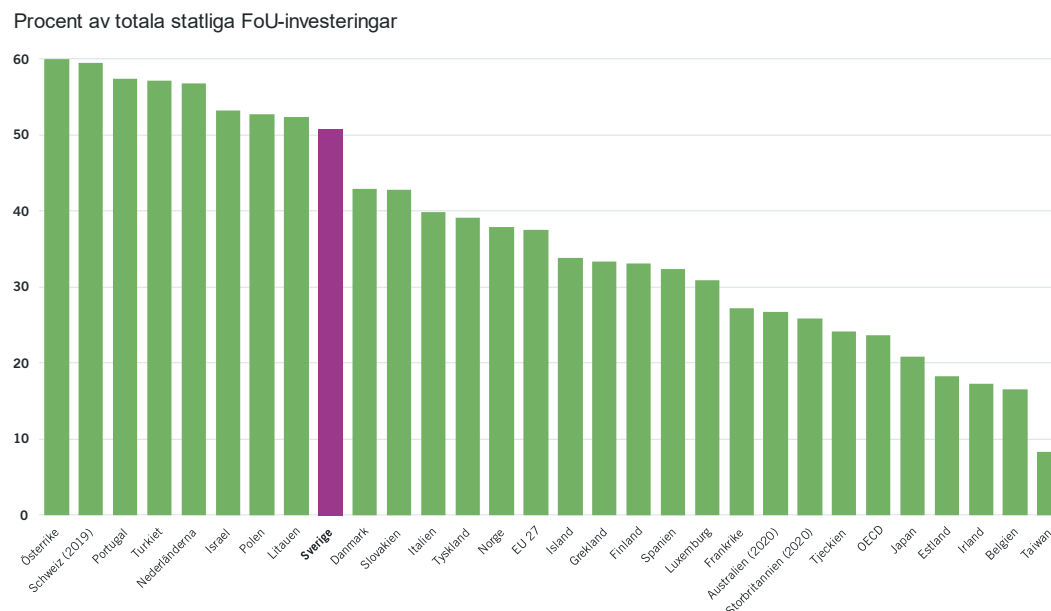
alla EU-länder i fråga om andel FoU-finansiering inom EU:s ramprogram för FoU.³⁴ Den sammanlagda offentliga FoU-finansieringen i Sverige år 2021, från de olika finansieringskällorna ovan, kan uppskattas till omkring 53 miljarder, vilket motsvarade knappt 1 procent av BNP.

Direkta statsanslag, så kallade basanslag, till FoU och forskarutbildning vid UoH svarar för omkring hälften av statens civila FoU-investeringar. I internationell jämförelse är det en relativt hög andel, figur 17. Kriterierna för hur denna basfinansiering fördelas är betydelsefull för förutsättningarna för strategisk styrning och effektivitet, liksom för drivkrafter att skapa kvalitet i forskning och samverkan inom UoH. Dagens resursfördelningssystem har betydande brister i fråga om transparens och hur det stimulerar till effektivitet och kvalitet i forskning i samverkan med det omgivande samhället.

Resursfördelningssystemet genererar inte starka incitament och långsiktigt stabila spelregler för excellent forskning. Inte heller ger det starka drivkrafter för internationellt ledande innovation och internationell hävstång. Dessutom är incitamenten för effektivisering och digitalisering i lärosätenas administration svaga. Slutsatsen är att resursfördelningssystemet begränsar lärosätenas förmåga till strategisk styrning för excellens, innovation och internationalisering. I detta sammanhang är det angeläget att skapa incitament för forskare och omgivande samhälle att samverka så att forskningskompetens och resultat kan nyttiggöras i näringsliv och samhälle.

³⁴ Vinnova, <https://www.vinnova.se/publikationer/horizont-europa--arsbok-2022/>.

Figur 17. Basfinansiering av forskning vid universitet och högskolor i olika länder år 2021 i procent av totala statliga FoU-investeringar.



Källa: OECD, [Main Science and Technology Indicators \(oecd.org\)](https://www.oecd.org/).

Staten stimulerar näringslivets FoU-investeringar på skilda sätt i olika länder. Två breda kategorier av statliga FoU-stimulanser är direkta FoU-stöd eller skattesubventioner till FoU.

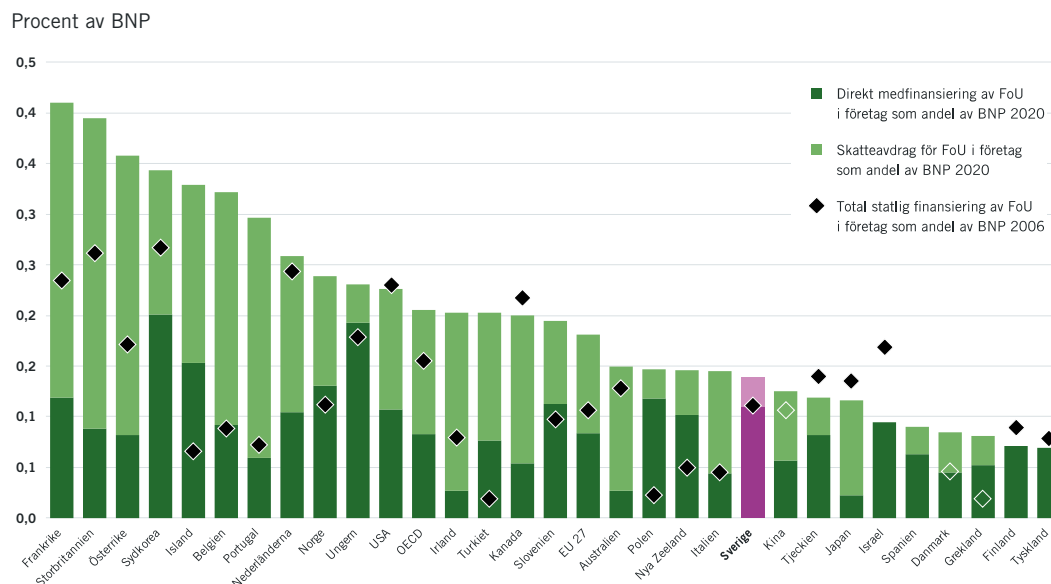
Sveriges direkta statliga medfinansiering av näringslivets FoU-investeringar uppgick år 2020 till 5,5 miljarder kronor. Knappt 2 miljarder av dessa gick till FoU-investeringar i de bolagiserade forskningsinstituten. De flesta länder subventionerar företags FoU-investeringar genom olika skatteincitament, vilket även Sverige gör sedan 1 januari 2014. År 2021 uppgick de sammanlagda svenska skatteavdragen till 2 miljarder kronor, som utnyttjades av drygt 2700 företag.³⁵ Avdragsmöjligheten utökades år 2022. Ökningen beräknas utgöra en ytterligare stimulans effekt på cirka 250 miljoner kronor till företagets FoU-investeringar.³⁶

Balansen mellan direkt medfinansiering av företags FoU-investeringar och skatteincitament för dessa investeringar varierar kraftigt mellan olika länder. Sedan år 2006 svarar nya eller utökade FoU-skatteavdrag för stora delar av ökningen i statlig finansiering av företags FoU-investeringar, inom OECD. Det gäller ett flertal länder, däribland Sverige, figur 18.

³⁵ SCB, [Företagens avdrag för forskning och utveckling fortsätter att öka \(scb.se\)](https://www.scb.se/).

³⁶ Fi2022/03156, Nedsättningen av arbetsgivaravgifter för personer som arbetar med forskning eller utveckling – höjt tak för avdraget.

Figur 18. Statlig finansiering av FoU-investeringar i företag i olika länder år 2006 och 2020.



Källa: OECD R&D Tax Incentives Database, Main Science and Technology Indicators (oecd.org).

En fördel med skatteincitament för FoU är att de, i princip, kan användas av alla företag med FoU-verksamhet. Skatteincitament stimulerar emellertid främst marknadsnära FoU-investeringar. Vill staten däremot stimulera radikala FoU-projekt och projekt som adresserar komplexa samhällsutmaningar som har stor systempåverkande potential och stora potentiella spridningseffekter, förutsätter det oftast direktstöd till FoU.³⁷ Dessa direktstöd kan ges som samfinansiering till FoU-investeringar i samverkan mellan företag och andra aktörer eller till enskilda företag. I Sverige går huvuddelen av sådana statliga FoU-investeringar inte direkt till företag utan till UoH eller institut i samverkansprojekt med företag. Ur statsbudgetshänseende är skillnaderna betydande mellan FoU-stimulanser till företag via skatteincitament eller om de ges som direktstöd i form av bidrag. Skatteincitament är rättighetsbaserade. Därför är skatteincitament i allmänhet väsentligt kostsammare för statskassan. Kraven för att ta del av sådana baseras i princip på att man bedriver FoU-verksamhet, inte på FoU-verksamhetens innovationshöjd.

³⁷ OECD, STI Outlook 2023, [OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\)](https://oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-sti-outlook-2023-enabling-transitions-in-times-of-disruption).

4 Internationell FoU-samverkan – hävstång för Sverige

Små länder har mycket begränsade möjligheter att självständigt åstadkomma nödvändiga kraftsamlingar i den kraftigt ökande globala konkurrensen om investeringar i forskning, innovation och kunskapsintensivt näringsliv. För Sverige har därför internationell samverkan inom forskning och innovation blivit avsevärt viktigare än tidigare. I det sammanhanget spelar EU:s satsningar en central roll för Sverige. Det gäller såväl för samarbeten inom EU som för FoU-allianser med länder utanför EU.

4.1 EU-samverkan

EU driver en allt ambitiösare agenda med kontinuerligt starkare insatser för att accelerera forskning och innovation (FoI). Motiven är att stärka EU:s konkurrenskraft genom klimatomställning och digital omställning samt säkerställa sin teknologiska självständighet, se kapitel 2. För att åstadkomma detta har EU utvecklat en väsentligt bredare och kraftfullare repertoar av instrument och policyprocesser än tidigare. EU:s portfölj av finansieringsprogram är därför väsentligt viktigare än tidigare för Sverige. Flera nya EU-instrument för teknologisk och industriell kraftsamling förutsätter betydande nationell medfinansiering för att få maximal uppväxling av nationella FoI-investeringar.

Sveriges möjligheter att konkurrera i den hårdnande geopolitiska konkurrensen beror i hög grad på Sveriges förmåga att utnyttja och bidra till EU:s kraftsamlingar. EU:s insatser innebär samtidigt stora utmaningar för det svenska policysystemet och för företag, offentliga verksamheter, lärosäten och forskningsinstitut i det svenska forsknings- och innovationssystemet. För att kunna delta framgångsrikt förutsätts nämligen också omfattande nationella satsningar, policyförändringar och förändringar i aktörssamverkan.

EU:s kraftfulla policyutveckling och satsningar kräver mot denna bakgrund väsentligt mer av svenskt agerande än tidigare. Det fordras målmedvetna strategier och arbetssätt för prioriteringar och samverkan mellan olika myndigheter och politikområden. Sverige har en nationell EU-strategi, men en jämförelse av Sveriges, Norges, Österrikes, Nederländernas och Spaniens ramprogramstrategier visar att Sveriges strategi är mindre konkret än de andra fyra jämförda ländernas strategier.³⁸

Utöver detta är Sverige sämre representerat än många andra länder inom EU:s olika organ och processer kopplade till EU:s policyutveckling och satsningar på forskning och innovation. Grundläggande är att skapa nationella FoU-agendor för att medverka i EU:s

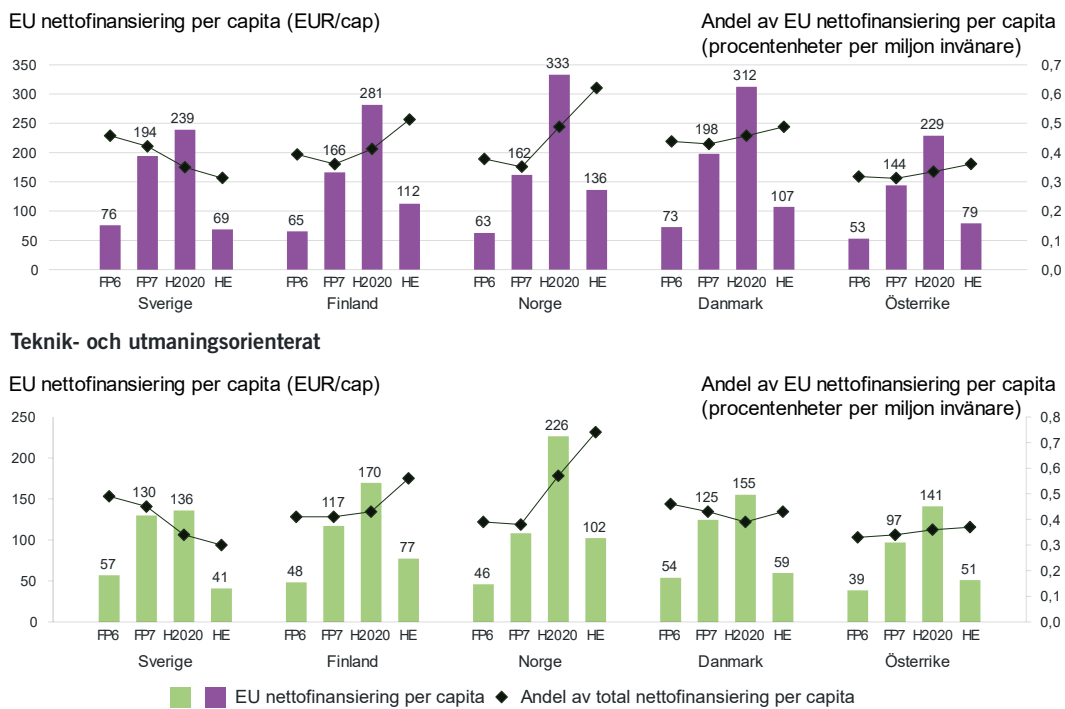
³⁸ Faugert & Co och Technopolis, [Mervärden av att delta i EU:s ramprogram \(vinnova.se\)](https://www.vinnova.se/rapporter/mervarden-av-att-delta-i-eu-s-ramprogram), kap. 6.

satsningar. Men den svenska organiseringen för att ta fram nationella strategier och mobilisera aktörer för detta är svagt utvecklad. Också det begränsar Sveriges möjligheter till effektiv uppväxling på svenska FoU-investeringar i EU-samarbetet.

4.1.1 Sveriges finansiering från EU:s ramprogram

Svenska aktörers deltagande inom EU:s ramprogram för FoU har sedan det sjätte ramprogrammet, FP6, utvecklats svagare än i andra jämförbara länder, däribland våra nordiska grannländer. Det gäller såväl i hela ramprogrammet som i de teknik- och utmaningsorienterade delarna, figur 19. Sverige har ett nationellt mål om att ta del av 3,7 procent av EU:s totala FoU-budget för ramprogrammen för forskning och innovation, men ligger för närvarande på 3,4 procent.

Figur 19. Sveriges finansiering från EU:s ramprogram i internationell jämförelse.



Källa: Horizon Dashboard self-service-portal ([R&I Projects - Self-service BI | Ark - Qlik Sense \(europa.eu\)](#)), Vinnovas bearbetning av data.

Det finns sannolikt många bidragande orsaker till den relativt svaga utvecklingen för Sverige. Lägre söktryck från svenska aktörer än från andra EU-länder är en direkt orsak. Bakomliggande orsaker till det lägre söktrycket är sannolikt en kombination av flera olika faktorer:

- högre administrativa trösklar att söka finansiering i EU än nationellt
- lägre täckningsgrad för overheadkostnader (OH) i EU än nationellt

- relativt god tillgång till nationell finansiering för forskare vid lärosäten
- begränsade medel för svensk medfinansiering i EU:s partnerskap.

För vissa svenska aktörer är EU:s ersättning av OH-kostnader direkt gränssättande. Olika lärosäten hanterar den lägre OH-täckningen på skilda vis.

Även andra länder hanterar EU:s begränsade OH-täckning på olika sätt. Ett land som har ett särskilt ambitiöst system är Norge, som ingår i europeiska ekonomiska samarbetsområdet (EES). I Norge finns ett omfattande och frikostigt system för att väga upp de negativa incitament som EU:s lägre OH-täckning genererar för norska institut och lärosäten. Det omfattar bland annat STIM-EU och PES. Under STIM-EU får institut som deltar i EU-finansierade projekt ett nationellt finansiellt påslag på 33–50 procent utöver den finansiering som kommer från EU. Extra påslag utgår därutöver vid samverkan med näringsliv och offentliga organisationer samt då institutet tar på sig en koordinatorsroll. PES är ett nationellt och permanent system för att bland annat finansiera förstudier och ansökningar till olika EU-program.

Vidgar man perspektivet bortom ramprogrammen till EU-instrument med primärt syfte att bereda vägen för europeiska policyambitioner, framträder ett likartat mönster. I DIGITAL-programmet har svenska aktörer beviljats väsentligt mindre nettofinansiering i förhållande till folkmängd än aktörer från Finland och Danmark.

4.1.2 Sveriges deltagande i EU:s partnerskap

Fram till det femte ramprogrammet för FoU (FP5: 1998–2002) omfattade EU:s FoU-finansiering enbart ett ramprogram för finansiering ur EU-budgeten av (huvudsakligen europeiska) FoU-konsortier. År 2000 inrättades det *europeiska forskningsområdet* (European Research Area – ERA), som ett led i Lissabonstrategins målsättning att stärka europeisk konkurrenskraft. ERA hade som mål att skapa ett slags forskningens inre marknad, med det övergripande syftet att stärka den samlade effekten av EU-ländernas FoU-finansiering.

Inom ramen för ERA har ett stort antal partnerskap inrättats. Ursprungligen utformades de för att framför allt samordna FoU-finansiering mellan länderna inom ERA samt att mobilisera näringslivet att stärka ERA. Över tid har partnerskapen emellertid alltmer utvecklats till att också bli ett instrument för de ökade policyambitionererna i EU. Partnerskapen är idag därför omfattande redskap som pekar ut riktningen för ett betydligt bredare europeiskt samhällsbygge än vad som vanligen omfattas av FoU-program och FoU-policy. För att åstadkomma mesta möjliga effekt av insatta medel och kompetens i såväl projekt som EU:s samhällsbygge villkoras medel ur EU-budgeten i ökande grad. Medlemsländer och privata aktörer måste därför medfinansiera partnerskapen på olika sätt. Det har därför blivit allt viktigare att aktörer som deltar (offentliga och privata) förhåller sig strategiskt till ERA-partnerskapen. Detta så att de med god framförhållning

kan investera i forskning och innovation för största möjliga uppväxling inom ramen för europeiskt samarbete.

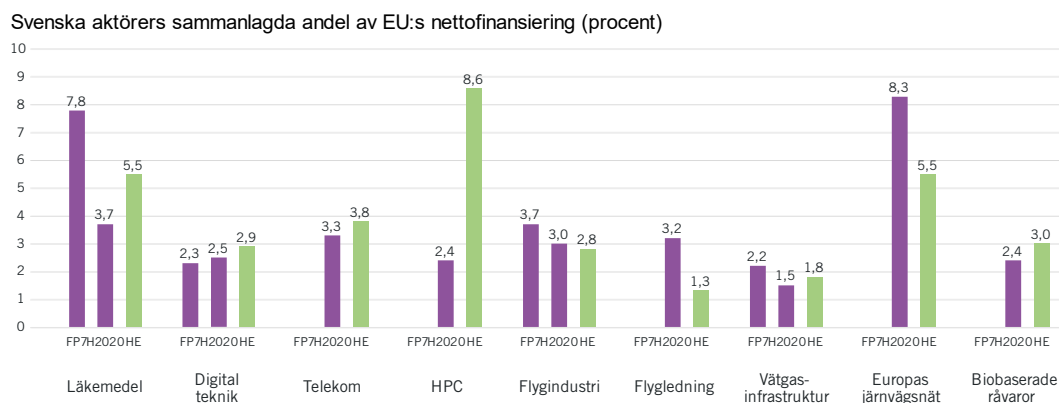
Partnerskapen kan indelas i två huvudsakliga kategorier. Dels de som huvudsakligen sluts mellan EU-kommissionen och medlemsländernas FoU-finansiärer, så kallade *Public-to-Public partnerships* (P2P). Dels de som i huvudsak EU-kommissionen och europeiska näringslivsföreträdare kommer överens om, så kallade *Public-Private Partnerships* (PPP).

Inom P2P-partnerskapen ryms framför allt den stora familjen av ERA Net-partnerskap, de första initierade under EU:s sjätte ramprogram. Under Horisont 2020 tillkom *European Joint Programme Cofund Actions* (EJP Cofund). Därutöver har även ett antal institutionaliserade P2P-partnerskap etablerats, det vill säga sådana som via Artikel 185 i EU-fördraget fått en dedikerad juridisk person som grund för partnerskapet. Till gruppen P2P-partnerskap hör också de *Joint Programming Initiatives* (JPI) där ingen finansiering alls utgår från EU-budgeten och heller ingen styrning ifrån EU-kommissionen.

PPP-partnerskapen har kommit att bli de klart största avseende finansiering ur EU-budgeten. Inledningsvis, under sjätte ramprogrammet, initierades samverkan genom ofinansierade så kallade teknikplattformar *European Technology Platforms* (ETP) i syfte att ta fram strategiska forskningsagendor. Målen i dessa agendor har därefter i varierande grad realiserats genom "kontraktuella partnerskap" och "institutionaliserade partnerskap". De institutionaliserade PPP-partnerskapen, tidigare betecknade *Joint Technology Initiatives* (JTI) och *Joint Undertakings* (JU), är de som har mottagit absolut störst finansiering ur EU-budgeten. Av de nuvarande elva institutionaliserade partnerskapen har nio detta ursprung. Sverige medverkar i samtliga institutionaliserade partnerskap.

Det svenska deltagandet i ERA:s partnerskap varierar men ligger i flera fall under vad som borde vara rimligt givet Sveriges storlek och styrka i forsknings- och innovationssystemen, figur 20. Eftersom partnerskapen inom ERA är stora och betydande instrument för europeisk kraftsamling bör bakgrunden till Sveriges begränsade och varierande framgång analyseras närmare.

Figur 20. Sveriges finansiering från EU:s partnerskapsprogram – olika områden.



Källa: Horizon Dashboard self-service-portal ([R&I Projects - Self-service BI](#) | [Ark - Qlik Sense \(europa.eu\)](#)), Vinnovas bearbetning av data.

Räknat som andel av EU:s nettofinansiering har Sverige en relativt stark position inom partnerskap orienterade mot läkemedel, flygindustri, flygledning och järnvägsnät, även om den långsiktiga trenden varierar. Sverige har också haft framgång i partnerskapen inom telekomområdet, dock i skuggan av Finland. I partnerskapen för digital teknik har Sverige kontinuerligt haft en andel av nettofinansieringen i paritet med Finland. Det gäller programmet som heter *Key Digital Technologies* men som kommer att byta namn till *Chips Joint Undertaking*. Sverige har därmed legat över Norge, Danmark och Schweiz, men klart under Österrike.

Inom partnerskap som adresserat biobaserade råvaror och vätgasinfrastruktur har Sverige presterat svagare än flera av jämförelseländerna. Slutligen har partnerskapet för högpresterande datorer ("superdatorer") expanderat kraftigt under Horisont Europa, efter att det initierades några år in på Horisont 2020. Partnerskapet finansieras, utöver via ramprogrammet, också via *Connecting Europe Facility* (CEF) och *Digital Europe Programme* (DIGITAL). Under ramprogrammet finansieras forskning kopplad till användning av superdatorer, och här har svenska aktörer hittills under Horisont Europa varit framgångsrika.

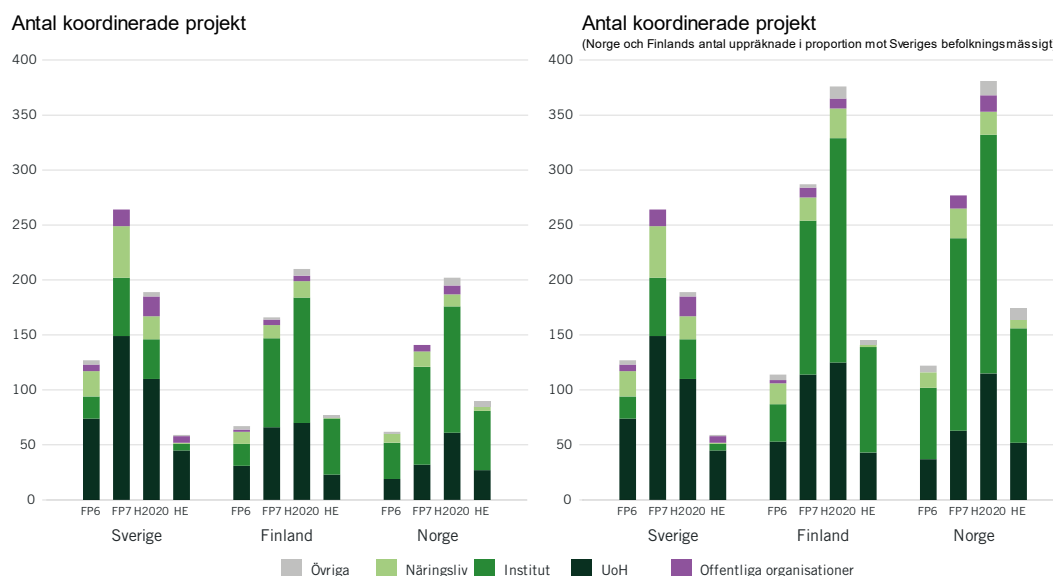
En faktor som påverkar svenska aktörers möjligheter att medverka i flera partnerskapsformer är hur Sverige fördelar medel för medfinansiering. För att aktörer från ett visst land ska kunna finansieras under ett partnerskap krävs nämligen i varierande grad att deras nationella forskningsfinansiärer medfinansierar partnerskapen och/eller den enskilde aktörens deltagande. Bägge finansieringsbehoven har ökat i takt med att partnerskapen ökat i volym och i takt med att nationella finansiärer förväntas ta över en större andel av finansieringsvolymen.

4.1.3 Sveriges koordinering av EU-projekt

Koordinering av EU-projekt är en viktig mekanism för att få såväl stor avkastning på svenska Fol-investeringar som inflytande över inriktningen på europeiska satsningar och vilka effekter de får. Det finns också en tydlig korrelation mellan svensk koordinering och stort svenskt projektdeltagande. Sannolikt beror det på att svenska koordinatörer i stor utsträckning involverar andra svenska aktörer i projekten.³⁹

Svenska aktörer koordinerar relativt få EU-projekt inom de teknik- och utmaningsorienterade tematikerna jämfört med aktörer från Finland, Norge, Danmark och Österrike. Det begränsar Sveriges EU-hävstång på svenska Fol-investeringar. En bidragande orsak till att Sverige inte presterar bättre i detta avseende är sannolikt att forskningsinstituten har stor betydelse i projektkoordinering, och att forskningsinstitut i Finland och Norge koordinerar väsentligt fler projekt än sina svenska motsvarigheter. I förhållande till folkmängd blir skillnaden avsevärd, figur 21. En viktig bakomliggande förklaring till det är sannolikt att forskningsinstitut spelar en väsentligt större roll i forsknings- och innovationssystemen i Finland och Norge än i Sverige. Dessutom har Sverige alltför begränsade statliga anslag för att nationellt medfinansiera svenska aktörer som vill medverka i de mycket omfattande satsningar som partnerskapen utgör.

Figur 21. Svenska aktörers koordinering av EU-projekt i nordisk jämförelse.



Källa: Horizon Dashboard self-service-portal ([R&I Projects - Self-service BI | Ark - Qlik Sense \(europa.eu\)](#)), Vinnovas bearbetning av data.

³⁹ Horisont Europa – årsbok 2022. Svenskt deltagande i EU:s nionde ramprogram för forskning och innovation, s.13. [vinnova-vr23-08.pdf](#).

4.1.4 Svenskt deltagande i investeringsfrämjande EU-instrument

I spåren av den globala finanskrisen 2007–2008 och eurokrisen åren därefter, stärkte EU-kommissionen sitt fokus på att främja investeringar som skulle öka tillväxten i EU. Under nuvarande budgetperiod (2021–2027) har programmet fått namnet InvestEU och har en ursprunglig budget på 26,2 miljarder euro. När Strategic Technologies for Europe Platform (STEP) bildades i juni 2023 innebar det att ytterligare 7,5 miljarder euro tillfördes fonden. InvestEU arbetar genom att med hjälp av garantier mobilisera privat kapital för prioriterade syften, exempelvis grön och digital omställning. Av de 72 så kallade *investment operations* som hittills godkänts, deltar Sverige i 29, vilket är i ungefär samma omfattning som andra jämförbara länder.

EU:s innovationsfond (EIF) inrättades år 2020 för att finansiera demonstration av innovativ teknik som minskar växthusgasutsläpp. Fonden finansieras av överskott från EU:s utsläppshandelssystem och genomför som regel två utlysningar per år. I september 2023 hade 69 projekt beviljats totalt cirka 3,1 miljarder euro i finansiering. Sju av dessa, finansierade med totalt omkring 436 miljoner euro, koordineras av en svensk aktör. Det innebär att Sverige hittills tagit emot mest finansiering från fonden av medlemsländerna. Bland de svenska projekten ingår tre stora projekt:

- Stockholm Exergis biobränsleanläggning med koldioxidavskiljning
- Hybrits koldioxidfria stålproduktion i Luleå
- Perstorps metanolframställning med vätgaselektrolys i Stenungsund.

Alla tre projekten har mellan 2019 och 2021 också fått finansiering inom det Svenska Industriklivet som hanteras av Energimyndigheten.

EU har även infört en mekanism som tillåter nationellt statsstöd i en omfattning som inte är möjlig inom ramen för ordinarie statsstödsregler. Syftet med denna mekanism är att möjliggöra gränsöverskridande FoU- och investeringsprojekt av särskild betydelse för europeisk utveckling. Detta instrument går under namnet *Important Projects of Common European Interest* (IPCEI).

EU-kommissionen har under åren 2018–2023 godkänt sex IPCEI, två inom mikroelektronik, två inom vätgas och två inom batteriteknik. Sverige deltar i de bägge batterirelaterade projekten och det ena projektet inom vätgas. Finland och Österrike deltar emellertid i fler, nämligen fem projekt vardera, medan Danmark och Norge deltar i ett projekt var. Under tysk ledning förbereds för närvarande ett sjunde IPCEI (Cloud Infrastructure & Services) där Sverige inte deltar.

4.2 Internationell Fol-samverkan utanför EU

Internationell Fol-samverkan har historiskt präglats av öppenhet och tillförsikt och varit något av en "opolitisk frizon". Men den globala spelplanen har under senare år förändrats

dramatiskt i takt med att den geopolitiska konkurrensen och protektionismen ökat. Internationell Fol-samverkan har begränsats och blivit alltmer komplex, samtidigt som behovet av samarbete blivit större. På denna nya globala scen utvecklar många ledande forsknings- och innovationsländer nationella strategier för internationell Fol-samverkan – strategier som ses som centrala delar i ländernas teknik- och innovationsstrategier.

För Sveriges del kommer målmedvetna strategier och strategiska prioriteringar att vara avgörande för fortsatt konkurrenskraft. EU får en mer väsentlig roll för att få uppväxling på svenska Fol-investeringar även om denna sker i internationell samverkan med stora länder utanför EU. Dessutom är Sverige på väg in i NATO. Försvarsalliansen är en ny internationell samverkansarena för Fol för Sverige.

4.2.1 Fundamentalt ändrade förutsättningar

Internationell Fol-samverkan har, som tidigare nämnts, blivit en integrerad del av en snabb och komplex utveckling av olika nationella intressen och satsningar. Fol ses nu som det mest strategiska inslaget och en kritisk maktfaktor i industripolitik kopplad till teknologisk självständighet och ekonomisk säkerhet.

I samband med ökad komplexitet och hårdnade konkurrens lyfts Fol-politiken upp på den högsta politiska nivån i många av världens ledande forsknings- och innovationsländer, tabell 2. Konkurrensen mellan länderna handlar inte längre bara om storleken på olika Fol-satsningar. Fokus ligger också på Fol-satsningarnas breda och djupa kopplingar till näringslivs- och samhällsutveckling som syftar till att säkerställa konkurrenskraft, hållbarhet och resiliens.

Där forskning, högre utbildning och näringsliv samverkar i policyagendor har det blivit mer betydelsefullt med både strategisk forskning och kompetensutveckling för att trygga långsiktig och kontinuerlig konkurrenskraft. Samtidigt ökar satsningarna på kommersialisering av forskning.

Kraftfulla strategiska ambitioner i många länder operationaliseras i nya eller förstärkta program och organisatoriska insatser. Starka kopplingar mellan samhällsutmaningar, konkurrenskraft och affärsmöjligheter är numera centrala i diskussioner kring hur satsningar ska prioriteras och utformas. Inte minst utvecklas de strategiska ambitionerna inom ramen för internationella samarbeten, tabell 3.

Utvecklingen har skapat nya och stora osäkerheter och utmaningar i internationell Fol-samverkan. För alla Fol-aktörer kräver osäkerheterna nya förmågor och arbetssätt för att hantera balansgången mellan möjligheter och risker. Det gäller såväl för företag, lärosäten, institut, privata och offentliga forskningsfinansiärer som för olika länders Fol-politik. Nationella policyinsatser för internationalisering förutsätter således att de utformas så att de hanterar kombinationen av effektiv riskminimering, bibehållen öppenhet och offensiva satsningar.

Tabell 2. Fol-politik och dess integration med andra policyområden i stora länder

Land	Fol-politik	Strategisk integrering
USA	Mångmiljardbelopp har avsatts för forskning och innovation i de stora lagpaketen: Bipartisan Infrastructure Law (2021), Chips and Science Act (2022) och Inflation Reduction Act (2022).	Energi- och klimatomställning, nationell säkerhet och trygga försörjningskedjor för kritiska varor; "reindustrialisering" på hemmaplan och civila – militära synergier.
Storbritannien	<ul style="list-style-type: none"> - Ett nytt departement för vetenskap, innovation och teknologi (DSIT) - Ett strategiskt ramverk: <i>Science and Technology Framework – taking a systems approach to UK science and technology</i> (2023) - En första femårig strategi <i>Transforming Tomorrow Together (2022–2027)</i>, för inriktning för strategisk forskning (2022) - Ny <i>innovationsstrategi</i> med specifika prioriteringsområden (2022). - Ny tioårig "UK Life Sciences Vision" (2021) - <i>The UK:s International Technology Strategy</i> (2023) 	Fol som ett verktyg för ökade investeringar från näringsliv och regional tillväxt för hela landet. Fokus på konkurrenskraft, samhällsnytta samt förmåga att tackla globala utmaningar.
Kina	Den 2a "Long- and Medium Term plan for Science and Technology Development" (2021- 2035)	Fol som en integrerad del av landets strategiska målsättningar för industriell och ekonomisk utveckling. Strategiskt verktyg för att hantera "de-coupling" och uppnå självförsörjning och oberoende inom strategiska Fol-områden.
Japan	<ul style="list-style-type: none"> - Ny Science Technology and Innovation Basic Plan (2021) - Ny Integrated Innovation Strategy (2022) 	Fol som en integrerad del av förverkligande av Society 5.0 och verktyg för att komma i kapp med kapacitets- och konkurrenskraftutveckling i jämförelse med andra länder.
Syd Korea	Ny National Strategic Technology Nurture Plan (2022) 5th Master Plan for Science and Technology (2023 -2027)	Fol som strategiskt verktyg för ambitionen om "super gap", dvs. "teknologisk överlägsenhet".
Indien	5th National Science, Technology and Innovation Policy (2022)	Stimulera Fol-investeringar från privat sektor och utveckling av startup-startup-ekosystem som ett centralt verktyg för sysselsättning och konkurrenskraft.

Källa: Underlag till Vinnova från regeringens innovations- och forskningsråd i utlandet. Innovations- och forskningsråden leder "Offices of Science and Innovation" vid ambassaderna i Brasília, London, New Delhi, Peking, Seoul, Tokyo och Washington D.C.

Tabell 3. Exempel på nya program- och organisatoriska insatser i olika länder.

Land	Nya organisatoriska insatser och Nya program
USA	<p>Office of Science and Technology Policy (OSTP) lyfts, för första gången till en kabinettposition i Vita huset.</p> <p>Ett nytt direktorat, Technology, Innovation and Partnerships (TIP) inom National Science Foundation (NSF) som ska främja kommersialisering av forskning i samarbete med näringslivet.</p> <p>"Convergence Accelerator" som påskyndar tillämpning av användningsinspirerad forskning i praktiken och för breda effekter på samhällsutvecklingen.</p> <p>"Regional Innovation Engines" under TIP som främjar inrättandet av regionala acceleratorer och testbäddar.</p>
Storbritannien	<p>Ett nytt National Science and Technology Council leds av premiärministern och ska tillhandahålla strategiskt ledarskap på kabinetsnivå.</p> <p>En ny myndighet, Advanced Research and Invention Agency, för avancerad forskning med rollen att diversifiera finansieringsportföljen för forskning och innovation.</p>
Japan	<p>Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) 3.0 med starkt fokus på "social implementation".</p> <p>BRIDGE (programs for Bridging the gap between R&D and the Ideal society 5.0 and Generating Economic and social value) med focus på att överbygga gapen mellan policyutveckling, implementering och socioekonomiska effekter.</p>
Indien	<p>Ny National Research Foundation (NRF) för att förstärka grundforskning inom prioriterade områden (2022).</p> <p>Science & Technology (S&T) Clusters (2021) för utveckling av regionalt ekosystem för FoU.</p> <p>SAMRIDH Scheme (2021) som främjar startupstart-up-ekosystem.</p> <p>9 nationella "missioner", som samordnas av premiärministerns Science, Technology, and Innovation Advisory Council.</p>

Källa: Underlag till Vinnova från regeringens innovations- och forskningsråd i utlandet. Innovations- och forskningsråden leder "Offices of Science and Innovation" vid ambassaderna i Brasilia, London, New Delhi, Peking, Seoul, Tokyo och Washington D.C.

Strategiska prioriteringar av internationaliseringsinsatser direkt kopplade till nationella prioriteringar ökar påtagligt i andra mindre länder som är ledande inom forskning och innovation. Till exempel har både Finland och Nederländerna under de senaste åren identifierat vissa nationella "missioner", eller prioriterade områden, som sina långsiktiga och strategiska FoU-satsningar.

Finlands två nationella missioner "Low-Carbon Future" och "Digital Native Finland" har också blivit referensramar när Finland prioriterar internationella samverkansinsatser. I Nederländernas fall har såväl fyra utpekade samhällsutmaningar som de nio högst prioriterade utmaningarna inom vissa sektorer varit utgångspunkt för att definiera vad

Nederländerna vill och behöver åstadkomma genom internationell samverkan. Svenska internationaliseringsinsatser saknar i stor utsträckning sådana systematiska kopplingar till nationella prioriteringar, det vill säga det finns ett utvecklingsunderskott i synkronisering och koordinering. En viktig anledning är att det saknas konkreta övergripande nationella teknik- och innovationsstrategier.

4.2.2 Sveriges utmaningar och möjligheter

För en liten, öppen och innovationsdriven ekonomi som Sveriges är det en ny och svår global verklighet som möter svenska aktörer och svensk FoU-policy. Den nya internationella spelplanen präglas inte bara av storskaliga investeringar för att locka konkurrenskraftiga företag inom framväxande teknologier, utan också av hård konkurrens om spetskompetens och talanger samt selektiva allianser och partnerskap. Starka drivkrafter bakom denna utveckling är att säkerställa nationella intressen i det alltmer delade och delvis "de-globaliserade" FoU-landskapet.

Många svenska företag med verksamhet i strategiskt viktiga länder driver nu långsiktiga och målmedvetna satsningar i dessa länders lokala FoU-system. Strategiska, men selektiva partnerskap har också blivit starkare inslag i internationell samverkan. Företag och andra aktörer strävar efter att ompositionera sig och påverka rollfördelningar och strukturer i globala värdekedjor. Detta i sin tur, kan innebära såväl svår balansgång som nya möjligheter för Sverige och svenska företag på strategiskt viktiga globala marknader.

Den komplexa och utmanande verkligheten kräver nytänkande och genererar nya utvecklingsbehov. Sveriges offentliga internationaliseringsinsatser inom FoU behöver baseras på tydligare strategier för att åstadkomma större uppväxling inom Sveriges nationella styrkeområden. Detta förutsätter såväl en ökad samordning och samverkan mellan myndigheter och organisationer på det strategiska planet, som långsiktiga strukturer och målinriktade arbetssätt på det operativa planet. Offentliga organisationer och näringsliv behöver vara än mer närvarande i andra ledande forsknings- och innovationsländer. Det blir också allt viktigare för organisationer och näringsliv att få djupare insikter om utvecklingen och dess drivkrafter, i form av policyanalys, FoU-systemanalys, marknadsanalys och framsyn. Dessutom behöver de kunna ta del av de stora FoU-satsningarna i andra länders lokala FoU-system, bland annat genom samverkan och partnerskap.

Den hårdnade konkurrensen och svårare balansgången ställer således högre krav på ökad tydlighet och konkretion av Sveriges relativa styrkor, möjligheter och utmaningar. Sverige behöver också se strategiskt på policydialoger och operativ internationell samverkan. Det kräver internationaliseringsinsatser som möjliggör strategiska och långsiktiga uppkopplingar och samverkan med de mest attraktiva forsknings- och innovationsmiljöerna och aktörerna, både inom och utanför Europa.

När det gäller målmedveten och metodisk utveckling av internationell FoU-samverkan är Sverige emellertid inte ett internationellt ledande forsknings- och innovationsland om man

jämför med andra länder. Detta är redan en konkurrensnackdel för Sveriges offentliga FoU-investeringar på de viktigaste globala marknaderna. En jämförelse med ett antal länder visar att Sverige har betydande utvecklingsunderskott av både strategisk och operativ karaktär.

Utvecklingen och erfarenheterna från andra länder pekar på att följande dimensioner är viktiga för en målmedveten och nationell strategi och en effektiv organisering av internationell FoU-samverkan:

- strategisk inriktning och prioritering för internationaliseringsinsatser genom nära kopplingar till nationella prioriteringar och policykoordinering på hemmaplan
- högnivå-samarbetsavtal inom forskning och innovation som grund för institutionaliserat och kontinuerligt utbyte och konkretisering av operativ samverkan
- strategisk "policy think-tank" som ger både policy- och marknadsintelligens inom "global benchmarking", både uppåt till policyutvecklingsprocesser och nedåt för att stödja insatsdesign
- datadriven och framsynsbaserad omvärldsbevakning och insatsdesign, som ger en ny detaljnivå och träffsäkerhet när det gäller nätverks- och samverkansskapande
- globalt uppkopplade utlandsetableringar i form av "innovation networks" med integrerad "innovation diplomacy toolbox" och djupa interaktioner med både lokala och internationella innovationsmiljöer.

När nya processer och verktyg ska utvecklas behöver samarbeten finnas på flera nivåer. En handlingsinriktad och behovsdriven organisatorisk och metodmässig utveckling behöver också vara i centrum. Det förutsätter:

- synergier mellan regionala, nationella och internationella innovationsinsatser
- ett operativt Team Sweden för innovationsdriven affärsutveckling och framtidens konkurrenskraft.

5 Sveriges position och möjligheter i globala samhällsomställningar

Sverige har jämfört med de flesta andra mindre länder ett näringsliv präglat av förhållandevis många internationellt ledande företag inom olika näringsgrenar med stor FoU-verksamhet i Sverige. Dessa företag är dessutom starkt kopplade till varandra i utvecklingsblock inom ramen för globalt växande värdekedjor. Det ger Sveriges nationella ekosystem för innovation en utvecklingspotential som de flesta andra mindre länder saknar.

Det finns stora möjligheter att mobilisera och stärka innovationskraften som ligger i kopplingarna mellan näringslivets olika utvecklingsblock. Genom sådana åtgärder ökar Sveriges potential att skapa konkurrenskraft i den starkt växande efterfrågan på samhällsomställningar.

I detta kapitel diskuteras fem områden som är starkt ömsesidigt beroende av varandra:

- digital omställning av näringsliv och samhälle
- näringslivets konkurrenskraft genom klimatomställning
- klimatomställning i städer
- nationell säkerhet genom civil-militära synergier
- hälsa genom banbrytande läkemedel och vård.

5.1 Digital transformation av samhälle och näringsliv

Digitaliseringen påverkar i snabb takt alla samhällsområden, mänskligt beteende samt värdeskapande i företag och offentliga verksamheter. Utvecklingen är sektoriellt och geografiskt gränsöverskridande i allt komplexare samband. Grundläggande teknologiska förutsättningar för denna utveckling är de parallella och ömsesidigt förstärkande framstegen i data, nätverk och artificiell intelligens (DNA). Utvecklingskraften drivs av en kombination av exponentiell tillväxttakt i digital datatillgång, datadelning, processorkapacitet, nätverk och sammankoppling av olika system samt tillämpningar av artificiell intelligens (AI).

5.1.1 Digital global samhällsomställning och konkurrens

Den digitala transformationen är en fundamental drivkraft för strukturomvandling i samhället – i näringslivet, i offentliga verksamheter, på arbetsmarknaden, i utbildningssystem och i människors arbets- och vardagsliv. Samtidigt som den värdeskapande potentialen i den digitala transformationen är stor, kommer den att medföra betydande

samhällsutmaningar i sig själv. Det gäller i synnerhet med avseende på integritet, etik och säkerhet. Därtill kommer problem med de oförutsägbara förutsättningarna att styra och kontrollera den hela tiden snabbare och potentiellt autonoma utvecklingen av AI. Det kommer att kraftfullt och på fundamentala sätt utmana och ställa stora krav på förnyelse och anpassning av existerande offentliga regelverk och policyer inom alla områden.

Utvecklingen ställer nya och radikalt större krav på strategisk styrning och organiserad ledning. Komplexiteten är stor och ökar snabbt. För företag och offentliga verksamheter blir utvecklingen alltmer svåröversäglig. Samma problem har politik och individer. För att kontinuerligt förutse och värdera, prioritera och omprioritera ställs nya och väsentligt större krav på systematisk förmåga och processer. Det är nödvändigt att företag, offentlig verksamhet och politik är organiserade för att kunna agera snabbt och flexibelt och att de har förmåga att anpassa sig när förutsättningarna förändras.

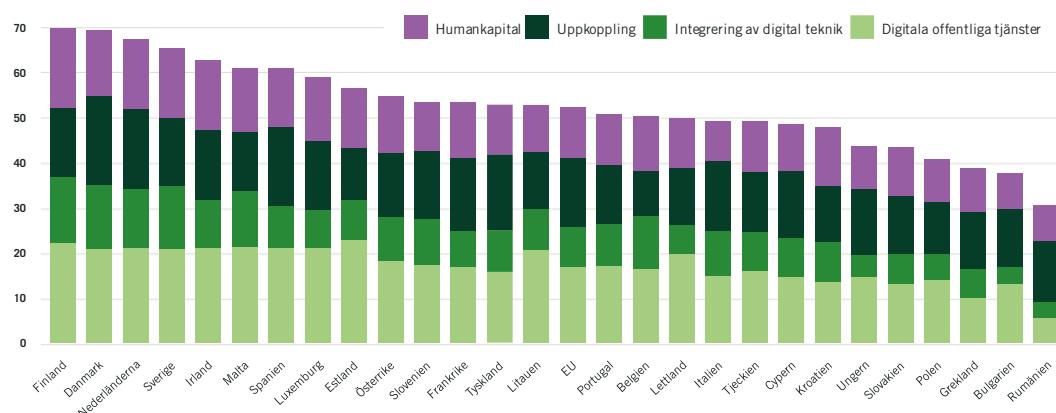
Samtidigt eskalerar den geopolitiska strategiska konkurrensen om dominans kring digitala och andra nyckelteknologier, i synnerhet mellan USA, Kina och EU. Digitala kraftsamlingar genomförs och förbereds också i många andra länder. En viktig del av dessa har gjorts inom ramen för återhämtningspaket i spåren av covid-19-pandemin, såsom EU:s Recovery and Resilience Plans. Nu görs dessutom stora industri- och säkerhetspolitiskt motiverade satsningar drivna av den globala samhällsekonomiska och säkerhetspolitiska kris som pågår. Investeringarna i forskning och utveckling och innovation handlar i betydande utsträckning om digitalisering och om digitala nyckelteknologier.

5.1.2 Sveriges digitalisering och digitala förmåga

Sverige är ett av världens mest digitaliserade länder. Den globala utvecklingen är emellertid snabb och Sverige tappar position i internationell jämförelse. I International Institute for Management Development:s (IMD:s) *Digital Competitiveness Index 2022* placerar sig Sverige på tredje plats i världen.⁴⁰ Men enligt ett annat index, EU:s *Digital Economy and Society Index* (DESI), föll Sverige från andra till fjärde plats inom EU mellan 2020 och 2022. Sverige hamnar efter Finland, Danmark och Nederländerna, figur 22.

⁴⁰ [World Digital Competitiveness Ranking – IMD business school for management and leadership courses.](#)

Figur 22. EU:s index för digital ekonomi och digitalt samhälle 2022.



Källa: [DESI_Full_European_Analysis_2022_2_C01JgPAatnNf0qL2LL103tHSw_88764.pdf](#).

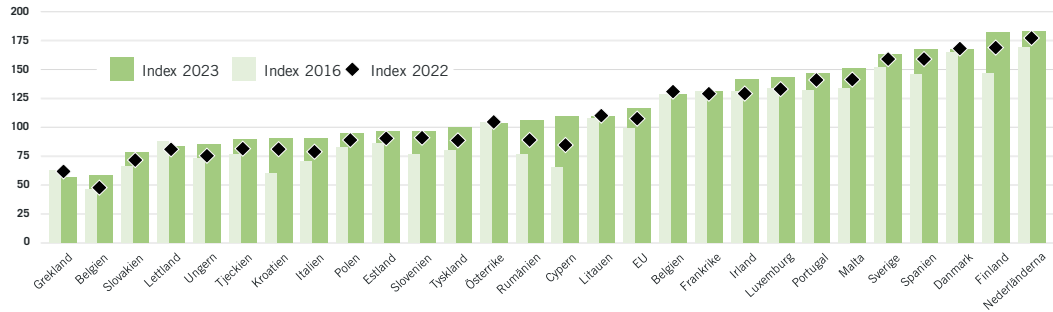
Enligt DESI har Sverige olika stark konkurrenskraft i de olika dimensioner som indexet omfattar.⁴¹

- Humankapital – Sverige placerar sig på fjärde plats i fråga om avancerad kompetens och på femte plats i fråga om digitala grundkompetenser.
- Konnektivitet – Sveriges digitala infrastruktur har tappat i konkurrenskraft enligt EU och Sverige placerar sig på nionde plats inom EU år 2022.
- Integrering av digital teknik – Sverige ligger sammantaget på tredje plats i detta delindex, men bara på tionde plats i företagens IT-användning.
- Digitala offentliga tjänster – Sveriges ligger på nionde plats i detta delindex i DESI, vilket dock är något bättre jämfört med 2020.

Digitaliseringen inom EU mäts även i *European Innovation Scoreboard* (EIS). I detta index ligger Sverige på femte plats 2023 efter Nederländerna, Finland, Danmark och Estland, figur 23. I fråga om IT-användning placerar sig Sverige emellertid bättre, på andra plats enligt EIS 2023, figur 24.

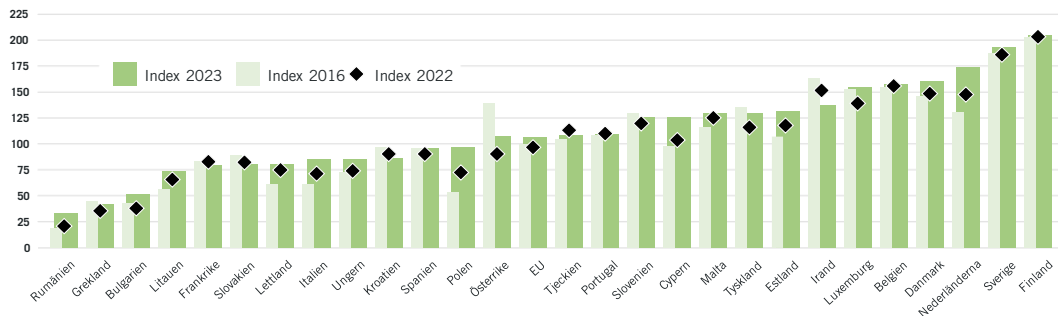
⁴¹ European Commission, Digital Economy and Society Index (DESI) 2022, Thematic chapters, s.19, Brussels 2022, [0_DESI_Full_European_Analysis_2022_2_C01JgPAatnNf0qL2LL103tHSw_88764.pdf](#)

Figur 23. Digitalisering i olika EU-länder enligt European Innovation Scoreboard 2023.



Källa: European Commission, European Innovation Scoreboard 2023, s.22, Brussels 2023, [European innovation scoreboard \(europa.eu\)](https://european-innovation-scoreboard.europa.eu). Kommentar: Alla indexvärden avser jämförelser med EU:s samlade index för 2016. Svarta staplar visar respektive lands index 2016 och färgade breda staplar visar respektive lands index 2023. Svarta streck markerar indexnivån för 2022.

Figur 24. IT-användning i olika EU-länder enligt European Innovation Scoreboard 2023.



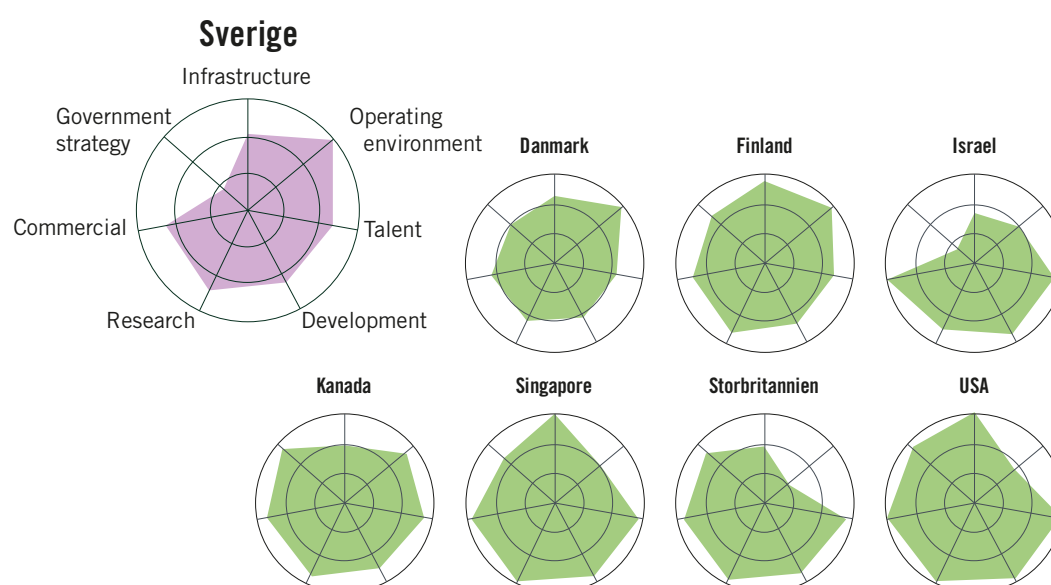
Källa: European Commission, European Innovation Scoreboard 2023, s.23, Brussels 2023, [European innovation scoreboard \(europa.eu\)](https://european-innovation-scoreboard.europa.eu). Kommentar: Alla indexvärden avser jämförelser med EU:s samlade index för 2016. Svarta staplar visar respektive lands index 2016 och färgade breda staplar visar respektive lands index 2023. Svarta streck markerar indexnivån för 2022.

En central del i den digitala transformationen är den snabba utvecklingen och tillämpningarna av artificiell intelligens i näringsliv och samhälle. AI är också en banbrytande teknik som möjliggör och driver på banbrytande forskning och teknik inom andra forsknings- och teknikområden. Sveriges förmågor i forskning, utveckling och tillämpning av AI kommer därför att vara av stor betydelse för Sveriges konkurrenskraft, nationell säkerhet, kvalitet och effektivitet i välfärdssystemen. Inte minst har AI-förmågor betydelse för förutsättningarna att lösa stora samhällsutmaningar.

Olika indikatorer ger något olika värderingar av hur Sverige ligger till i internationell jämförelse inom AI.⁴² Genom kraftfulla initiativ de senaste åren från främst Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse (KAW), har Sveriges forskningsbas inom AI påtagligt stärkts. Den internationella konkurrensen är emellertid stark och flera andra länder har också förstärkt sin AI-forskning. En jämförelse av vetenskapliga publiceringar inom AI och datavetenskap redovisas och diskuteras i kapitel 6.

Sveriges regulatoriska och samhällsliga förutsättningar för AI-utveckling är goda. Jämfört med flera andra länder har Sverige emellertid betydande outnyttjad potential i och med de hittills lägre offentliga investeringarna i AI. Möjligheter finns alltså för utveckling av kvalitet och effektivitet i välfärdssystem och offentliga verksamheter, figur 25.

Figur 25. Internationell AI-ranking av länder – The Global AI Index 2023.



Källa: [The Global AI Index - Tortoise \(tortoisemedia.com\)](https://www.tortoisemedia.com/).

5.1.3 Sveriges möjligheter och utmaningar

Sveriges investeringar i digital konkurrenskraft framstår än så länge som begränsade i internationellt perspektiv.⁴³ För att bidra till att lösa viktiga samhällsutmaningar och för att bibehålla sin konkurrenskraft, behöver näringslivet i Sverige ligga i den internationella fronten i fråga om utveckling och tillämpning av avancerad digitalisering. Att ligga i framkant är också avgörande för att Sverige ska kunna attrahera internationella investeringar i såväl avancerad teknikutveckling som digital kompetens. Internationella

⁴² [The Global AI Index - Tortoise \(tortoisemedia.com\)](https://www.tortoisemedia.com/), oxfordinsights.com/government-ai-readiness-index-2022, [HAI AI-Index-Report 2023.pdf \(stanford.edu\)](https://hail-ai-index-report-2023.pdf), [AI Watch Index 2021 \(europa.eu\)](https://ai-watch-index-2021.europa.eu).

⁴³ Vinnova, (2021), Sveriges förutsättningar i den digitala strukturovandlingen, Analysbilaga

kraftsamlingar kommer att bli utslagsgivande arenor för teknologiska genombrott och systemlösningar, liksom när det gäller standarder och regelutveckling.

Även om bredbandsinfrastrukturen är väl utbyggd i Sverige krävs betydande satsningar. Enligt Post- och telestyrelsens beräkningar 2021 uppskattades att det skulle behövas investeringar om cirka 20 miljarder kronor fram till och med 2025.⁴⁴ Sverige behöver samtidigt kraftsamla för att gå över till *Internet Protocol version 6 (IPv6)* på bred front så att den fortsatta utvecklingen med att utöka antalet IP-adresser inte hindras.

Datadelning är en grundpelare i den digitala omställningen och berör alla områden i samhället. Det handlar om att utveckla standarder, skapa, dela och utnyttja data, både nationellt och genom internationellt utbyte. Sverige behöver ta en aktivare roll i dessa processer, eftersom de har väsentlig påverkan på utvecklingen liksom på ekonomisk tillväxt och konkurrenskraft. För att Sverige ska kunna bibehålla en ledande position krävs stora satsningar som kombinerar IT, mjukvara, data, AI och applikationsområden.

Offentliga verksamheter behöver öka sin digitala mognad och innovationsförmåga. En viktig del i detta är att höja förmågan att samverka med olika aktörer. Att kontinuerligt utveckla förståelse för samhälls- och teknikomvandlingsprocesser där olika aktörer deltar, förutsätter att offentliga verksamheter tillägnar sig arbetssätt för samverkan och proaktivitet. För många offentliga verksamheter är drivkrafterna svaga när det kommer till att utveckla, tillämpa och integrera digitalisering i sin kärnverksamhet. Detsamma gäller deras målmedvetenhet i fråga om att utveckla sin digitala förmåga. I grunden ligger drivkrafterna i själva styrningen av statliga, regionala och kommunala verksamheter, det vill säga i den svenska förvaltningsmodellens funktionssätt.

Regulatorisk utveckling av spelregler för data och datatillgång kommer att vara av fundamental betydelse för den digitala transformationens utveckling och sociala hållbarhet. Ur individperspektiv leder djupare och effektivare utnyttjande av data om våra individuella och kollektiva beteenden ofta till väsentligt bättre prestanda i system, produkter och tjänster. Det ökar värdet för både konsumenter och samhälle. Samtidigt innebär denna utveckling risker för att dominerande företag får möjligheter att direkt påverka människors individuella beteenden genom sina djupa insikter. Att utforma regelverk för datatillgång och datadelning är därför en central del i marknadsutvecklingen på de alltmer digitaliserade marknaderna.

Avgörande för att möta och leda i den digitala strukturomvandlingen kommer också att vara digital kompetensförsörjning och livslångt lärande. Det är viktigt att myndigheter, näringsliv och utbildningsanordnare samlas kring gemensam utveckling av policyer som stärker inhämtningen av digital kunskap. Behovet av kompetensförsörjning är brett, förändras snabbt och omfattar långt mer än strikt digitala färdigheter.

⁴⁴ Ibid s.70

Möjligheterna för Sverige att möta och leda i den digitala transformationen kräver också förmåga att forma och leda funktioner för koordination mellan myndigheter, företag, offentliga verksamheter och politikområden. Sveriges kapacitet i fråga om koordinering av policy och strategisk aktörssamverkan är i nuläget otillräcklig. Det är ett allvarligt och alltmer grundläggande hinder för en hållbar och konkurrenskraftig digitalisering.

I Sverige hanteras allt från digitaliseringens teknikutveckling, infrastruktur, samhälleliga säkerhetsaspekter och integritetsskydd till offentlig sektors digitalisering, kompetensförsörjning och livslångt lärande, i hög grad fristående från varandra. Bristen på tydligt policyledarskap i den digitala transformationen är problematisk. OECD konstaterade i sin *Digital Government Review of Sweden 2019* att Sverige saknar mandat och resurser för långsiktiga systematiska processer för att förutse, värdera, prioritera och kraftsamla.⁴⁵

Aktörer inom olika verksamheter har sina huvudsakliga prioriteringar och fokus riktade mot relativt avgränsade sektors- eller branschutmaningar. Om de ska kunna åstadkomma prioriteringar och satsningar som involverar olika sektorer och politikområden krävs särskilda processer. Den svenska digitaliseringspolitiken drivs emellertid i hög grad av olika departement utan gemensamma visioner eller helhetsperspektiv. Utveckling och genomförande hanteras också av olika myndigheter, ofta med skilda uppdrag. Myndigheter har i sin tur begränsade incitament och förutsättningar för att utveckla gemensamma systemperspektiv och åstadkomma nödvändiga satsningar. Sammantaget begränsar detta Sveriges möjlighet att inta en stark och framträdande position internationellt i den digitala transformationen.

Sveriges förmåga att utveckla avancerad digital teknologi genom FoU och innovation behöver avsevärt stärkas. Större kapacitet krävs också för att implementera avancerad digitalisering i näringsliv och offentlig verksamhet. Det ställer mycket stora krav på nya arbetssätt för att målmedvetet och effektivt hantera cybersäkerhet, integritet och etik i denna utveckling.

5.2 Näringslivets klimatomställning

Klimatomställningen håller hög fart internationellt och driver utvecklingen mot djupgående förändringar av spelplanerna i värdekedjor och på de flesta marknader. Digitalisering, den geopolitiska utvecklingen och ökad prioritering av försörjningstrygghet och resiliens i leveranskedjor påskyndar omvandlingen och förändrar villkoren för såväl enskilda företag som för regeringar.

Utvecklingen påverkar förutsättningarna för företagens konkurrenskraft. Den avgörs i stor utsträckning av förmågan till innovation av produkter, tjänster och system med väsentligt bättre klimatprestanda än de existerande. Sveriges potential för att skapa konkurrenskraft,

⁴⁵ [Digital Government Review of Sweden: Towards a Data-driven Public Sector | en | OECD, 2019.](#)

arbetstillfällena och tillväxt genom klimatomställning i näringslivet är stor. Drivkrafterna för företagen att minska sin klimatbelastning är en kombination av lagstadgade krav, värderingar hos konsumenter och krav från andra företag.

Näringslivets förutsättningar i Sverige

Företag och ekosystem i Sverige ligger inom flera viktiga områden vid den internationella fronten i fråga om forskning, innovation och storskaliga investeringar. Starka utvecklingsblock mellan ledande företag inom svenska styrkeområden har utvecklats de senaste åren.

Generellt kan sägas att Sveriges utgångsläge i klimatomställningen är gott. Här finns en ambitiös klimatpolitik, ett sedan länge starkt engagemang i miljöfrågor hos medborgarna, och ett näringsliv som tidigt och seriöst antagit de utmaningar som klimatomställningen innebär. Sverige har också gynnsamma naturliga förutsättningar i form av god tillgång till skog, mark, vatten och mineraler. Dessa omständigheter har samverkat till att Sverige ofta betraktas som ett föregångsland för klimatomställning.

God tillgång till fossilfri el har varit avgörande för satsningarna på tillverkning av batterier och fossilfritt stål i Sverige. Elen har också lockat utländska företag att genomföra eller planera investeringar i produktion för att utnyttja grön el. Men redan på medellång sikt behöver elproduktion och kraftnät i Sverige eller i grannländer⁴⁶ kraftigt byggas ut för att de påbörjade satsningarna ska kunna förverkligas i planerad skala.

Näringslivets klimatomställning befinner sig ännu i en tidig utvecklingsfas och de största utmaningarna återstår. Resursstarka företag runt om i världen tar idag klimatutmaningarna på största allvar och konkurrensen hårdnar snabbt. Det eventuella försprång som företag i Sverige haft kan snabbt försvinna och förvandlas till en bristande konkurrensförmåga, om de inte förmår hålla samma innovationstakt som ledande företag utomlands.

För att accelerera klimatomställningen i näringslivet och stärka synergier mellan olika starka utvecklingsblock i Sverige, ställs stora krav på samverkan mellan olika företag å ena sidan och mellan näringsliv, kommuner, regioner och statliga myndigheter å den andra. Samspel mellan olika politikområden på nationell, regional och kommunal nivå, respektive samspel mellan policyer och insatser på dessa olika nivåer, kommer att vara kritiskt. Sveriges förmåga att utnyttja EU:s policyer och satsningar för klimatomställning spelar roll för att få hävstång på svenska investeringar. Av fundamental betydelse för att behålla och stärka konkurrenskraften är Sveriges och EU:s förmåga att kraftigt öka produktionen av fossilfri elektricitet.

Investeringar i nya värdekedjor görs i allt större skala såväl globalt som i Sverige, och kan ses i de historiskt stora investeringarna i tillverkningsindustrin. Detta är särskilt påtagligt i

⁴⁶ Exempelvis är enligt Prestudy H2ESIN: Hydrogen, energy system and infrastructure in Northern Scandinavia and Finland ([H2ESIN Project Report \(diva-portal.org\)](#)) elproduktion i Finland ett tänkbart alternativ för att direkt (eller indirekt via producerad vätgas) tillgodose de förväntade ökade elkraftsbehoven i nordligaste Sverige.

USA, där federalt riktade skatteavdrag och investeringsstöd till klimatomställning och tillverkning av halvledare påskyndat investeringsplanerna.⁴⁷

I Sverige är fem sammanlänkade utvecklingsblock av företag viktiga för näringslivets klimatomställning. Sverige har olika förutsättningar och möjligheter inom vart och ett av dessa områden. Tillsammans ger de stora möjligheter för internationellt framskjutna positioner och konkurrenskraft i den globala klimatomställningen. Nedan diskuteras vart och ett av dessa utvecklingsblock.

5.2.1 Elektrifiering av gruvor, metaller, fordon och maskiner

Fordon och tunga arbetsmaskiner utgör kärnan i ett starkt utvecklingsblock av industrier i Sverige, från malmutvinning till montering av slutprodukter från verkstadsindustrin. De står för en stor del av svensk export och av näringslivets FoU-investeringar. Direkta klimatavtryck härifrån härrör främst från kokseldade masugnar för tillverkning av stål.

SSAB har bildat utvecklingsbolaget Hybrit Development AB tillsammans med LKAB och Vattenfall för att etablera fossilfri ståltillverkning i Sverige. Samma syfte har företaget H2 Green Steel. För att producera den vätgas som ska ersätta koks i reduktionen av järn krävs stora mängder fossilfri el, och Hybrit har redan demonstrerat sin teknik i pilotskala. Liknande projekt pågår i andra länder, men de svenska projekten bedöms kunna vara bland de första att etablera kommersiell tillverkning i stor skala.⁴⁸ Vätgas i ståltillverkning är också starkt kopplad till hur användning av vätgas i stor skala inom hela energisystemet utvecklas. Området är ännu i tidig utvecklingsfas med stora möjligheter och utmaningar i att integrera transport, lagring och utnyttjande av gasen.

Industrin för fordon och tunga arbetsmaskiner orsakar indirekt stora klimatavtryck från förbränningsmotorerna då företagens kunder använder de tillverkade produkterna. Alternativ till fossila bränslen i förbränningsmotorer är framdrift med batterier eller bränsleceller respektive utnyttjande av biodrivmedel eller så kallade elektrobränslen. Batterier är för närvarande det dominerande utvecklingsspåret åtminstone för personbilar.

Northvolt bygger en helt ny värdekedja för utveckling, tillverkning och återvinning av batterier i Sverige. Kopplingen till svensk och europeisk fordons- och maskinindustri är stark genom samarbeten med Volvo Cars, Scania, Epiroc och Volkswagen. Sverige beräknas 2030 svara för 13 procent av tillverkningskapaciteten för batterier inom EU. Endast Tyskland (35 procent) och Ungern (16 procent) bedöms då ha en större batteriindustri i EU. I Ungerns fall genom företag från Kina och Sydkorea.⁴⁹ Northvolt med

⁴⁷ "Biden's industrial strategy begins to bear fruit. US on brink of manufacturing boom as companies take advantage of legislation offering tax credits, grants and loans", Financial Times, 18 april 2023. (Även data från Federal Reserve).

⁴⁸ [EPRS_STU\(2021\)690008_EN.pdf](https://www.epra.europa.eu/STU(2021)690008_EN.pdf) (europa.eu)

⁴⁹ https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-15/SR-2023-15_EN.pdf, Sid 55 och [A new industry is born: EV battery manufacturing - BDO](#)

anläggningar i Sverige och Tyskland förutses ha störst tillverkningskapaciteten i Europa 2030. Företaget planerar även produktion i Nordamerika.

Storskalig tillverkning av litiumbatterier och elfordon, liksom av lagring, distribution och användning av vätgas är nya värdekedjor och innovationsområden i Sverige. Vilka förgreningar dessa värdekedjor får i framtiden är svårbedömt och beror delvis på Sveriges FoU-politik. Det globala beroendet av teknologibasen som byggts i Ostasien är stort. Northvolt är det första europeiskt ägda företaget för storskalig batteritillverkning. Företaget har genom egna dotterbolag och partnerskap med andra europeiska företag fördjupat värdekedjorna i Europa från utvinning av litium i Portugal till återvinning av batterimaterial i Norska Hydrovolt, som etablerats tillsammans med Hydro.

5.2.2 Försörjning med kritiska råvaror och material

Om förnybar elproduktion liksom batteri- och elfordonstillverkning ska expandera globalt, krävs att utvinning och förädling av en rad mineral byggs ut, bland annat kobolt, litium, nickel och sällsynta jordartsmetaller. EU är idag beroende av Kina för många av materialerna. Farhågor finns också kring sociala och miljömässiga villkor under vilka en del metaller utvinns. Bland andra USA, EU och Japan försöker därför trygga försörjningen av kritiska material genom att öka den egna utvinningen eller förädlingen samt genom att diversifiera importberoendet.

EU:s Raw Materials Act

I mars 2023 lade EU-kommissionen fram ett förslag till en förordning med åtgärder för "säkerställande av trygg och hållbar försörjning av kritiska råvaror", *Raw Materials Act*. Förslaget innehåller mål för EU:s självförsörjningsgrad år 2030 för kritiska råvaror i olika förädlingsled.⁵⁰

För att nå målen föreslås åtgärder för att påskynda utvecklingen av mer hållbara och säkra värdekedjor för utvinning och förädling av kritiska råvaror inom och utanför unionen. EU föreslår ett system för identifiering och prioritering av strategiska projekt med gynnsamma villkor för bland annat tillståndsgivning och finansiering. Men även om målen nås kommer självförsörjningsgraden att vara relativt låg. En hörnsten i förslaget är därför att utveckla partnerskap med länder med förutsättningar att erbjuda säkra leveranser av kritiska råvaror och material.⁵¹

Initiativen som tas på EU-nivå för att förbättra EU:s försörjningssäkerhet har stor betydelse för Sverige på grund av Sveriges höga importberoende av kritiska råvaror. Men Sverige har tillsammans med Norge och Finland förutsättningar att på lång sikt stärka EU:s

⁵⁰ I en rapport från EC/JRC analyseras ingående EU:s försörjningsläge för 87 mer eller mindre kritiska råvaror och deras användning inom 15 teknikområden varav hälften centrala i klimatomställning (file:///C:/Users/LenSte/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/9aa0454b-ca37-454c-8677-bf3aeeec742b6/JRC132889_01.pdf).

⁵¹ [Critical raw material act: Council adopts negotiating position - Consilium \(europa.eu\)](https://www.europa.eu).

självförsörjningsgrad för utvinning av flera kritiska råvaror och förädlingen av dessa.⁵² De grundläggande försörjningsbehoven för svensk industri kommer emellertid under överskådlig tid att fyllas genom import och då främst från länder utanför EU.

Det är genuint osäkert vilken roll den svenska gruv- och metallindustrin kommer att spela i försörjningen av kritiska råvaror och material. Avgörande är i vilken grad "normala" marknadsvillkor kommer att gälla. Villkoren som den amerikanska regeringen har satt upp för subventioner i *Inflation Reduction Act* (IRA) innehåller exempelvis krav på var insatsvaror ska produceras för att få subventioner. Klart är att exportrestriktionerna för industriella råvaror är fyrdubblade tio år efter finanskrisen.⁵³

Sveriges prospektering och FoU för kritiska råvaror och material otillräckliga

Den forsknings- och innovationsaktivitet i Sverige som gäller innovationskritiska mineral och metaller behöver förstärkas. Flera utredningar lyfter nämligen fram potentialen som finns i ackumulerat restavfall från tidigare gruvdrift.⁵⁴ Bland kritiska material med goda förutsättningar för utvinning i Sverige nämns grafit.

Merparten av industrins behov av kritiska material de närmaste 10–15 åren kommer att behöva täckas genom utvinning av jungfruligt material, och för EU:s del i de flesta fall från länder utanför EU. Detta trots många länders strävan efter högre återvinning av kritiska material ur uttjänta produkter. Ett fokusområde för Norden är återvinning av batterier.

Sverige är tidigt ute med batteritillverkning i stor skala. En fabrik är redan i drift och ytterligare två är beslutade, en i Göteborg och en i Mariestad. Tillgång till uttjänta batterier kommer därför snart att finnas på nära håll. Men Stena Recycling invigde redan våren 2023 en återvinningsanläggning för batterier i Halmstad. Den ska ta emot batterier från Nordeuropa och Italien och kan expandera när tillgången till återvinningsfärdiga batterier växer. Både Norge och Finland har strategier för batterivärdekedjor som betonar hållbarhet. Norge kommer tidigare än andra länder att ha tillgång till batterier för återvinning eftersom elfordon tidigt fick starkt genomslag i landets nybilsförsäljning.

Det ekosystem för gruvteknik som byggts upp i Sverige är inte begränsat till gruv- och metallföretag och forskargrupper, utan inkluderar sedan länge även maskintillverkare med det globalt verkande Epiroc som det största företaget idag. De senaste tio åren har företag inom informations- och kommunikationsteknologi tillkommit och projekt för elektrifiering

⁵² <https://www.nordicinnovation.org/critical-metals-and-minerals>, Dokument Delegationen för cirkulär ekonomi (delegationcirkularekonomi.se). 2017 publicerade Tillväxtanalys en rapport "Innovationskritiska metaller och mineral från brytning till produkt – hur kan staten stödja utvecklingen?" Tillväxtanalys lyfter fram förnybar energi, återvinning och resurseffektivitet som särskilt viktiga för framtiden. Vidare bedömer de att fokus bör läggas på permanentmagneter, batterier och speciallegeringar, samt anger råmaterialen litium, sällsynta jordartsmetaller, grafit, volfram och kobolt som särskilt viktiga.

⁵³ <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/c6bb598b-en.pdf?expires=1692361659&id=id&accname=guest&checksum=91E3EAD071037797737DB1773595F08>.

⁵⁴ <https://mb.cision.com/Main/11419/3663352/1655641.pdf>. LKAB investerade 400 MNOK i en nyemission av REEtec AS på totalt 1,2 miljarder NOK.

och automatisering har framgångsrikt genomförts och gett det svenska ekosystemet en internationellt ledande position.⁵⁵

En slutsats som kan dras är att utvecklingen skapar nya öppningar för olika typer av leverantörsindustri och innovationer hos dessa. Det illustreras av uppbyggnaden av batteritillverkning och omställningen till fossil ståltillverkning med tillhörande etablering av vätgastillverkning. Likaså skapas nya möjligheter när breddningen av gruv- och metallindustrin också omfattar utvinning, förädling och återvinning av innovationskritiska mineral och metaller. Det som idag är ett relativt avgränsat "gruvkluster" kommer sannolikt att öppnas i olika riktningar och bli en integrerad del i ett väsentligt större ekosystem med än mer internationell karaktär. En medveten utveckling av nordiskt samarbete skulle troligen skapa en starkare nod i det globala systemet än summan av de nordiska länderna var för sig.

5.2.3 Fossilfri energiproduktion, energilagring och energiöverföring

Efter det amerikanska beslutet om massiva federala subventioner har USA:s investeringar i ny industriproduktion ökat dramatiskt.⁵⁶ EU, Japan och Sydkorea oroas över att investeringar i det som betraktas som framtidsindustrier kommer att lockas från dessa länder till USA och underminera egna möjligheter att få del av värdetillväxten i de gröna industrierna. Som svar på hotet presenterade EU-kommissionen i mars 2023 ett förslag till "förordning om netto-nollindustrin" *Net Zero Industry Act*.

Förordningen syftar till att stödja utvecklingen av industriell tillverkning inom åtta områden av strategisk betydelse för klimatomställningen. Merparten avser energiteknologi.⁵⁷ Kommissionen föreslår emellertid ingen ny finansiering från EU utan lägger över ansvaret för detta på medlemsstaterna. Många uppfattar finansieringskravet som problematiskt. Det statsfinansiella utrymmet för statsstöd till företag varierar kraftigt bland EU-länderna liksom synen på lämpligheten av sådant stöd.

Utveckling mot netto-nollindustri i Sverige

Företag i Sverige återfinns i flera delar av netto-nollindustrins värdekedjor. Det mesta tyder på att Sveriges största bidrag till denna i närtid kommer att vara inom batteritillverkning. Enligt EU-kommissionen är denna del av netto-nollindustrin den som har störst investeringsbehov.⁵⁸

⁵⁵ [Med sikte på framtidens gruvdrift i Vinnova](#).

⁵⁶ "US subsidies generate \$220bn clean tech boom" (Financial Times 17 aug 2023); "US clean technology investment leaves Europe in the shade" (Financial Times 18 aug 2023).

⁵⁷ Områdena, som benämns "teknologier" är: "solar photovoltaic and solar thermal; onshore wind and offshore renewables; batteries and storage; heat pumps and geothermal energy; electrolyzers and fuel cells; sustainable biogas and biomethane; carbon capture and storage (CCS); grid technologies."

⁵⁸ Kommissionen har beräknat investeringsbehoven fram till 2030 i industrin inom EU för tillverkning av vindkraftverk, solceller, värmepumpar, battericeller och elektrolysörer under olika scenarier. Av dessa svarar battericeller ensamma för mellan två tredjedelar och tre fjärdedelar av investeringsbehoven beroende på scenario. Det är oklart hur stor del av respektive värdekedja som inräknats. https://single-market-economy.ec.europa.eu/system/files/2023-03/SWD_2023_68_F1_STAFF_WORKING_PAPER_EN_V4_P1_2629849.PDF, s.17-24

Ett annat område med svensk potential är kraftöverföring med högspänd likström (HVDC). Det behövs bland annat från havsbaserade vindkraftverk. Sverige har genom decennier byggt upp ett starkt utvecklingsblock i Hitachi Energy (tidigare ABB Power Grid) i Ludvika och Västerås, danska NKT:s tillverkning av högspänningskablar i Karlskrona och österrikiska Borealis tillverkning av plastmaterial för isolering i kraftkablar i Stenungsund. Tillsammans sysselsatte företagen redan 2021 över 6000 anställda i Sverige och exporterade för över 20 miljarder kronor. Till följd av utbyggnaden av havsbaserad vindkraft expanderar både Hitachi Energy och NKT kraftigt i Sverige.

Sverige har idag ingen storskalig produktion av solceller. Men flera innovativa små och medelstora företag är aktiva inom området, däribland Midsummer i Järfälla, Evolar i Uppsala, Epishine i Linköping och Exeger i Stockholm.⁵⁹

Innovativa lösningar för netto-nollindustri kan komma från oväntat håll. Exempel är den produktionsteknik som Modvion utvecklat för att tillverka vindkraftstorn i trä. Stora Enso har också inlett strategiska samarbeten med flera större företag för att kunna nyttja träråvara inom nya områden: tillsammans med tyska Voodin Blade Technology GmbH och Modvion utvecklar man turbinblad för vindkraftverk i laminerat trä; med Northvolt och Polestar använder Stora Enso lignin för att ersätta grafit som anodmaterial i batterier.⁶⁰

5.2.4 Integration av skog, kemi, plast, textil, energi och återvinning

Det pågår en integration och konvergering av flera olika näringsgrenar som drivs genom näringslivets klimatomställning. I denna utveckling har Sverige särskilda förutsättningar och sannolikt betydande möjligheter.

Cirkularitet, träråvara och CO₂-infångning är konkurrerande och kompletterande utvecklingsspår för mer hållbara kemikalier, plast och textil

Kemisk industri baseras nästan fullständigt på fossila råvaror. Detsamma gäller för raffinaderier och tillverkning av plast och syntetisk textilfiber. Fossila råvaror används dels som råmaterial dels för energitillförsel i kemiska processer. Det finns flera utvecklingsvägar mot en alternativ råvarubas. Dessa kan sammanfattas som ökad återvinning, substitution med biomassa och elektrifiering i olika former och för olika syften.⁶¹ Ökad återvinning kan dels avse slutprodukter som plast och textil, dels koldioxidinfångning från förbränningsanläggningar eller direkt ur luften. Användning av infångad koldioxid som kolkälla bygger i hög grad på elektrifiering. Behovet av fossila

⁵⁹ Midsummer och Epishine hade under 2022 i genomsnitt 111 respektive 42 anställda i Sverige. First Solar har uppgett att 30 anställda inom forskning och utveckling från Evolar kommer att bli kvar i Uppsala efter förvärvet.

⁶⁰ <https://www.storaenso.com/en/newsroom/press-releases/2022/11/stora-enso-forms-partnership-with-woodin-blades-to-develop-sustainable-wind-turbine-blades-from-wood>; <https://www.storaenso.com/en/newsroom/regulatory-and-investor-releases/2022/7/stora-enso-and-northvolt-partner-to-develop-wood-based-batteries>; <https://www.storaenso.com/en/newsroom/news/2023/2/stora-enso-joins-polestar-0-project#:~:text=Stora%20Enso%20and%20Swedish%20electric,Stora%20Enso%20C%20made%20from%20trees>; Stora Enso har byggt en pilotanläggning för tillverkning av lignin-baserat hårt kol i Sunila i Finland. Eftersom pappersmassatillverkningen i Sunila kommer att avvecklas kommer eventuell kommersiell tillverkning av hårt kol att ske i anslutning till en annan massafabrik där fabriker i Sverige är kandidater.

⁶¹ En detaljerad genomgång av alternativ finns i [https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322\(23\)00207-5.pdf](https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322(23)00207-5.pdf).

råvaror kan också minskas genom effektivare energianvändning. Vilka alternativa vägar som väljs och hur industrins mycket komplexa materialflöden kommer att kombinera alternativen är fortfarande en öppen fråga.

Intressant för Sverige är om, hur och i vilken grad biomassa från skogen kan utnyttjas för att minska den kemiska industrins klimatavtryck. Ett sätt är att förgasa biomassa eller på annat sätt omvandla massan till råvaror för kemiindustrins nuvarande eller modifierade processer. Ett annat är koldioxidinfångning från förbränning av biomassa som sedan blir till insatsvara i kemiska processer. Ytterligare ett alternativ är att skogsindustriprodukter ersätter varor som baseras på material från fossilbaserad kemisk industri. Exempel är cellulosa, lignin eller träfiber som förädlas i processer som liknar dem som massa- och pappersindustrin utnyttjar i sin traditionella verksamhet. I sådana fall växer skogsindustrin på bekostnad av den kemiska industrin. Sverige har skarpa industriella projekt som motsvarar varianter eller kombinationer av alla nämnda alternativ.⁶²

Återvinning av biogen koldioxid från förbränning av biomassa framstår som ett potentiellt viktigt och praktiskt närbart utvecklingsområde för Sverige. Europas hittills största exempel är Stockholm Exergi, samägt av Stockholms stad och ett europeiskt företagskonsortium. Projektet är ett av de största som beviljats bidrag från EU:s Innovation Fund (180 miljoner euro) och det enda som avser "Bioenergy with carbon capture and storage" (BECCS).

Infångning av biogena koldioxidutsläpp räknas som "negativa växthusgasutsläpp" oavsett om det infångade kolet förädlas till produkter eller lagras – därav det stora intresset. I analyser av framtida infångning av biogen koldioxid förefaller fokus ligga på lagring. Ett skäl är att lagring förväntas svara för de största volymerna.⁶³

Konkurrens om skogens olika värden

Biomassa från skogen har många användningsområden och behovet att prioritera mellan dessa lyfts ofta fram. Exempelvis skulle tillverkning av biodrivmedel kunna kräva stora volymer biomassa.⁶⁴ Regeringen har tillsatt en särskild utredningen för att ta fram förslag till en nationell bioekonomistrategi. Den bedömer att nuvarande styrmedel är otillräckliga för att få till stånd de investeringar i tillverkning av biodrivmedel i Sverige som vore önskvärda.⁶⁵

Politiska beslut inom en mängd områden på nationell och EU-nivå och delvis även på regional och lokal nivå, påverkar hur skogens nyttigheter kan utnyttjas. Regleringar på EU-nivå påverkar direkt och indirekt alla led i värdekedjor som utnyttjar eller har potential att utnyttja biobaserade råvaror och material. EU-kommissionen presenterade nyligen en

⁶² En förteckning över existerande och planerade anläggningar för produktion av biodrivmedel och biogas i Norden har publicerats av tidningen Bioenergi: [BioDRIV2022-web.pdf \(bioenergitidningen.se\)](#).

⁶³ Borealis crackeranläggning i Stenungsund, den största anläggningen i kemiklustret där, har en kapacitet på 620 tusen ton per år.

⁶⁴ En analys av de faktorer som hållit tillbaka utbyggnaden av tillverkningen av biodrivmedel i Sverige återfinns i [research.chalmers.se/publication/533778/file/533778_Fulltext.pdf](#).

⁶⁵ *Förnybart i tanken. Ett styrmedelsförslag för en stärkt bioekonomi, SOU 2023:15 (regeringen.se).

rapport som diskuterar förutsättningarna för system som skulle ge skogsägare intäkter för ekosystemtjänster. Rapporten tar även upp prissättning för dessa tjänster.⁶⁶

Innovationer avgör skogsråvarans användningsområden

Förpackningar och textilier är utvecklingsområden där både ökad återvinning och ersättning av fossila råvaror med biomassa pågår såväl i Sverige som internationellt. Sverige har ett ekosystem för innovation som består av TetraPak, IKEA och H&M och andra globala företag som har direktkontakt med såväl konsumentmarknader, materialtillverkare inom skogsindustrin som innovativa startups och återvinningsföretag. Ekosystemet har hög innovationskapacitet och goda förutsättningar för att få globalt genomslag för sina lösningar.

Återvinningsgraden är fortfarande låg för textilier och förpackningar, såväl plast som träfiberbaserade. För att öka denna krävs insatser inom en rad områden. Det inkluderar: uppbyggnad av system och teknologi för insamling och sortering av material; uppbyggnad av insamlat material genom kemiska eller andra processer för att skapa material med tillräckligt jämn och hög kvalitet; anpassning av produktutveckling och produktionsprocesser i den materialanvändande industrin. Stora sorteringsanläggningar för textil och plastförpackningar har nyligen byggts, bland annat i Malmö och Motala.

Olika tillvägagångssätt finns för att producera textila material genom att öka användningen av träfiber. Träfiberbaserad cellulosa har länge använts som basmaterial för viskosfiber.⁶⁷ I Sverige producerar Södra och Domsjö viskosmassa för export till utländska fibertillverkare. Startupföretaget Renewcell baserar sin nya produktionsteknologi på återvunna fibrer ur olika cellulosarika textilmaterial. Ett annat, TreeToTextile, producerar textilfibrer direkt ur cellulosa i en ny process och investerar nu stora summor i en demonstrationsanläggning.

Det är omöjligt att idag säga vilka utvecklingsvägar och teknologier som kommer att få störst genomslag och vilka som åstadkommer en mer hållbar produktion och konsumtion av textilier. En mängd faktorer samspelar i något som med rätta kan betecknas som "systeminnovation".⁶⁸

Biobaserade kemikalier och plaster representerar ett möjligt förnyelseområde för svensk industri men tillväxtpotentialen är svårbedömd. Strategiska Innovationsprogrammet BioInnovation redovisar en diskussion om förutsättningar i två områdesrapporter.⁶⁹

⁶⁶ [guidance-dev-public-private-payment-schemes-forest_en.pdf \(europa.eu\)](#).

⁶⁷ I en områdesstudie beställd av det Strategiska Innovationsprogrammet BioInnovation diskuteras förutsättningarna för svensk biobaserad textiltillverkning.

⁶⁸ <https://scienceparkboras.se/2022/11/science-park-boras-leder-storskalig-vinnova-satsning-pa-hallbara-textilsystem/>.

⁶⁹ <https://www.vinnova.se/contentassets/c90a81b8086840989126dd83b02e3f41/omradesanalys-biobaserad-kemiindustri.pdf>, https://www.bioinnovation.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2020/05/rapport_omrdesanalys_textil_logo.pdf.

En växande roll för trä inom byggsektorn?

Sågverk och trämanufakturindustri är en viktig del av skogsnäringen och står för en huvuddel av skogsägarnas intäkter från virkesförsäljning. Med undantag av virke med vissa impregneringsmedel, har trä som byggmaterial mycket goda miljö- och klimatprestanda. En ökad andel trä i byggande ses som önskvärt.

Byggsektorn har direkt och indirekt stora klimatavtryck genom tillverkning av byggmaterial, transporter av byggmaterial och energiförbrukningen i byggnader som sektorn producerar. Här finns en stor potential för ökad resurseffektivitet, inklusive genom ökad återanvändning och materialåtervinning.

Byggmaterialindustrins största klimatbelastning kommer från cementindustrin som i Sverige är koncentrerad till en enda produktionsanläggning i Slite på Gotland. Idag saknas alternativa tillverkningsprocesser som radikalt skulle minska klimatbelastningen från cementproduktion. Nuvarande planer baseras till största del på infångning och lagring av koldioxid (CCS).

Nya material som fullt ut utnyttjar träfibrernas naturgivna egenskaper

Under det senaste decenniet har den träfiberbaserade materialforskningen i Sverige stärkts väsentligt och breddats till områden som ligger utanför massa- och pappersindustrins direkta behov. Idag är forskningen kring nanocellulosa exempelvis i absolut världsklass. Att utveckla industriell verksamhet som fullt utnyttjar denna vidgade forskningsbas är en utmaning. Hittills har endast små steg tagits, delvis genom startupföretag delvis i etablerade skogsindustrieföretag.

5.2.5 Produktionssystem för hållbara värdekedjor

Stor potential för klimatomställning ligger i att radikalt öka resurseffektiviteten genom att öka produkters livslängd, återanvändning, återtillverkning och materialåtervinning. Omställning till cirkulära materialflöden är då viktigt. Det förutsätter förändringar i materialval, produktdesign, bearbetningstekniker, produktionsprocesser och affärsmodeller och berör all industri. En övergång till cirkulära materialflöden kan förväntas leda till att lokaliseringen av produktion och konsumtion kopplas starkare till varandra.

Det ökade fokuset på försörjningstrygghet i spåren av covid-19-pandemin, kriget i Ukraina och ökade geopolitiska spänningar leder också till en önskan om närmare koppling mellan produktion och konsumtion. Att i närområdet producera varor av avgörande betydelse för enskilda människors liv och för att upprätthålla kritiska samhällsfunktioner, ses idag som önskvärt i betydligt högre grad än för några år sedan.

Cirkulär ekonomi, digitala produktpass och datarum för datadelning

För industrieföretag har digitalisering främst varit en fråga om att automatisera och effektivisera företagets interna processer. Detta kommer fortsatt att vara aktuellt, men

informationsutbyte och datadelning mellan företag blir allt viktigare för att minimera klimatavtryck, annan miljöpåverkan och sociala missförhållanden i hela värdekedjan, liksom i hela livscykeln där produkter och tjänster ingår. Förutom den egna verksamheten ska också den hos leverantörer och kunder räknas in i alla led. Då ingår även vad som sker när produkter och tjänster används och hanteras efter slutlig användning. Företag behöver alltså betrakta hela systemet, trots att deras verksamhet endast utgör en mindre del. Mer slutna materialflöden ökar dessutom komplexiteten i informationen om vad produkter och ingående material har genomgått.

Nu byggs system för att företag ska kunna redovisa data över bland annat produkters materialsammansättning och de omständigheter under vilka material och produkter tillverkats i olika led. Regering och företag i Tyskland engagerade sig redan för drygt 10 år sedan i ett projekt för automatisering och digitalisering i enskilda produktionsanläggningar, *Industri 4.0*. Numera fokuseras mer på system för datautbyte mellan företag. Det senaste initiativet är *Manufacturing-X*.⁷⁰ EU har också tagit initiativ till så kallade datarum (data spaces) där företag och andra parter kan dela data på ett ändamålsenligt och säkert sätt.

Sverige har drivit liknande projekt. Men aktivitetsnivån hos företag, forskningsmiljöer och myndigheter har varit väsentligt lägre än i Tyskland och aktörerna har inte varit tillräckligt integrerade i större europeiska projekt. Digitalisering har emellertid generellt kommit längre i svenska samhället och näringslivet än i Tyskland. Sverige skulle därför kunna inta en ledande position i Europa och även bidra i EU:s arbete med att underlätta datadelning med företag utanför EU.

I mars 2022 lade EU-kommissionen fram förslag till en ekodesignförordning som innebär långtgående hållbarhetskrav för de flesta produktkategorier. Krav ställs bland annat på att produkter ska kunna återanvändas, uppgraderas och repareras, men innebär också krav som gäller förekomsten av ämnen som hämmar cirkularitet, energi- och resurseffektivitet. Dessutom omfattar kraven innehållet av återvunnet material, återtillverkning och materialåtervinning, koldioxid- och miljövtryck och informationskrav, inbegripet ett digitalt produktpass.⁷¹ Förordningen slutförhandlas nu mellan EU-parlamentet och Ministerrådet. Exakta krav kommer successivt att fastställas och införas för olika produktgrupper.⁷²

Redan i april 2023 antog EU-parlamentet en batteriförordning som föreskriver att batterier från och med 1 februari 2027 ska åtföljas av "digitala batteripass" med omfattande information om bland annat materialinnehåll, klimatavtryck och ansvarsfull anskaffning av råmaterial.⁷³ I Tyskland utvecklar sedan april 2022 bland andra de tre stora

⁷⁰ <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Manufacturing-X/Manufacturing-X.html>

⁷¹ <https://www.consilium.europa.eu/sv/press/press-releases/2023/05/22/ecodesign-regulation-council-adopts-position/>

⁷² I EU-projektet Cirpass (<https://cirpassproject.eu/>) arbetar forskare från ett 30-tal organisationer med att utveckla standarder för digitala produktpass inom områdena elektronik, batterier och textil. Från svensk sida medverkar Chalmers Industriteknik och RISE.

⁷³ Information som ska inkluderas i batteripasset listas i BILAGA XIII i Batteriförordningen. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CONSIL:PE_2_2023_INIT.

fordonsföretagen och forskningsorganisationer den konkreta utformningen av batteripass i ett stort projekt om 8,2 miljoner euro under tre år. Ministeriet för ekonomi och klimat delfinansierar.⁷⁴

Forskningsbasen inom produktions- och materialteknik

En framgångsrik klimatomställning i näringslivet i Sverige förutsätter att företagen kan luta sig mot en internationellt konkurrenskraftig forskningsbas vid universitet, högskolor och institut i landet. Delar av industrin har uttryckt farhågor över att behovet av en högklassig produktionsteknisk forskning inte uppmärksammas tillräckligt i Sverige och att den behöver förstärkas.

Ytbeläggning och Additiv tillverkning är två områden där Sverige står sig väl både industriellt och forskningsmässigt. För att bidra till en bredare användning av additiv tillverkning bildades 2017 ett nytt kompetenscentrum, CAM2 där Chalmers är koordinatör. Övriga forskningsparter är Högskolan Väst, Linköpings universitet och RISE samt en grupp företag. Antalet medlemsföretag i CAM2 har vuxit rejält och omfattade 2022 cirka 30 företag. Svenska forskningsmiljöer är dock i jämförelse med de internationellt främsta fortfarande relativt små.

5.3 Klimatkontrakt i städer – governance innovation och innovationsefterfrågan

Världens städer har en avgörande betydelse för klimatomställningen. De står för 65 procent av den globala energianvändningen och 70 procent av världens samlade koldioxidutsläpp. Inom EU bor 75 procent av befolkningen i städer, som tar upp 4 procent av landytan.⁷⁵ Städer har unika möjligheter att påskynda en klimatomställning. De har behov och därmed också efterfrågan på investeringar i klimat- och resurseffektiva byggnader, avfallshantering, transport- och mobilitetssystem liksom energisystem.

Behovet av en klimatomställning i hela samhället har fått flera städer att börja fokusera på att minska sina konsumtionsbaserade utsläpp. De ser synergier mellan klimat, resurseffektivitet och livskvalitet. Den svenska utvecklingsresan inom hållbar stadsutveckling inleddes för drygt 20 år sedan då Hammarby Sjöstad ritades och uppfördes i Stockholm. Stadsdelen har sedan dess blivit en internationell föregångare eftersom projektet från början satte invånarnas roll i centrum för en hållbar stadsutveckling.

Sedan starten har hållbar stadsutveckling ingått i ett flertal statligt stödda program, exempelvis det pågående Viable Cities, som är ett av de Strategiska

⁷⁴ <https://www.plattform-i40.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/Batteriezellfertigung/batteriepass.html>

innovationsprogrammen (SiP). Programmet stödjer systeminnovation. Under det senaste året har också ett annat SiP men inom digitalisering, satt klimatomställning i städer i fokus, nämligen Internet of Things (IoT) Sverige. Som stöd för omställningen har en samverksplattform under namnet Smart City Lab utvecklats för att bygga upp tekniska och organisatoriska förmågor och förutsättningar som behövs i städer och kommuner för datadriven systemintegrering och systeminnovation.⁷⁶

Sveriges praktiska erfarenheter och idéutveckling inom hållbar och klimatsmart stadsutveckling har fått internationellt genomslag, inte minst inom forsknings- och innovationspolitik. Nya former av policyinstrument lanserades exempelvis på EU-nivå 2021 inom ramen för EU:s ramprogram för forskning och innovation Horisont Europa, de så kallade EU-missionerna. Dessa "missioner" eller "missions" syftar till nya arbetssätt och nya former av samverkan. De ska hantera breda samhällsutmaningar genom att sträva bort från projektinriktade och sektorbaserade insatser, och i stället involvera samhällets alla aktörer, arbeta sektorsövergripande och på så sätt uppnå nödvändiga systemförändringar.⁷⁷ Sveriges arbete inom ramen för Viable Cities har spelat en betydande roll under utvecklingsfasen av en av de fem EU-missionerna, nämligen *Climate Neutral and Smart Cities 2030* (Cities mission). Denna mission är ett av de nya och konkreta policyinstrumenten för att implementera *EU:s gröna giv* (Green Deal) och en *integrerad grön- och digital omställning* (Twin Transition).⁷⁸

Inom programmet Cities Mission kommer de medverkande städerna att få en central roll när det gäller att utveckla nya tvärssektoriella arbetssätt, det vill säga "governance innovation" (se nedan). De ska också medverka till att ta fram nya finansieringsmodeller och samverkansformer så att klimatomställningen drivs genom innovationer och investeringar. Sett ur perspektivet av närings- och innovationsutveckling kan städernas klimatomställning vara en katalysator för utveckling av konkurrenskraft genom att städer ser bortom business-as-usual och siktar på att påskynda systemomställningen. Målsättningen med Cities Mission är att städer, akademi, näringsliv och innovationsmiljöer samverkar, med klimatomställning som fokus och genom kraftsamling, systemförändringar och gemensamt värdeskapande. På så sätt ska de nå målet om att de medverkande städerna ska vara klimatneutrala till år 2030.

Totalt 112 europeiska städer har valts ut av EU för att medverka i Cities Mission. Dessa ska sedan stå modeller för andra städer i hur de kan gå till väga för att åstadkomma en klimatanpassning. De kan också få en rad fördelar i form av bland annat viss finansiering från EU.⁷⁹ Sedan 2021 har sju svenska städer och kommuner godtagits för att medverka i EU-programmet.

⁷⁶ För mer information se t.ex. [Samhällsnytta genom IoT - IoT Sverige](#) och [Smart City Lab – satsning på mjuk infrastruktur - IoT Sverige](#).

⁷⁷ För mer information se till exempel [EU Missions in Horizon Europe \(europa.eu\)](#) och [EUs Cities Mission kan snabba på utvecklingen av klimatneutrala städer | Vinnova](#).

⁷⁸ För mer information se till exempel [Green Deal: key to a climate-neutral and sustainable EU | News | European Parliament \(europa.eu\)](#) och [The twin green & digital transition: How sustainable digital technologies could enable a carbon-neutral EU by 2050 \(europa.eu\)](#).

⁷⁹ De sju svenska städer och kommuner som deltar i EU:s Cities mission är Helsingborg, Lund, Gävle, Göteborg, Malmö, Stockholm och Umeå.

nettonollutsläpp senast år 2030.⁸⁵ Den grundläggande idén är att städerna och de statliga myndigheterna gör åtaganden som skapar en form av ömsesidighet: Städernas höga ambitioner och nya utvecklingsbehov ska stödjas av insatser på den nationella nivån. Tillsammans ska de åstadkomma en klimatomställning genom bättre samordning och genom att fokusera på de behov städernas invånare och de olika aktörerna upplever i omställningsarbetet. Huvudkomponenterna i städernas åtagande omfattar bland annat förändringar i organisation och ledning för att klimatomställningsarbetet ska kunna styras strategiskt och integreras i den kommunala verksamheten. Städerna ska också samverka med näringsliv, akademi och medborgare för att omställningen ska bli inkluderande.

Klimat investeringsplaner används som konkreta instrument för att mobilisera resurser. Sist men inte minst krävs ett "digitaliseringslyft" – att städerna använder digitala stöd för att klara av att genomföra klimatomställningen snabbare och uppnå tvärsektoriella systemförändringar. Statliga myndigheter å sin sida ska huvudsakligen genom dialog med städerna och kommunerna finna nya arbetssätt för att utveckla policyer. Deras roll innebär också att stödja forskning, innovation och utveckling samt samordna finansieringen mellan olika stödformer för att bättre nå synergier och större effekter.

Som nytt inslag och en ny insatsform är Klimatkontrakt ett exempel på governance innovation för klimatomställning. Sedan den första versionen av Klimatkontrakt 2030 lanserades 2020, har ett omfattande utvecklings- och mobiliseringsarbete genomförts inom ramen för Viable Cities.⁸⁶ Redan under den tidiga "idé-/designfasen", 2020–2022, har klimatkontrakten kunnat visa att instrumentet har en tydlig och kraftfull potential när det gäller att nå en systemförändrande klimatomställning - en transformation som i sin tur har stor betydelse för innovations- och konkurrenskraftsutveckling.

5.3.2 Implementering av klimatkontrakt – utmaningar och möjligheter

På vägen från en "designfas" mot den tid då klimatkontrakten nu ska implementeras finns ett antal utmaningar och utvecklingsbehov. Dessa kräver konkreta och nya stöd och samverkan mellan den kommunala (även den regionala) och statliga nivån. Här nedan tas några exempel upp: behovet av att vidareutveckla städernas omställningstrategier, näringslivets roll, investeringsplanen och den gemensamma statliga och kommunala samägarskapet.

När städernas och kommuners klimatstrategier vidareutvecklas till handlingsorienterade omställningsstrategier, är det viktigt att inkludera olika former av omställningsrisker, analysera dessa och förstå dem. Omställningsrisker kan finnas i städernas val av teknologier och i hur marknaden kommer att utvecklas till följd av valet av policyer och

⁸⁵ För mer information se, t.ex. [Klimatkontrakt 2030 — Viable Cities](#).

⁸⁶ För mer information, se till exempel, [Samarbete hållbar innovation: strategiska innovationsprogram i Vinnova](#) och [Hem - Viable Cities](#).

governance. Utvecklingen i städerna måste ske tvärsektoriellt och formas i strategiska processer på flera nivåer, vilket i sig medför utmaningar och osäkerhet.

Både näringsliv och de lokala innovationsmiljöerna har en avgörande roll i det lokala klimatomställningsarbetet. Deras funktion i klimatkontrakten behöver stärkas. De ser begrepp som "hållbar samhällsbyggnad" som en systemövergripande motor för innovations- och konkurrenskraftsutveckling, snarare än att utvecklingen av innovation skulle ske inom specifika sektorer eller inom en snävt definierad tvärsektoriell samverkan. Detta ger både intresse för och möjligheter att skapa nya samverkansytter som kan ge ökad konkurrenskraft. Det kan bli en FoU-samverkan som engagerar offentliga aktörer och förverkligas med det lokala innovationsekosystemet och näringslivet som motor. Klimat investeringsplanen är en central del i Klimatkontrakt 2030. Både utformning och innehåll i denna kräver ett grundligt utvecklingsarbete för att den ska kunna koppla till kommunernas verkliga och långsiktiga upphandlingar, investeringsaktiviteter och investeringsbehov som har med klimatomställningen att göra. Kopplingen mellan digitalt stöd och klimatnytta, både konceptuellt och praktiskt, behöver utvecklas och kräver mycket närmare interaktion mellan digitaliserings- och klimatomställningsprocesser hos klimatkontraktstäder- och kommuner.

Mot denna bakgrund krävs nya former av långsiktigt statligt kapacitetsstöd som baseras på städernas behov i omställningen. Investeringsplanerna och digitalt stöd behöver då stå i fokus. Den pågående processen med governance innovation innebär inte bara förändringsarbete på den lokala nivån. Det innebär också en gemensam statlig-kommunal ambition och ett aktivt samägarskap för att etablera den strategiska dialog som det långsiktiga och offensiva omställningsarbetet kräver. Klimatkontraktet öppnar för ett viktigt institutionellt stöd, ett verktyg som kan skapa tydlighet och struktur i denna kontakt. Konkreta utvecklingsbehov på den lokala nivån kan mötas med konkreta insatser och samverkan från den statliga nivån. Detta gemensamma statligt-kommunala ansvarstagande och strategiska dialogutrymme behöver utvecklas som en central komponent i implementeringen av klimatkontrakt.

5.4 Hälsa och life science – precisionsmedicin och innovation i hälsosystemet

Life science, livsvetenskaper, är ett brett tvärvetenskapligt begrepp som omfattar företag, forskning och innovation vars mål är att förbättra hälsa.⁸⁷ Det är en av Sveriges viktigaste näringsgrenar och svarar för en betydande del av Sveriges export, anställer många högt utbildade och har högt förädlingsvärde. Det är även en av de största sektorerna inom deeptech. Denna näringsgren är därför av stor betydelse för svensk tillväxt samt för

⁸⁷ [Statistik över svenska life science-företag \(vinnova.se\)](https://www.vinnova.se/statistik/over-svenska-life-science-foretag).

Sveriges roll som ett ledande forsknings- och innovationsland. Läkemedel av olika slag är den huvudsakliga marknaden för företag inom life science. År 2021 var den globala läkemedelsmarknaden värd drygt 1 400 miljarder dollar med förväntad stark tillväxt kommande år.⁸⁸

År 2020 omfattade den svenska life science-sektorn drygt 3300 företag, med sammanlagt knappt 52 000 anställda. Sektorn omsatte 365 miljarder kronor och hade en varuexport på knappt 150 miljarder, vilket motsvarade omkring 10 procent av Sveriges export av varor. Tillväxten i såväl antal företag som anställda har varit stark det senaste decenniet. Life science präglas också av relativt många startups. Det senaste decenniet har i genomsnitt fler än 150 nya företag startats varje år,⁸⁹ varav många är forskningsintensiva företag, så kallade deeptech-företag. Life science svarar också för flest deeptech-företag i Sverige.⁹⁰ De små life scienceföretagens omsättning har också växt kraftigt under senare år.⁹¹

5.4.1 Stora globala hälsoutmaningar – stora innovationsmöjligheter

Samhället står inför en rad hälsoutmaningar. Bland annat breder livsstilssjukdomar ut sig i flera samhällsgrupper, såsom cancer, hjärt-kärlsjukdom, diabetes och en ökande psykisk ohälsa. Vi ser även en utveckling mot mer frekventa pandemiutbrott.

Antibiotikaresistensen blir mer omfattande. Tillsammans ökar de hälsoutmaningarna och sätter press på hälso- och sjukvårds- och omsorgssystemen. Ytterligare en utmaning är att hälsa är ojämnt fördelad i samhället, där individer med lägre utbildning och boende i socialt utsatta områden löper större risk att drabbas av ohälsa och kortare livslängd.

På samma gång sker banbrytande tekniska framsteg inom hälsa och life science. Utveckling av nya metoder för exempelvis genetisk diagnostik och bildiagnostik gör att vi tidigare och med större träffsäkerhet kan identifiera sjukdomar hos individer. Det innebär att rätt interventioner kan sättas in tidigare. Medicintekniska framsteg underlättar monitorering, det vill säga mätning och övervakning av patienter på distans, sjukdomsupptäckt, behandling och rehabilitering. Utvecklingen av nästa generations avancerade läkemedel, exempelvis cell- och genterapier, ger patienter med tidigare obotliga sjukdomar hopp om att kunna bli friska. Framväxande tekniklösningar såsom AI och kvantteknik har mycket stor potential inom både industri och offentlig sektor. Lösningarna kan effektivisera utveckling och produktion av nya diagnostikverktyg, behandlingsmetoder och beslutsstöd.

Precisionshälsa avser möjligheterna att förstå och agera på förutsättningarna för att bibehålla hälsa eller behandla ohälsa på det mest effektiva sättet för individen. För detta krävs data som beskriver individuella skillnader och villkor. Svenska hälsodata är lagrade

⁸⁸ [Läkemedelsindustrin-2.0.pdf \(blueinstitute.se\)](#), s.12.

⁸⁹ [Statistik över svenska life science-företag \(vinnova.se\)](#), kap. 3.

⁹⁰ [Förutsättningarna för deeptech i Sverige \(vinnova.se\)](#), s.16.

⁹¹ [Statistik över svenska life science-företag \(vinnova.se\)](#), s.25.

hos olika huvudmän i en heterogen flora av informationssystem, vilket gör det utmanande att bygga den kunskap som krävs för att prioritera rätt insatser för varje individ. Genom att på ett säkert och mer effektivt sätt tillgängliggöra data om enskilda personers hälsa och individuella förutsättningar att kunna tillgodogöra sig olika behandlingsalternativ, kan vården få bättre underlag för att fatta rätt beslut. Forskare kan också få bättre möjligheter att studera samband mellan sjukdomar och individuella risk- och skyddsfaktorer. Hälsodata har också stort värde för näringslivet. Exempelvis används data för att kunna identifiera patienter som är lämpliga att ingå i läkemedelsprövningar. Data används också som underlag för att förstå effektiviteten i de terapier som industrin tillhandahåller och hur dessa kan anpassas eller vidareutvecklas. Här finns stora utmaningar i förmågan hos olika informationssystem att kommunicera med varandra. Det finns också regulatoriska hinder. Sådana kan ge inlåsnings effekter och hindra flödet av data till de platser där mesta möjliga individuella och samhällsliga värden skulle kunna skapas om informationen vore tillgänglig.

Industrin inom life science är nära kopplad till och starkt beroende av hälso- och sjukvårdssystemens utveckling, såväl inom enskilda länder som globalt, eftersom deras produkter och tjänster används i hälso- och sjukvård. Kraven på effekter och tillförlitlighet i dessa produkter och tjänster är rigorösa och baserade på internationella institutioner och standarder. Kliniska prövningar är en central del i utvecklingen av nya läkemedel och terapier. Ett gott samspel mellan privata life scienceföretag, offentliga institutioner och hälso- och sjukvård är av avgörande betydelse för innovationskraften i life scienceindustrin. I detta samspel är forskning- och forskningsmiljöer vid lärosäten och i hälso- och sjukvårdssystemet central.

5.4.2 Precisionsmedicin och biologiska läkemedel

Biologiska läkemedel har utvecklats snabbt. Från att för 20 år sedan ha varit ett nischat område, svarar dessa nu för huvuddelen av de snabbast växande läkemedlen i världen.⁹² Den globala marknaden för biologiska läkemedel beräknas år 2025 uppgå till över 400 miljarder dollar. Enligt SwedenBIO:s pipelinerapport från 2020 utgör idag biologiska och avancerade terapier nästan hälften av alla program i pågående klinisk utvecklingsfas i Sverige.⁹³

De senaste 10 årens framsteg inom digitalisering, medicin och molekylärbiologi ger helt nya förutsättningar att angripa och behandla sjukdomar genom nya selektiva och effektiva läkemedel. Det ger möjligheter för nya metoder att tidigt upptäcka och förebygga ohälsa, effektivisera vård och omsorg samt utveckla ny banbrytande medicinteknik och innovativa behandlingsmetoder. Konkurrenskraft inom life-science förutsätter att Sverige är bland de ledande länderna inom ATMP, vilket är ett samlingsnamn för cell-, gen- och

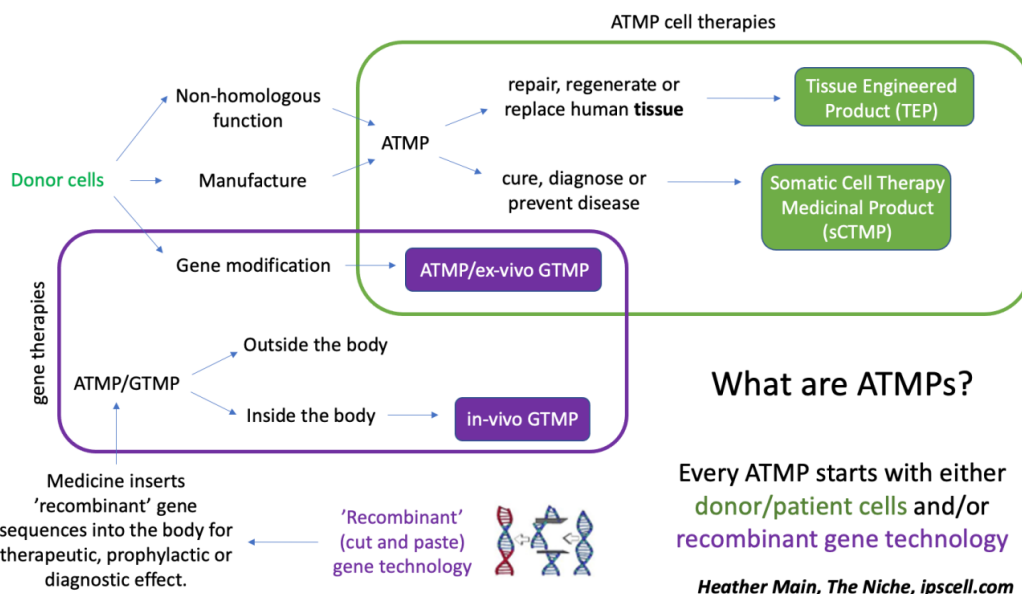
⁹² [Sveriges innovations- och produktionskapacitet för vaccin och andra biologiska läkemedel – Blomquist Communication \(vinnova.se\)](#), s.35.

⁹³ [The-Swedish-Drug-Discovery-and-Development-Pipeline-2020-SwedenBIO.pdf](#).

vävnadsterapier. Det pågår en intensiv utveckling inom ATMP, både globalt och i Sverige, figur 26.

Precisionsmedicin och i synnerhet utvecklingen av avancerade terapiläkemedel (ATMP) håller på att fundamentalt förändra förutsättningarna för prevention, sjukvård och läkemedelsutveckling. Precisionsmedicin är ett gemensamt begrepp för effektivare terapier genom diagnostik som tar hänsyn till individuella variationer hos individer. Det innebär att AI får stor betydelse, eftersom precisionsmedicin förutsätter effektiva metoder att finna mönster i stora datamängder. Det kommer att ställa stora krav på regulatorisk utveckling och av nya arbetssätt.⁹⁴ År 2021 fanns tre godkända ATMP-behandlingar i Sverige.⁹⁵ Sannolikt kommer ökningstakten att vara hög.

Figur 26. ATMP – en översikt.



Källa: [Cell and gene therapy products: what is an ATMP? - The Niche \(ipscell.com\)](https://www.ipscell.com/en-nationell-strategi-for-life-science.pdf).

Nära samverkan mellan olika företag och forskningsaktörer samt med vårdgivare är kritiskt för svensk konkurrenskraft inom life scienceområdet. Samverkan är på samma gång viktig för att ATMP ska kunna implementeras i svensk hälso- och sjukvård på ett effektivt sätt. Men ATMP-utvecklingen utmanar befintliga regelverk, organisationsstrukturer och finansieringsmodeller. ATMP-behandlingar ställer nämligen stora krav på sjukvården i fråga om kompetens, etik och ansvar, eftersom läkemedelsbranschens och hälso- och sjukvårdens ansvarsområden överlappar varandra.

⁹⁴ [en-nationell-strategi-for-life-science.pdf \(regeringen.se\)](https://www.regeringen.se/491319/publications/491319), s.18.

⁹⁵ [Sveriges innovations- och produktionskapacitet för vaccin och andra biologiska läkemedel – Blomquist Communication \(vinnova.se\)](https://www.vinnova.se/491319/publications/491319), s.87.

Det finns flera initiativ och satsningar som syftar till att utveckla ekosystemet för ATMP, till exempel Swelife ATMP, CAMP, ATMP Sweden och ATMP2030.⁹⁶ Sverige har stor potential att utvecklas till en global testbädd inom ATMP. Kommersialisering av forskning drivs i hög grad av startup-företag eller små och medelstora forsknings- och utvecklingsbolag. Men för att Sverige ska kunna vara ledande inom området krävs systemövergripande kraftsamlingar. Det förutsätter att nuvarande satsningar skalas upp väsentligt. Samtidigt måste de breddas för att inkludera fler aktörer från olika delar inom life science och hälsosystemet.

5.4.3 Data, datatillgång och datadelning avgörande för ATMP

I ATMP-utveckling spelar tillgång till och användning av data en central roll. Konkurrenskraft och stora hälsoeffekter av ATMP förutsätter nya arbetssätt, infrastrukturer och processer för effektivare utnyttjande av data. En grundläggande roll i det sammanhanget spelar utvecklingen av digital hälsa, det vill säga hur digitala verktyg och utbyte av digital information används för att främja hälsa. I det decentraliserade hälso- och sjukvårdssystemet i Sverige har tre generationer av strategier för digital hälsa tagits fram – en första IT-strategi 2006, en strategi för e-hälsa 2010 och Vision e-hälsa år 2016. Jämfört med motsvarande strategier i Finland och Danmark förefaller effekterna av dessa strategier ha varit begränsade. Finland och Danmark har i stor utsträckning samma förutsättningar som Sverige i form av en offentligt finansierad sjukvård, men har en i grunden mycket god tillgång på högkvalitativa hälsodata.

Systemlösningar för nyttiggörande av hälso- och vårddata är en förutsättning för att Sverige ska kunna leda utvecklingen inom life science. Då är det viktigt att parallellt ta sig an utmaningar inom teknik, infrastruktur, policy och regelverk, affärsmodeller samt kultur och beteenden. Detta för att visa på de enorma möjligheter som ett ökat användande av hälso- och vårddata kan bidra till. På EU-nivå pågår för närvarande en rad initiativ för att skapa en inre marknad för hälsodata bland annat genom DIGITAL-programmet. Programmet kommer att fortsätta utvecklas, och nya internationella samarbetsprojekt kommer att tillkomma.

Forsknings- och teknikinfrastrukturer inom hälsa och life science är väsentligt i denna utveckling. Forskningsinfrastrukturerna SciLifeLab och Max IV respektive ESS ligger i internationell framkant. Dessutom är sjukhusnära infrastrukturer som Genomic Medicine Sweden (GMS) och Biobank Sverige av stort värde för både forskning och implementering av precisionsmedicin i svensk hälso- och sjukvård. GMS utvecklar sedan 2018 metoder för genetisk diagnostik som implementerats vid de svenska universitetssjukhusen. Metoderna har hjälpt tusentals patienter att få korrekt diagnos. Biobank Sverige tar fram nationell

⁹⁶ [Swelife ATMP slutrapport \(atmpsweden.se\)](#) och [ATMP - ATMP2030 satsar på ATMP-centra vid universitetssjukhusen \(atmpsweden.se\)](#).

sjukvårdsintegrerad biobankning för att kunna säkerställa tillgång till högkvalitativt biomaterial som används i bland annat kliniska studier.

5.4.4 Internationell samverkan avgörande för Sveriges Fol

Svensk internationell attraktivitet inom hälsa och life science bygger på en miljö som tillhandahåller ledande forskning, en innovativ hälso- och sjukvård samt en tät samverkan mellan näringsliv och offentlig sektor. De europeiska partnerskapsprogrammen som nu håller på att ta form inom Horisont Europa erbjuder stora möjligheter till finansiering av internationella samarbetsprojekt. Dessa kan bidra till att stärka den svenska globala konkurrenskraften.

Partnerskapsprogram av särskilt intresse är individanpassad medicin – *European Partnership for Personalised Medicine* (EP PerMed), sällsynta sjukdomar – *European Partnership on Rare Diseases*, framtidens vårdssystem – *European Partnership on Transforming Health and Care Systems*, antibiotikaresistens – *European Partnership for OneHealth / Antimicrobial Resistance* samt det innovativa hälsoinitiativet – *Innovative Health Initiative* (IHI). Sverige har en uttalad ambition att öka framgången hos svenska aktörer som söker finansiering genom dessa och andra partnerskap. Samtliga partnerskap ställer krav på nationell medfinansiering.

Den nationella life sciencestrategin pekar särskilt ut Storbritannien och våra nordiska grannländer som viktiga samarbetsländer för Sverige. I det memorandum of understanding inom life science som Sverige tecknat med Storbritannien har en rad samarbetsytorskapats mellan nationella aktörer inom olika tematiker med tydlig koppling till båda ländernas styrkeområden. Där har stora synergier för samarbete identifierats. Men även innovationspartnerskap med andra länder innebär möjligheter till framgångsrika samarbeten och utbyten. De kan också utgöra en viktig grogrund för långsiktig samverkan, exempelvis med stöd från EU:s partnerskapsprogram.

5.5 Nationell säkerhet – innovation för dual-use och konkurrenskraft

Det senaste decenniet har auktoritära och autokratiska krafter vuxit sig allt mäktigare och utmanar nu den öppna, demokratiska världsordning som vuxit fram sedan kalla krigets slut i början av 1990-talet. Kinas framväxt som en ekonomisk, politisk och vetenskaplig stormakt är det tydligaste exemplet på denna förändring i de globala maktrelationerna. Men de säkerhetspolitiska relationer som utvecklas mellan Kina, Ryssland och andra länder inom Shanghai Cooperation Organisation (SCO) vittnar om en ytterligare försämrad global spelplan för den öppna demokratin.

Medan innovation de gångna decennierna främst handlat om konkurrenskraft på öppna globala marknader, karaktäriseras den framväxande globala maktkampen av teknikkapplöpning. Samtidigt har innovationskraften de senaste trettio åren förflyttats från

försvarssektorn till civila miljöer, där militära applikationer i allt större utsträckning baseras på civilt utvecklade tekniker och tillämpningar. Gränsen mellan civil och militär teknik blir alltmer otydlig. Applikationer som på detta sätt kan ha både civil och militär användning benämns produkter för dubbel användning (PDA) och refereras ofta till som "dual use". Innovationsförmåga, framför allt inom banbrytande tekniker, har i ökande grad kommit att bli en fråga om nationell strategi och säkerhet. Initiativ inom och kontroll över utvecklingen inom samhällskritiska teknikområden spelar samtidigt en alltmer avgörande roll för att värna en öppen, demokratisk samhällsordning. En översikt över banbrytande och kritiska tekniker som faller inom ramen för dual use innefattar följande förmågor:

Geopolitik

- **Underrättelseöverlägsenhet:** Avancerade cyberspaningskapaciteter kan ge länder betydande underrättelsefördelar, vilket påverkar internationell diplomati, förhandlingar och strategiska beslut.
- **Rymdledarskap:** Dominans inom rymdteknik och framdrivning kan positionera länder som ledare inom rymdforskning och satellitutplacering, vilket påverkar internationella rymdpolicys, fördrag och samarbeten.
- **Ekonomisk påverkan:** Flyg- och rymdindustrin, med sina komplexa leveranskedjor och högteknologiska jobb, är en viktig drivkraft för ekonomisk tillväxt. Ledande länder inom rymdteknik kan påverka globala handelsdynamiker och främja teknologisk innovation.
- **Strategiska allianser:** Avancerade rymdkapaciteter kan leda till internationella samarbeten i rymduppdrag, gemensamma rymdprojekt och delade teknologiska framsteg.

Försvar

- **Kärnvapenavskräckning:** Innehav av kärnvapen fungerar som en kraftfull avskräckning mot potentiella motståndare. Principen om ömsesidigt garanterad förstörelse säkerställer att kärnvapennationer utövar försiktighet, med tanke på de katastrofala konsekvenserna av en kärnvapenkonflikt.
- **Missiler och raketforskning:** Avancerade framdrivningssystem möjliggör utveckling av långdistansmissiler och rymduppskjutningsfordon, vilket förstärker ett lands strategiska avskräckning.
- **Satellitutplacering:** Satelliter spelar en avgörande roll inom spaning, kommunikation och navigation. Överlägsna framdrivningsteknologier säkerställer effektiva satellituppskjutningar och positioneringar.

- Snabb prototypframställning: Militära styrkor kan använda additiv tillverkning för snabb prototypframställning av utrustning, vilket ökar anpassningsförmågan och snabbheten i dynamiska konfliktzoner.

Samhälle

- Brottsbekämpning: Övervakningsverktyg som ansiktsgenkänning kan hjälpa polisen i brottsförebyggande åtgärder, upptäckt och utredning, vilket leder till säkrare samhällen.
- Satellitkommunikation: Satelliter underlättar global kommunikation, sändning och internetåtkomst, vilket säkerställer sammankopplade och informerade samhällen.
- Övervakning av katastrofer: Satelliter utrustade med avancerade sensorer kan övervaka naturkatastrofer, ge tidiga varningar och hjälpa till med katastrofutvärderingar.
- Rymdforskning: Utöver försvar och kommunikation möjliggör rymdteknologier vetenskapliga rymduppdrag, som ger djupare förståelse för vårt universum och öppnar möjligheter för framtida rymdkolonisering.

I grunden handlar innovationsförmågan inom banbrytande teknik om ekonomisk makt. Kinas ekonomi räknat i köpkraftsbaserade internationella dollar omfattar omkring 30 biljoner följt av USA och EU på drygt respektive knappt 25 biljoner var.

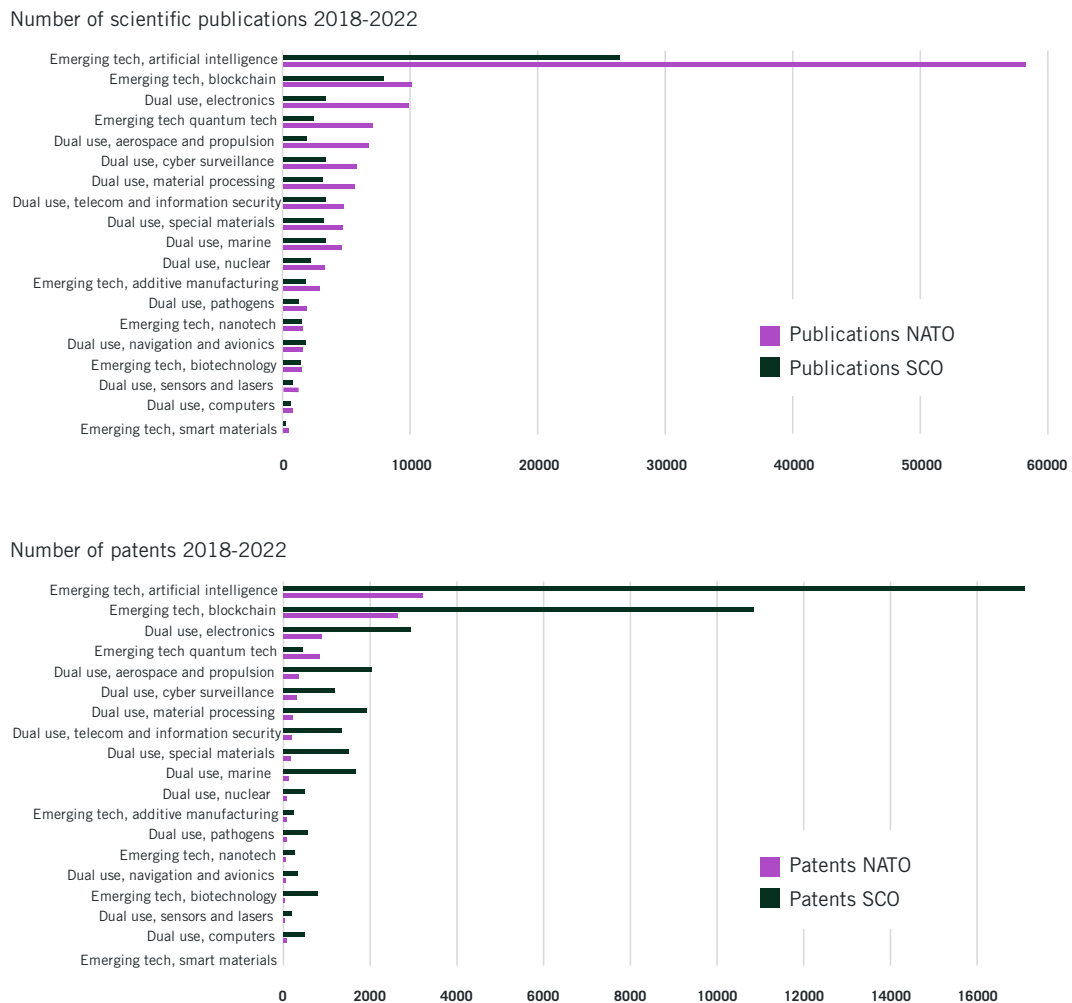
Teknikutvecklingen beskrivs ofta som en kapplöpning mellan USA och Kina. Data över vetenskapliga publikationer och patent inom teknikområden med dubbel användning och banbrytande tekniker med strategisk potential visar dock att EU spelar en mycket viktig roll. De senaste årens utveckling har varit snabb inom kritiska teknikområden för geopolitik, försvarsförmåga, samhällelig resiliens och ekonomisk säkerhet. Den stora mängd data som finns tillgänglig av relevans för analys av vetenskaplig och teknologisk konkurrenskraft kräver emellertid djupgående analys för att kunna värderas rättvist.

Preliminära data som jämför NATO med SCO med avseende på vetenskapliga publiceringar respektive patent ger en översiktlig indikation på styrkeförhållanden mellan dessa säkerhetspolitiskt relevanta block, figur 27. Noteras bör att Kinas relativa styrka i dessa sammanhang döljs av att USA och stora delar av Europa summeras. Dessutom omfattar dessa data inte några kvalitetsvärderingar i fråga om olika vetenskapliga publikationer respektive av patent. Det är för tidigt att dra långtgående slutsatser baserade på dessa data, bland annat av ovanstående skäl.

Innovationsförmåga, framför allt inom dual use och banbrytande teknik, har i ökande grad kommit att bli en fråga om nationell strategi för säkerhet och konkurrenskraft. Sverige har, som konstaterats, ett FoU-intensivt näringsliv och en stark teknologisk position som ger Sverige stor potential i den globala tekniska utvecklingen för dual-use. Det kommer emellertid att krävas målmedvetna nationella strategier som kan stärka synergier och

samtidigt hantera balansgången som denna utveckling kommer att innebära. Fördjupade analyser av Sveriges position och potential inom kritiska teknikområden för nationell säkerhet behöver ske inom ramen för nationella strategier. I nästa kapitel redovisas preliminära data som jämför Sverige med andra mindre länder inom några teknikområden som är kritiska både ur säkerhetsperspektiv och ur konkurrenskraftsperspektiv.

Figur 27. Antal vetenskapliga publiceringar respektive antal patent från NATO-länder respektive SCO-länder inom kritiska teknikområden för nationell säkerhet.



Källa: Data avseende vetenskapliga artiklar baseras på SCOPUS och patentdata baseras på EU PATSTAT. Data har hämtats i femårsintervall från [Global Dual-Use Queries](#) i [TIM Dual-Use](#) webinterface.

6 Banbrytande teknik och deeptech-företagande

Banbrytande forskning och teknikutveckling är avgörande för att klara de snabba och genomgripande omställningar som pågår. Därför satsar världens ledande forsknings- och innovationsländer massivt på forsknings- och teknikområden som utvecklas snabbt och som anses speciellt betydelsefulla för utvecklingen. Motiven är teknologiskt ledarskap och självständighet, konkurrenskraft och kompetensförsörjning samt attraktionskraft för investeringar i forskning, innovation och avancerad produktion.

Många länder har teknik- och innovationsstrategier som är mycket ambitiösa och starkt prioriterade. Även EU har de senaste åren utvecklat strategier för omfattande satsningar. Sverige har potential inom många av de forskningsfält som ryms i de snabbt framväxande forsknings- och teknikområdena. Men det kommer att krävas målmedvetna satsningar för att accelerera forskning och innovation, om Sverige ska vara ett ledande forsknings- och innovationsland inom banbrytande teknikområden.

En fundamental del av konkurrenskraftiga innovationssystem är kommersialisering av banbrytande teknik som utvecklas i nya och växande företag, så kallade deeptech-företag. Dessa är forskningsintensiva företag vars verksamhet bygger på vetenskapliga upptäckter eller avancerad teknologi. Utveckling och att kommersialisera revolutionerande teknik karakteriseras av tekniska och marknadsmässiga osäkerheter, med långa tidshorisonter, som ställer krav på riskvillig finansiering under lång tid. Sådan innovation och uppskalning är dessutom beroende av välutvecklade och sammanlänkade ekosystem av aktörer. Dessa behöver ha drivkrafter och resurser att stödja innovationsresor hela vägen från forskning till kommersialisering och uppskalning.

Ledande forsknings- och innovationsländer utvecklar sammanhängande privat-offentliga system för finansiering och stöd till deeptech. EU:s stöd för innovation och tillväxt inom deeptech präglas emellertid av fragmenterade aktörsstrukturer och resurser.⁹⁷ För Sveriges del är det samlade systemet för finansiering och stöttning av deeptech svåröverskådligt och karakteriseras av svaga synergier. När många andra länder nu ökar utvecklingstakten inom deeptech riskerar Sveriges innovationsförmåga att hamna på efterkälken och konkurrenskraften att påtagligt hämmas.

⁹⁷ [Accelerating European deep tech \(vinnova.se\)](https://www.vinnova.se/accelerating-european-deep-tech).

6.1 Banbrytande forskning, teknik och innovation

Att följa i gamla kända spår, eller spårbundenhet, dominerar i alla strukturer - i forskning, innovation och i samhället i övrigt. Det är naturligt eftersom förmågan att lösa närliggande problemställningar är basen för utveckling och värdeskapande på kort- och medellång sikt. Sådan problemlösning bygger i grunden på etablerade strukturer, på befintliga kunskapslägen och på rådande värderingssystem. Det är i sådana strukturer som inte bara behov av lösningar, utan också möjliga lösningar blir tydliga. Detta tenderar att styra hur resurser och kompetenser allokeras.

Vetenskapen expanderar genom att forskare studerar och löser kunskapsutmaningar vid forskningsfronten.⁹⁸ Grundprincipen i de vetenskapliga värderingsinstitutionerna är att dessa svarar mot utvecklingen inom olika vetenskapsområden. Vetenskapsområden är organiserade i olika strukturer och kodifierade i olika vetenskapliga fora och vetenskapliga tidskrifter. Publiceringar av forskningsresultat i sådana skrifter är både den huvudsakliga arenan för vetenskapliga framsteg och en central incitamentsstruktur för forskare och forskningsprocesser.

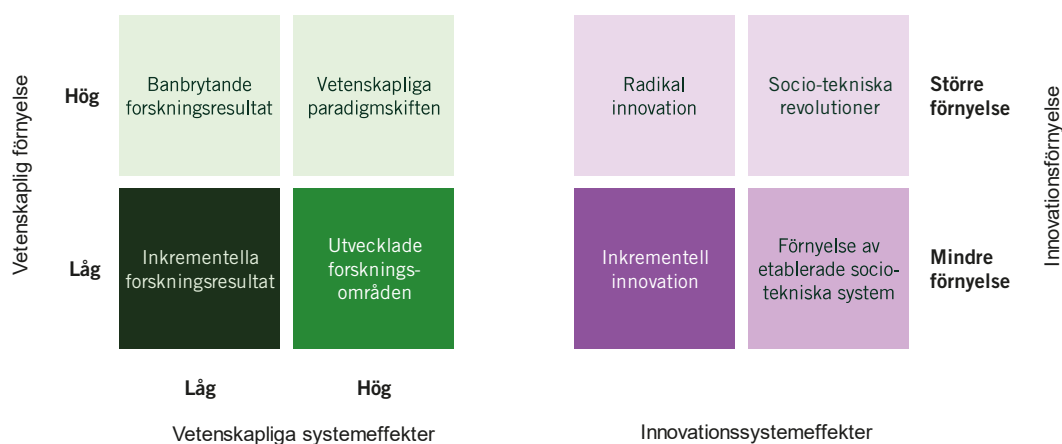
Innovation som sker gradvis, eller inkrementellt, präglas av relativt begränsade osäkerheter kring möjligheterna att lyckas. Innovationer med stor innovationshöjd, det vill säga radikala eller starkt förnyelsegenererande innovationsprocesser, karakteriseras istället av mycket stor osäkerhet. Det innebär att det är omöjligt att kalkylera riskerna med att investera i radikala innovationsprocesser. Som en konsekvens av detta är innovationsmöjligheter ofta förknippade med negativa finansiella incitament för investeringar i tidiga skeden. Det gäller särskilt innovationsidéer som syftar till banbrytande innovation. Dessa kräver mycket stora och långsiktiga investeringar, i kombination med stor och ofta extrem osäkerhet om framtida resultat och avkastning på gjorda investeringar.

6.1.1 Radikal förnyelse av värdekedjor – från vetenskap till innovation

Acceleration av banbrytande forskning, teknik och innovation kommer att vara avgörande för näringslivets konkurrenskraft. Privata och offentliga satsningar för att åstadkomma detta är stora och ökar kraftigt internationellt. Banbrytande teknik ställer helt nya krav på revolutionerande vetenskap och innovation i hela värdekedjor, samtidigt som arkitekturen i etablerade värdekedjor ritas om. Figur 28 illustrerar olika sammanlänkade förnyelsedimensioner i forskning, teknik och innovation.

⁹⁸ Ziman, J., *Real Science – What it is, and what it means*, Cambridge University Press, UK, 2000, s.42-43, s.183 and s.284.

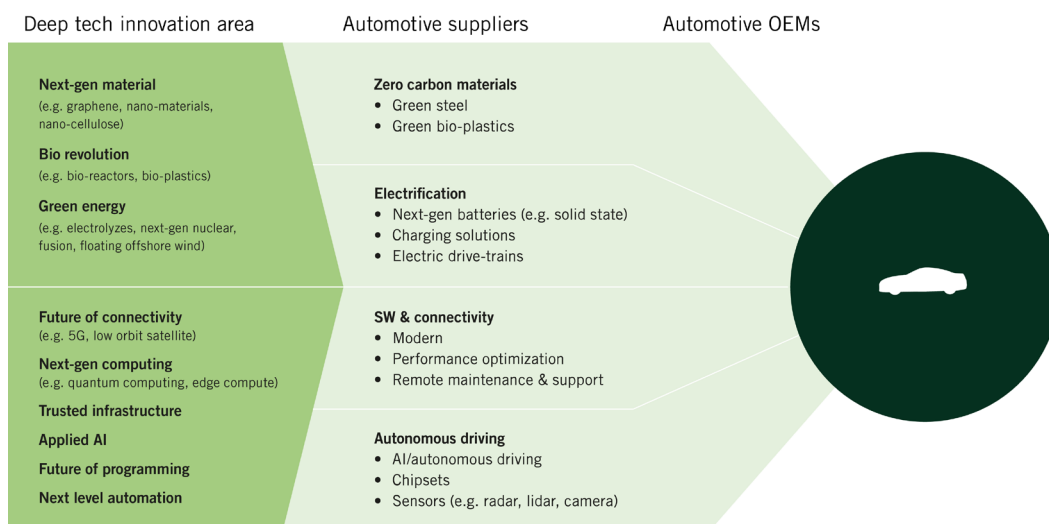
Figur 28. Förnyelsedimensioner i forskning och innovation.



Källa: Vinnova.

Acceleration av utveckling av banbrytande teknik ställer nya och stora krav på att utveckling och investeringar kopplas samman systematiskt i olika led i de förnyade värdekedjor som växer fram. Det kräver målmedvetna och starka synergier tvärs över alla TRL-skalar, (Technology Readiness Level illustrerar en teknologis mognadsgrad och tillhörande teknologiska risk). Elektrifieringen av fordon är exempel på betydelsen och det ömsesidiga beroendet av acceleration av banbrytande forskning, teknik och innovation, figur 29.

Figur 29. Banbrytande forskning, teknik och innovation i värdekedjor för elektrifiering av fordon.



Källa: Thomas Naucler, McKinsey, Accelerating European deep tech (vinnova.se), s.21.

Utvecklingen drivs här ytterst av den globala efterfrågan på klimatomställning. Denna har i sin tur utvecklats till en stark efterfrågan på hastighetsökning i alla led från grundläggande vetenskap till banbrytande teknik till systeminnovation och kopplingar dem emellan. Dessutom driver denna utveckling efterfrågan på fossilfri el, vilken i sig driver en liknande efterfrågan på acceleration av banbrytande forskning, teknik och innovation.

Den snabba tekniska utvecklingen är i sig en avgörande faktor för att möjliggöra sådan acceleration. Framför allt har den digitala tekniska utvecklingen snabbt ökat möjligheterna att skynda på utvecklingen mellan olika faser, från banbrytande grundläggande forskning till industriellt tillämpbar teknik, och vidare över till banbrytande innovation. I synnerhet har de senaste årens tillväxt inom AI öppnat nya och stora möjligheter för acceleration inom alla forsknings- och teknikområden.

6.1.2 Stora satsningar på banbrytande forskning och teknik

Stora satsningar görs nu på banbrytande forskning och teknik i många länder. De baseras på nationella strategier. Definitionen av kritiska teknologier skiljer sig mellan länderna, och kriterierna för vad som ska räknas in varierar beroende på vilken relativ tonvikt som läggs på säkerhetspolitik, samhällsberedskap och industrins konkurrenskraft.

Digitala teknologier har betydelse för alla tre perspektiven och återfinns överallt med särskilt fokus på AI, halvledare och kvantteknologi, men inkluderar oftast även avancerad kommunikationsteknologi, högpresterande datorer och cybersäkerhet. Sensorer och nätverk av sensorer behövs för att koppla samman den fysiska världen och cybervärlden och är därmed av avgörande betydelse för digitalisering inom en mängd områden. Bioteknik har också potentiellt bred betydelse och inkluderar ett brett spektrum av teknologier, men fokus varierar beroende på land och är ibland ospecificerat. Genmodifiering i olika former, syntetisk biologi och "bioproduktion" är överlappande och centrala teman.

Material- och produktionsteknik kan ses som grundläggande för industrins konkurrenskraft. Här ingår även områden med stark koppling till digitalisering som robotik, automation och additiv tillverkning. Energiteknologier bedöms ha stor betydelse för både industrins tillväxt och för samhällsberedskap, exempelvis energilagring, förnybar energi, vätgas och nya typer av kärnkraftsteknologi. Rymd- och flygteknik har stor säkerhetspolitisk betydelse, liksom en rad teknologier med primärt militär användning såsom hypersonikteknologi och "riktad energi".

Som diskuterats ovan görs för närvarande stora ansträngningar i flera länder och inom EU för att bättre förstå den egna positionen inom forskning, teknikutveckling, industriell tillverkning och tjänsteproduktion för olika kritiska och framväxande teknologier. Med detta som bas tar man fram strategier och åtgärder för att stärka den egna förmågan och minska sårbarheten för störningar i tillgången till dessa teknologier. En mycket stor del av den information som behövs finns i enskilda företag och en del av denna är affärskänslig. Det är därför inte förvånande att det i länder som påbörjat ingående analysarbete genomgående konstateras att nära och nya former för samverkan mellan stat, näringsliv

och forskarsamhälle är helt nödvändiga för att rättvisande kunna fånga och förstå de relativa styrke- och beroenderelationerna mellan länder och mellan geopolitiska ländergrupper.

För svensk del är det i första hand som del av EU som Sverige kan minska sin sårbarhet. Det är därför av stor vikt att Sverige aktivt deltar i det EU-gemensamma arbetet med riskanalys av kritiska teknologier som nyligen annonserats. Som grund för detta behöver aktörer i Sverige skaffa sig en bild av Sveriges position vetenskapligt, tekniskt och industriellt inom EU och globalt, inom för landet särskilt viktiga områden. Sådan kunskap finns idag endast styckevis och är endast i undantagsfall tillräckligt validerad och brett omfattad av relevanta aktörer.

USA:s starka satsningar

USA är ledande i detta avseende och har sedan länge institutionaliserade processer för strategisk omvärldsanalys och framsyn för identifiering och värdering av framväxande forsknings- och teknikområden. I USA identifieras och analyseras så kallade kritiska och framväxande teknologier. Den senast uppdaterade listan av sådana teknologier publicerades i februari 2022.⁹⁹

En intensiv debatt har förts i USA under senare år om hur landet ska möta den växande teknologiska och industriella konkurrensen från Kina. Den har i förlängningen även säkerhetspolitisk betydelse. Både administrationerna under Trump och Biden har vidtagit åtgärder för att begränsa kinesiska företags tillgång till kritiska teknologier som utvecklas i USA. President Biden fokuserar ytterligare på att stärka USA:s egen förmåga inom forskning, innovation och industriell tillverkning. Senaten och representanthuset enades under sommaren 2022 om ett historiskt initiativ för forskning och innovation och industripolitik som resulterade i en ny lag, *Chips and Science Act*.¹⁰⁰

Den nya lagen består av två separata delar: en (chips) om bidrag till investeringar inom halvledarområdet, och en (science) om kraftig utbyggnad av federal finansiering av forskning som går via National Science Foundation (NSF), Department of Energy (DoE) och Department of Commerce (DoC). Science-delen ger också en vidgad roll, i synnerhet för NSF.¹⁰¹

Trots att amerikanska företag är ledande i utvecklingen och konstruktionen av mikroelektronik och svarade för nära 50 procent av försäljningen av halvledarkomponenter år 2019, tillverkades endast cirka 12 procent av världens halvledare i USA. Mikroelektronik är en kritisk teknologi för en rad industrier och för prestanda i superdatorer, AI-applikationer och i många försvarssystem. Därför anser viktiga aktörer i

⁹⁹ [Critical and Emerging Technologies List Update \(whitehouse.gov\)](#) Februari 2022.

¹⁰⁰ USA:s utveckling i det följande har mer utförligt diskuterats i en tidigare rapport: [En ny industri- och innovationspolitik växer fram i USA | Vinnova](#).

¹⁰¹ [chips-and-science-act-of-2022-section-by-section.pdf \(senate.gov\)](#).

USA att försörjningsläget för de mest avancerade halvledarna är ohållbart. Inte minst gäller det beroendet av Taiwan. Samtidigt vill man bromsa utvecklingen av halvledarindustrin i Kina och möjligheterna för landets företag att importera avancerade halvledare. Chips and Science Act kräver att företag som vill komma i fråga för ekonomiskt stöd inte investerar i expansion eller modernisering av egna produktionsanläggningar i Kina. I oktober 2022 infördes dessutom nya restriktioner för export av teknologi och kompetens till Kina.

Chips-delen av den nya lagen innehåller stöd till återuppbyggnad av den inhemska tillverkningsindustrin av avancerade halvledare. Under fem år satsas 54 miljarder dollar på investeringsbidrag, forskning och utveckling och kompetensutveckling inom halvledarområdet. Ytterligare 24 miljarder dollar går till skatteavdrag för investeringar i tillverkning. Av bidragen är 39 miljarder dollar avsatta för investeringar i produktionsanläggningar, medan 11 miljarder dollar går till FoU. Medlen kanaliseras nästan helt via DoE.

Den största delen av lagtexten i Chips and Science Act ägnas science-delen. Denna ger nya uppdrag för NSF, DoE och DoC samt anger en önskvärd budgetutveckling 2023–2027 för att uppgifterna ska kunna genomföras. Medan budgeten för chips-initiativet avser beslutade anslag måste budgetsiffrorna i science-delen bekräftas i den årliga budgetprocessen.

En viktig institutionell förnyelse i lagens science-del är NSF:s nya direktorat Directorate for Technology, Innovation, and Partnerships (TIP). Direktoratet vidgar NSF:s traditionella roll från att finansiera forskning vid universitet till att även stödja verksamhet i gränsområdet mellan akademisk forskning och företags teknikutveckling och innovation. Lagen föreskriver att TIP-direktoratet för att styra sin verksamhet ska identifiera och årligen ompröva en lista på högst fem inhemska eller geostrategiska utmaningar för USA som kan åtgärdas med hjälp av teknologi. Det samma gäller för högst 10 fokusområden i termer av nyckelteknologier.

I lagen föreslås att det nya TIP-direktoratet redan 2024 får en budget på 3,35 miljarder dollar. Det motsvarar 28 procent av NSF:s totala budget för FoU-projekt, som i sin tur föreslås öka med 30 procent jämfört med 2021. Anslagen är väsentligt större och långsiktigare än de NSF hittills fördelat. Stöden är ett paradigmskifte för NSF i så måtto att samhällets behov ska utgöra en viktig utgångspunkt för den forsknings- och innovationsverksamhet som stöds. Viktigt är att partnerskap som söker medel ska ha en bred sammansättning av intressenter, inklusive sådana som normalt är underrepresenterade i forsknings- och innovationssammanhang. Detta är i linje med den grundton om betydelsen av inkludering som genomsyrar Chips and Science Act. NSF betonar också att man prioriterar ekosystem som ännu inte är väletablerade.

Chips and Science Act påverkar också inriktningen och omfattningen av den forskning och innovation som finansieras av DoE. Förändringarna syftar till att tydligare och med större

kraft involvera de stora nationella laboratorier som DoE finansierar, för att utveckla det amerikanska innovationssystemet inom nyckelteknologier. DoE:s Science Office föreslås få en utökad budget med 50 procent till år 2027 jämfört med 2021 till att då omfatta 10,8 miljarder dollar. Lagen föreslår att ytterligare 11,2 miljarder tillförs DoE fram till 2027 för att finansiera FoU- och demonstrationsprojekt med klimatfokus som utnyttjar de nyckelteknologier som är fokus för TIP-direktoratet under NSF.

Inom ramen för Chips and Science Act 2022 formulerade den amerikanska administrationen i augusti 2023 ett memorandum för budgetprioriteringar för FoU till federala myndigheter för budgetåret 2025. Dessa budgetprioriteringar baseras på de prioriteringar av tio områden för nyckelteknologier kopplade till fem prioriterade utmaningsområden som formulerades i lagen, figur 30.

Figur 30. Prioriterade nyckelteknologier och utmaningsområden i US Chips and science act.

Societal, national and geostrategic challenges

National security	Climate change and environmental sustainability	Inequitable access to education, opportunity and other services	Manufacturing and industrial productivity	Workforce development and skill gap
-------------------	---	---	---	-------------------------------------

Societal, national and geostrategic challenges

High performance computing, semiconductors	Artificial intelligence, autonomy, and related advances.	Advanced energy and industrial efficiency technologies	Data storage, distributed ledger technologies and cybersecurity	Biotechnology, medical technology, genomics and sythetic biology
Advanced communications technology and immersive technology	Quantum information science and technology.	Advanced materials, science, and related manufacturing technologies	Robotics, aviation, and advanced manufacturing	Natural and anthropogenic disaster prevention or mitigation

Källa: [FY2025-OMB-QSTP-RD-Budget-Priorities-Memo.pdf \(whitehouse.gov\)](#).

Även andra länder gör strategiska prioriteringar av framväxande forsknings- och teknikområden, däribland i Kina, Japan, Sydkorea, Taiwan samt i flera europeiska länder. Under senare år har också EU identifierat framväxande forsknings- och teknikområden med fokus på unionens teknologiska självständighet. Områdena ligger även till grund för prioriteringar inom EU:s ramprogram och inom de särskilda instrument som utvecklats. År 2021 identifierades sex områden för nyckelteknologier som kan stärka Europas teknologiska suveränitet, figur 31.

Figur 31. EU – Prioriterade nyckelteknologier för Europas teknologiska självständighet.

Societal, national and geostrategic challenges

Advanced manufacturing	Advanced (nano) materials	Life-science technologies	Micro/nano electronics and photonics	Artificial intelligence	Security & connectivity technologies
<ul style="list-style-type: none"> Additive manufacturing Anonymous systems Sensor technology Industry 4.0 robotics 	<ul style="list-style-type: none"> Biomaterials 3D printing and design Chemicals, polymers, metals, glass Rapid prototyping 	<ul style="list-style-type: none"> Neuro-technology Bioengineering AI in biology Bioelectronics Medical engineering 	<ul style="list-style-type: none"> Integrated circuit design Quantum computing IoT sensors and tokens High-performance computing 	<ul style="list-style-type: none"> Deep learning Quantum AI Robotics Autonomous systems AI-as-a-service 	<ul style="list-style-type: none"> STandards (5G, Sigfox...) Network architectures Cryptography IoT networks & protocols Distributed ledgers

Källa: EPRS | European Parliamentary Research Service, Panel for the Future of Science and Technology, December 2021.

I oktober 2023 kommunicerade EU-kommissionen också en lista över 10 områden för "kritiska teknologier för Europas ekonomiska säkerhet", figur 32. För dessa avser EU-kommissionen att göra riskvärderingar tillsammans med medlemsländerna. För fyra områden genomförs nu riskvärderingar i förhållande till Kina. Dessa är: avancerad halvledarteknologi, AI-teknologi, kvantteknologi och bioteknologi.¹⁰²

Figur 32. EU – Kritiska teknikområden (2023) för gemensam säkerhetsbedömning med EU:s medlemsländer.

Avancerade halvledare	Kvantteknologier	Avancerad sensorteknik	Rymd- & hypersonisk teknik	Robotik och autonoma system
Artificiell intelligens	Bioteknik	Avancerad konnektivitet, navigation & digitalisering	Energiteknik	Avancerade material, avancerad tillverkning & återvinningsteknik

Källa: European Commission, Commission Recommendation on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment, with Member States, 03/10/2023.

EU:s kommande riskvärderingsprocess kommer att påverka medlemsstaterna. Den förutsätter sannolikt att respektive EU-land har väl utvecklade analyser och prioriteringar för de områden som är i fokus.¹⁰³ Även om Sverige har ett antal olika strategier, saknas en

¹⁰² [Commission Recommendation of 03 October 2023 on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment with Member States \(europa.eu\)](#).

¹⁰³ European Commission, ANNEX to the Commission Recommendation on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment with Member States [C_2023_6689_1_EN_annexe_acte_autonome_part1_v9.pdf \(europa.eu\)](#)

samlad nationell forsknings- och teknikstrategi med prioriteringar av framväxande forsknings- och teknikområden. I den snabba och komplexa globala utvecklingen och de målmedvetna och kraftfulla strategiska prioriteringar som görs i andra ledande forsknings- och innovationsländer och inom EU, är avsaknaden av en samlad nationell strategi en allvarlig brist.

6.1.3 Sveriges styrkor och svagheter

Bilden av Sveriges möjligheter inom banbrytande teknik är fragmenterad och det saknas övergripande nationella strategier för kraftsamling, acceleration och synergier med tillhörande budgeterade medel. Dessutom är Sveriges strategier och resursmässiga förutsättningar svagt utvecklade när det gäller att på allvar delta i EU:s kraftsamlingar. Acceleration av banbrytande teknik kommer att vara en kritisk faktor för konkurrenskraft i de globala industriella och samhällsliga omställningarna. Därför är bristen på nationella teknikstrategier och resurser för implementering av dessa ett hot mot Sveriges konkurrenskraft och position som ledande forsknings- och innovationsland.

En jämförelse av Sveriges vetenskapliga publicering inom några kritiska teknikområden görs i figur 33. Sverige jämförs där med andra mindre länder vad gäller globalt högt citerade artiklar. Dessa fem breda forskningsområden svarar tillsammans för en stor del av den vetenskapliga basen för digitala teknologier. Länder med väl utvecklade forskningssystem och som befolkningsmässigt är av liknande storlek som Sverige har valts ut för jämförelsen. Som indikator används antalet artiklar bland de globalt 10 procent högst citerade inom respektive område. Data för de olika länderna har räknats om för att motsvara Sveriges befolkning.

Sveriges och flertalet andra länders position varierar starkt mellan olika områden. Singapore har genomgående en framskjuten plats. Även Schweiz är starkt inom de flesta områden med kommunikationsteknik som främsta undantag. Sverige framstår inte som påtagligt svagt inom något av dessa områden, men är heller inte ledande bland dessa länder inom något av områdena. Av de undersökta områdena är Sveriges position relativt sett svagast inom AI och datavetenskap. Särskilt starkt är Sverige inom kommunikationsteknologi respektive robotik och automation. Inom halvledar- och kvantteknologi intar Sverige en mellanposition. Det finns dock ett betydande överlapp och ingen skarp gräns mellan de tre nämnda områdena. Exempelvis utnyttjas AI i hög grad inom robotik, automation och kommunikationsteknik.

Figur 33. Sveriges vetenskapliga publicering jämfört med andra mindre länder inom fem kritiska teknikområden, mätt som 10 procent högst citerade artiklar.

10 procent högst citerade artiklar globalt. Antal omräknade till Sveriges befolkning.



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

Kommentar: Avgränsningen av forskningsområden är baserad på kluster av tidskriftsartiklar i Web of Science, där klustringen består av en artikelbaserad hierarkisk klustring som bygger på direkta citeringslänkar mellan artiklar (in- och utgående citeringar). Varje forskningsområde omfattar mellan två och åtta kluster på den näst högsta aggregationsnivån (totalt 686 kluster inom alla vetenskapsområden). Högt citerade artiklar har här definierats som de som inom sina respektive kluster på nivå 3 tillhör de 10 procent högst citerade där hänsyn tas till artikeltyp och publiceringsår. Antalet artiklar använder heltalsräkning och inte fraktionering. Uppdelningen av artiklar i forskningsområden är med nödvändighet ungefärlig, bland annat av det skäl att forskningsområden överlappar. Det bör också nämnas att särskilt inom AI och datavetenskap sker en stor del av den vetenskapliga kommunikationen genom presentationer vid konferenser snarare än i form av artiklar i vetenskapliga tidskrifter. Här redovisade data avser endast artiklar.

Generellt gäller att Sverige är mycket starkt beroende av import av elektronikprodukter såväl för slutlig användning som för insats i industriell tillverkning. Detta gäller inte minst

halvledarkomponenter som idag är högt prioriterade teknik- och industripolitiskt i många länder. Sverige har en stark tradition av utveckling av komplexa programvarusystem inom en rad områden med telekommunikation som spjutspets. Framgångsrikt nyföretagande i utveckling av internetbaserade tjänster och dataspelet har uppmärksammats internationellt. Liksom EU i stort är dock Sverige nästan helt beroende av amerikanska digitala plattformsföretag för generella molntjänster.

AI är på väg att bli en central del av allt som har med utveckling och användning av programvara att göra. När maskininlärning kring 2015 internationellt började slå igenom brett i näringslivet, var en del storföretag och unga Internet-baserade företag i Sverige redan i gång. Forskningen inom högskolesektorn, med robotik som främsta undantag, var däremot tämligen outvecklad. Genom Knut och Alice Wallenbergs Stiftelses (KAW) stora satsning på AI-forskning sedan 2015 har forskningsbasen i Sverige stärkts väsentligt bland annat genom omfattande internationella rekryteringar.

För att stimulera användningen av AI startades i februari 2019 initiativet AI Sweden. Det finns ett aktivt nyföretagande i Sverige inom AI-området vilket innebär att Sverige idag har en god balans mellan olika typer av aktörer i sitt ekosystem för innovation inom AI med god förmåga att följa, tolka och ta del av den utveckling som sker internationellt. Ännu är det dock svårt att peka på några unika bidrag av brett intresse från det svenska ekosystemet. Svenska aktörers förmåga inom så kallad Generativ AI, ett område som nyligen fått stort genomslag internationellt genom Chat-GPT, är fortfarande svår att värdera.

Kvantteknologi är ett område som teknikpolitiskt nyligen fått stor uppmärksamhet och är föremål för stora såväl privata som offentliga satsningar i många länder. EU:s tioåriga investering i så kallade flaggskepp inleddes i oktober 2018. Flera europeiska länder, däribland Tyskland, Frankrike, Nederländerna och Storbritannien har stora nationella satsningar. Betydande forskningsprogram inom kvantteknik finns även i Nordamerika, Asien och Australien. Dessutom gör stora It-företag som Google, IBM, Intel och Microsoft avsevärda investeringar i utveckling av kvantteknik.¹⁰⁴

Utsikterna att framtida kvantdatorer ska kunna överträffa dagens superdatorer i fråga om beräkningskapacitet och därmed bland annat kunna knäcka de krypteringskoder som idag används har starkt bidragit till att teknologin kommit att betraktas som mycket strategisk.

I Sverige har KAW gjort stora satsningar inom ramen för *Wallenberg Centre for Quantum Technology* (WACQT). WACQT är en tolvårig satsning som startade i januari 2018. Programmet koordineras av Chalmers och har särskilt fokus på utveckling av en svensk kvantdator men omfattar även andra områden och andra universitet i Sverige. Andra svenska initiativ är *Wallenberg Initiative on Networks and Quantum Information* (WINQ) vid Nordita, *Nordic Institute for Theoretical Physics*, och *Quantum Life Science Centre* vid

¹⁰⁴ [En svensk kvantagenda \(vinnova.se\)](https://www.vinnova.se/en/press/2023/04/en-svensk-kvantagenda).

Karolinska Institutet. Svensk forskning inom kvantområdet är internationellt stark inom delar av kvantområdet.¹⁰⁵

En genomgång av Sveriges förutsättningar inom kvantteknologi publicerades i mars 2023 gemensamt av RISE, Swelife, Vetenskapsrådet, Vinnova och WACQT.¹⁰⁶ En sammanfattande bedömning av forskningsläget säger att:

”Medan Sverige kan uppvisa starka forskare med stort vetenskapligt genomslag inom kvantteknologiområdet, är forskningsekosystemet koncentrerat kring ett fåtal forskargrupper med fokus på ett begränsat antal teknikplattformar. I utvecklingen av forskningsekosystemet bör Sverige sträva efter att bredda forskningsfältet genom att utöka antalet involverade forskare och bygga kompetens kring fler teknikplattformar.”

I en bilaga som diskuterar läget inom olika delområden lyfts kvantsimulering särskilt fram som ett område där forskningen i Sverige behöver stärkas.¹⁰⁷

WACQT har bidragit till att placera Sverige på den internationella kartan vilket illustreras av att Sverige är ett av elva länder (inklusive Danmark och Finland) som har ett bilateralt avtal med USA om att samarbeta kring kvantteknologi. Ett halvdussin större företag och ett par start-ups har engagerat sig i WACQT främst genom att anställa industridoktorander. Generellt är dock företagets verksamhet i det svenska ekosystemet för kvantteknologi relativt blygsamt jämfört med motsvarande ekosystem i exempelvis Finland, Danmark, Österrike, Nederländerna och Kanada för att inte tala om större länder. Kvantagendan menar att Sverige behöver identifiera applikationsområden för kvantteknologi där Sverige har särskilda behov och förutsättningar att ta fram innovativa lösningar.

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

Som konstaterats i kapitel fem, är det nödvändigt med en djupare värdering av Sveriges styrkor, svagheter, möjligheter och utmaningar inom olika kritiska teknikområden kopplade till näringslivets förutsättningar. En sådan värdering bör kopplas till utveckling av en nationell teknik- och innovationsstrategi.

¹⁰⁵ [En svensk kvantagenda \(vinnova.se\)](https://www.vinnova.se/om-vinnova/rapporter-och-publiceringar/2023/svensk-kvantagenda).

¹⁰⁶ Ibid.

¹⁰⁷ "Gaps: More support is needed for Quantum Information Processing activities, in particular quantum simulation which is less well represented in Sweden compared to internationally.", Ibid, bilaga 6, sid 98.

6.2 Deeptech-företag – Sveriges utmaningar och möjligheter

Ekonomisk utveckling och samhällsutveckling i bred mening drivs på av dynamisk konkurrens mellan olika lösningar och företag. Nya affärer och företag ersätter successivt gamla verksamheter, i takt med att nya affärsmöjligheter genereras och utnyttjas i ett dynamiskt samspel av ömsesidigt beroende förändringar i efterfrågan, försäljning, produktion, tekniker och kompetenser.

6.2.1 Innovativa nya och små företags betydelse

Dynamiken i företagspopulationer är nära förknippad med innovation och en viktig källa till värdeskapande och produktivitetstillväxt i ekonomin.¹⁰⁸ Betydelsen av en utvecklad experimentellt organiserad ekonomi, som främjar ett kontinuerligt tillflöde av nya affärsidéer och företag, stöds av flera OECD-studier. I dessa har man analyserat produktivitetseffekter av frekvenser av nyföretagande och nedlagda företag i ekonomin. Omsättningen i företagspopulationen är därmed också, något paradoxalt, avgörande för en stabil makroekonomisk utveckling.¹⁰⁹ Nyföretagande och i synnerhet innovationsbaserat nyföretagande har stor betydelse för både värdeskapande och jobbskapande i samhället. Unga småföretag svarar för en mycket stor dynamik och jobbskapande av näringsverksamheter.¹¹⁰

Innovationsbaserat nyföretagande brukar definieras med tre huvudkriterier:

- innovativ produkt, tjänst eller affärsmodell
- ålder yngre än tio år, ofta yngre än fem år, beroende på bransch
- tillväxtambitioner – omsättning, marknader respektive anställda.

Statistiskt är det svårt att systematiskt kategorisera företag efter den första och den tredje av dessa variabler. Det görs emellertid ett flertal olika uppskattningar och analyser av detta. EU Startup Monitor sammanställer data över innovationsbaserade nya företag (startups) i EU. I det sammanhanget konstateras att skillnaderna är betydande mellan å ena sidan nya företag och små och medelstora företag (SMF) i allmänhet, och å andra sidan innovationsbaserade nyaföretag:

”.... a startup may have a large number of employees, but not yet a significant turnover.... Furthermore, the initial capital to grow the business is

¹⁰⁸ Baumol, W. J. (2002). *The Free-Market Innovation Machine – analyzing the growth miracle of capitalism*. New Jersey: Princeton University Press, s. 58.

¹⁰⁹ Scarpetta, S., Hemmings, P., Tresselt, T., och Woo, J. (2002). *The role of policy and institutions for productivity and firm dynamics: evidence from micro and industry data*. Paris: OECD, Economics Department Working Papers, no. 329).

¹¹⁰ Goldschlag, N., och Miranda, J. (2016). *Business Dynamics Statistics of High-Tech Industries*, US Census Bureau, December 2016, Haltiwanger, J., Jarmin, R., och Miranda, J. (2008). *Business Formation and Dynamics by Business Age: Results from the New Business Demography Statistics*, May 2008 och Haltiwanger, J., Hyatt, H., McEntarfer, E., och Sousa, L. (2012). *Job Creation, Worker Churning, and Wages at Young Businesses*, Business Dynamics Statistics Briefing, November 2012.

commonly much higher (sometimes millions) for a startup than for an SME [Small and Medium-sized Enterprises] ... The sources of finance are often very different, too”¹¹¹

Att starta nya innovationsbaserade företag är oftast enklare än att utveckla företaget och få det att växa. En tumregel är att nio av tio företag misslyckas med detta.

6.2.2 Sveriges ekosystem för innovativa och växande startups

Samverkan och nätverk är viktigt för företags innovationsförmåga. Företag med stor samverkan är generellt sett mer innovativa än företag som inte har väl utvecklad samverkan med andra företag. Närhet till och samverkan med betydande FoU-intensiva företag och deras teknikinfrastrukturer, testmiljöer och kompetens är därför viktigt. Lärosäten och forskningsinstitut är också betydelsefulla i många innovativa startups och små företags innovationsnätverk.¹¹² Utvecklingen mot så kallad ”öppen innovation” är stark och genererar hävstång på enskilda företags FoU- och innovationsinvesteringar.¹¹³ Således är ekosystem för innovativa startups och små företag av stor vikt för nationell innovationskraft.

Det saknas empiriskt grundade systemanalyser på detta område som tydliggör Sveriges styrkor och svagheter i internationell jämförelse. Även den empiriska forskningen är fragmenterad och ger begränsat underlag för systemförståelse. Det är därför angeläget för utvecklingen av innovationspolitiken och för vidareutvecklingen av olika policyinsatser att sådana systemanalyser görs.

Det kan emellertid konstateras att Sveriges utmaningar och möjligheter när det gäller innovationsbaserade startups och små företag, inte i grunden skiljer sig från motsvarande utmaningar och möjligheter i andra länder. Framför allt inte i jämförelse med andra mindre länder. Jämfört med större länder innebär Sveriges begränsade hemmamarknad dock en betydande utmaning. Länder med stora hemmamarknader har generellt sett närhet till större efterfrågan, liksom större tillgång till viktiga kompetenser och kapital. Detta tenderar att skapa attraktionskraft för entreprenörer, innovativa företag, nyckelkompetenser och riskvilligt kapital.

Fyra faktorer kommer att vara av betydelse för innovationskraften i Sveriges ekosystem för innovativa startups och småföretag:

- innovativa företagskluster där stora multinationella företag i Sverige samverkar med nya och små innovativa företags teknikinfrastrukturer

¹¹¹ EU Startup Monitor, 2018 Report, s. 7.

¹¹² [OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2023 | en | OECD](#), s.64-75.

¹¹³ [OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2023 | en | OECD](#), s.68.

- inkubatorer och forskningsparker som effektivt stödjer innovation och krävande innovationsresor för innovativa startups och små företag
- innovationsupphandling som genererar efterfrågan på innovation i små och stora företag för att lösa samhällsutmaningar
- genusbalans och jämställdhet som ger lika förutsättningar för innovation och företagande för alla oavsett kön och etnicitet.

Innovativa företagskluster baserade på djup samverkan mellan stora innovativa och FoU-intensiva företag och små innovativa företag kring innovationsområden, teknikinfrastruktur, kompetens och lärande har potential att stärka konkurrenskraften i Sveriges ekosystem för innovation. Vidareutveckling och fördjupning av sådana innovativa företagskluster bör mot denna bakgrund vara ett viktigt policyfokus för innovativa ekosystem i Sverige. I det sammanhanget behöver policyinstrument och nationell-regional policysamverkan utvecklas.

Sverige har ett förhållandevis stort antal stora företag som är globalt ledande i fråga om FoU och innovation. Dessa internationellt teknikledande företag är en viktig samverkanspart för nya och små företag. Samtidigt är de stora företagen beroende av innovativa nya och små företag för sin innovationsverksamhet och kompetensförsörjning. Jämfört med många andra länder är det en viktig tillgång för ekosystemen för innovativa startups.

Inkubatorer och forskningsparker har betydelse för den experimentella dynamiken i Sveriges ekosystem för innovation. Offentliga medel har under många år bidragit till att vi idag har ett stort antal innovationsmiljöer i Sverige som är viktiga hörnpelare i Sveriges innovationsekosystem, exempelvis inkubatorer, forskningsparker och universitetens innovationskontor. Finansieringen varierar emellertid från fall till fall, och för inkubatorer och forskningsparker är det ofta en kombination av lokala och regionala medel som står för resurserna.

Alla inkubatorer och forskningsparker kan inte lokalt tillhandahålla expertis inom alla områden. Processer och metoder för att skapa synergier nationellt behöver därför utvecklas. Sverige kommer aldrig att ha tillräckliga resurser för att bygga upp all relevant sakkunskap. I stället måste man vara effektiv i att tillgängliggöra kompetens och resurser hos de olika noder som har byggt upp specialkompetens inom olika områden. Annars begränsas möjligheterna att utveckla acceleratorsfunktioner inom ramen för inkubatorer och forskningsparker.

Innovationsupphandling är en svagt utvecklad drivkraft för innovation och innovationsbaserad tillväxt i Sverige. I synnerhet gäller det för nya och små innovationsbaserade företag. Detta trots att upphandling varit fokus för policyer i många år

och att offentlig efterfrågan historiskt spelat stor roll för innovation och konkurrenskraft i Sverige.

En offentlig efterfrågan som enbart riktas mot befintliga eller väl definierade varor och tjänster genererar inga drivkrafter för utveckling eller innovation. Den leder också till en låg grad av utveckling och förnyelse i offentliga verksamheter. Trots den stora potentialen och vetskapen om att förnyelseprocesser och innovation är nödvändiga för långsiktig måluppfyllelse, kvalitet och effektivitet i offentliga verksamheter, är incitamenten för sådana investeringar vanligen svaga. Med andra ord är oftast riskerna för ledning och medarbetare betydligt större än de belöningar som kan förväntas, om förnyelsearbetet blir lyckosamt. Dessutom är olika policyer för offentlig innovationsupphandling inte alltid rotade i viktiga styrningsstrukturer i myndigheter och politik:

”They are often owned by ministries or agencies responsible for innovation policy while successful implementation depends on budget holders in health, transport etc. and may often be at sub-national level....”¹¹⁴

Dessutom är policyprocesser för offentlig innovationsupphandling ofta underutvecklade:

”Policy instruments mainly address the act of procurement itself and do not engage with the whole cycle from identification of need to adoption and diffusion of the innovation, even though many barriers exist at those stage and generally involve a wider set of actors and stakeholders... Although some measures exist to mitigate risk, none address it as a broader cultural problem within the public sector or seek to change wider governance such as audit frameworks to achieve a shift in the risk/reward ratios.”¹¹⁵

Genusbalansen och jämställdheten i Sveriges entreprenörskap, företagande och ekosystem för innovation är snedvriden. Sverige är i detta avseende inte något internationellt föregångsland. Det kommer att krävas insatser på många olika områden för att förändra detta, från skolan till innovations- och företagsstöd. Parallellt med jämställdhetsintegrering som strategi behövs riktade, långvariga och pålitliga insatser för att öka andelen kvinnor som entreprenörer i Sverige. I synnerhet är det viktigt inom teknikrelaterade områden som har en mycket skev könsfördelning. Detta mönster riskerar att upprepas för varje nytt teknikområde varför mer formativa och integrerade insatser behövs, snarare än att ”rätta till” i efterhand.

6.2.3 Forsknings- och teknikintensiva nya och små företag – deeptech

Deeptech-företag är forskningsintensiva företag vars verksamhet bygger på vetenskapliga upptäckter eller avancerad teknologi som ofta medför långa, komplexa och kapitalintensiva utvecklingsprocesser. Deeptech-företag karakteriseras av att de, jämfört med andra

¹¹⁴ Georghiou, L., m.fl. (2014). *Technological Forecasting & Social Change* 86 1–12., s.10.

¹¹⁵ Ibid.

företag, behöver hantera hög teknologirisk, produktrisk och marknadsrisk under tidiga utvecklingsfaser. Detta gör att företagets ekonomiska och marknadsmässiga förutsättningar är särskilt svåra för finansiärer att bedöma. Sammantaget betyder det att finansiärer får svårt att genomlysna, värdera och bedöma risk och trovärdig avkastning på finansiering av sådana företag. Avancerad test och demonstration av teknik och värdeskapande potential är ofta en viktig och kapitalkrävande dimension. Det förutsätter tillgång till kvalificerade FoU-infrastrukturer.

Deeptech omfattar bland annat viktiga och forskningstunga teknologier som avancerade material, nanoteknik, additiv tillverkning, drönar- och robotteknik, radar, fotonik och elektronik, halvledare, mikro- och nanoelektronik, datorseende, artificiell intelligens, stordata, kvantteknik, djup- och maskininlärning, blockkedjor, sakernas internet, virtuell verklighet samt industriell och medicinsk bioteknik.

Deeptech-företag har ofta sitt ursprung i näringslivets forskning och utveckling eller vid universitet eller forskningsinstitut. Företagen bygger ofta sin affär runt immaterialrättsligt skyddad teknologi, som tillsammans med dessa teknologiers potential att leda till banbrytande innovationer, kan förändra förutsättningar för hela marknader. Detta kan också leda till väsentliga konkurrensfördelar.

Det svenska deeptech-ekosystemet domineras av ett fåtal breda tematiska områden: life science, ren energi, industriell bioteknik och avancerade material. Tre stora utmaningar för deeptech-företagande i Sverige är särskilt påtagliga:

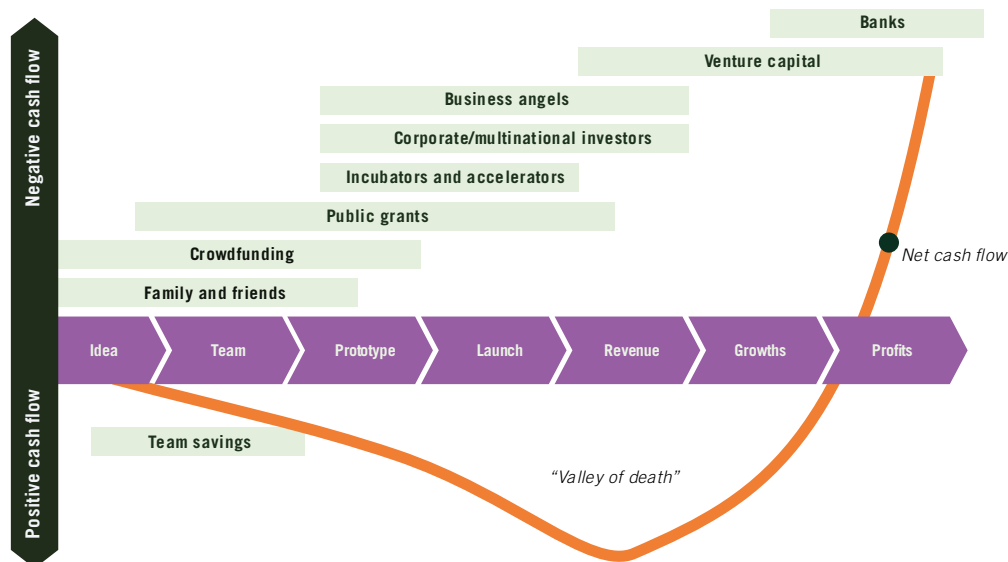
- tillgång till riskvillig finansiering
- tillgång till teknik- och forskningsinfrastruktur
- tillgång till avancerad kompetens.

6.2.4 Kapitalförsörjning för deeptech-företagande

Kapitalmarknaderna fungerar i allmänhet inte tillräckligt bra för investeringar i tidiga skeden av innovationsprocesser, särskilt inte när det handlar om investeringar i banbrytande teknik och innovation. Osäkerheter, informationsasymmetrier och transaktionskostnader gör att potentiella investerare oftast föredrar att vänta med att investera tills dess att den potentiella innovationen bevisat sin affärspotential. De vill inte ta onödig risk. Därför präglas många innovationsprocesser av stora utvecklingsutmaningar i tidiga faser, det vill säga innan de kan nå affärs- och marknadspositioner där osäkerheter och risker är kalkylerbara. Sådana utmaningar betecknas ofta som "dödsdalar" i utvecklingen,¹¹⁶ figur 34.

¹¹⁶ Branscomb, L.M. and Auerswald, P.E., *Between Invention and Innovation – An Analysis of Funding for Early-Stage Technology Development*, ATP, National Institute of Standards and Technology, Washington DC, 2002, s.6, s.36 och s.89.

Figur 34. Utvecklingsfaser och finansieringskällor i innovativa startups och uppskalning i innovativa SMF.

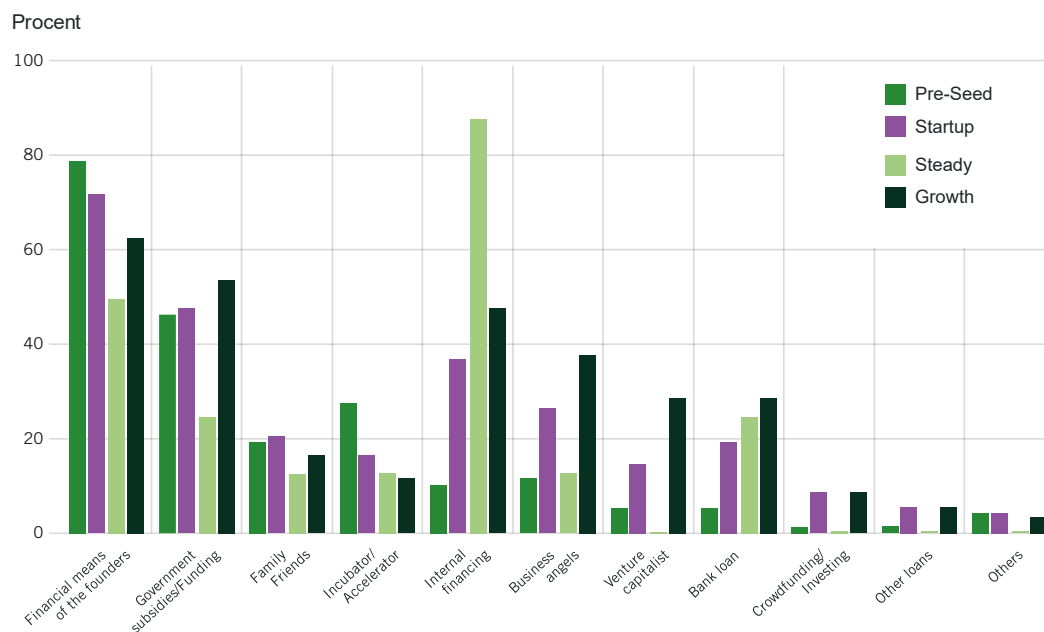


Källa: Nielsen, N.H., [Startup Funding Book](#), anpassad figur.

Statlig stimulans till FoU och innovation i företag spelar i allmänhet en viktig roll i tidiga faser av innovationsprocesser, i synnerhet i processer för FoU och innovation som syftar till radikal innovation.¹¹⁷ För innovativa startups i allmänhet och deeptech-företag i synnerhet är offentlig finansiering emellertid betydelsefull när det gäller finansiering av tidiga stadier i utvecklingen. Även i uppskalningsfaser kan offentlig finansiering vara av stor vikt, figur 35. Angeläget att notera är att finansieringsvolymerna i allmänhet är avsevärt större i senare faser av utvecklingen än i de tidigaste.

¹¹⁷ Svensson, R. (2013). "Effekter av ökade offentliga satsningar på FoU." I Tillväxt- och sysselsättningseffekter av infrastrukturinvesteringar, FoU och utbildning: en litteraturoversikt. (Specialstudier, 37). Stockholm: Konjunkturinstitutet, s. 74.

Figur 35. Vanligaste finansieringskällor i olika utvecklingsfaser i innovativa startups och uppskalning av innovativa företag.



Källa: *European Startup Monitor 2020–2021*, s.15 (europeanstartupmonitor2021.eu).

Det senaste decenniet har EU närmat sig USA i fråga om tillgång till tidig finansiering av innovativa startups. Sverige har i det sammanhanget varit bland de ledande länderna i EU. Samtidigt förefaller Sverige vara svagare i de tidigaste finansieringsfaserna än i de senare, även i jämförelse med flera andra EU-länder.¹¹⁸

Riskkapitalförsörjningen till deeptech-företag i Sverige förefaller vara påtagligt sämre än i andra jämförbara länder och regioner. Därtill verkar investeringsrundorna i Sverige vara mindre för startups inom deeptech än investeringsrundor för andra startups. För en absolut majoritet av jämförelseländerna och regionerna är förhållandet det motsatta. Endast Tyskland har en liknande fördelning av riskkapital som Sverige.¹¹⁹

I spåren av covid-19-pandemin, osäkerheterna i det globala finansiella systemet och stagflationstendenser har tillgången till finansiering av tidiga skeden av innovationsresor i deeptech-företag kraftigt minskat. Osäkerheterna i hur utvecklingen exakt ser ut är stora, men mycket tyder på att den är väsentligt mer problematisk i Europa än i USA, vilket sannolikt lockar deeptech-företag att söka finansiering i USA.¹²⁰

¹¹⁸ [The politics of EU capital markets \(New Financial\) \(europa.eu\) 2023, s.8.](http://europeanstartupmonitor2021.eu)

¹¹⁹ [Från forskning till konkurrenskraft \(tillvaxtverket.se\).](http://tillvaxtverket.se)

¹²⁰ [The Struggle Continues: European Startup Funding in Decline: How Startups Can Adapt and Thrive | LinkedIn.](https://www.linkedin.com/pulse/the-struggle-continues-european-startup-funding-in-decline-how-startups-can-adapt-and-thrive/)

6.2.5 Ekosystem för deeptech-företag

Som diskuterats ovan har Sverige, trots sin begränsade storlek, relativt många stora FoU-intensiva företag. Dessa företag spelar stor roll för Sveriges attraktionskraft för investeringar i FoU och innovation samt för Sveriges uppkoppling till och position i globala värdekedjor. De svarar samtidigt för innovationsdrivande efterfrågan på kunskapsintensiva varor och tjänster från andra företag i Sverige, inte minst från innovationsbaserade startups och SMF.

Eftersom innovationstakten är hög och den internationella konkurrensen stark på de områden där de stora multinationella företagen är verksamma, är dessa företag samtidigt beroende av att samverka med innovativa mindre företag. Stora multinationella företag och små, ofta nystartade, innovationsbaserade företag är således ömsesidigt beroende av varandra, det vill säga de är avgörande för varandras innovationsekosystem. Som en konsekvens av detta har allt fler storföretag skapat specifika miljöer. De har bildat så kallade innovationshubbar, för att koppla ihop och dra nytta av utveckling i små innovationsbaserade företag.¹²¹

Innovationshubbar som baseras på djup samverkan mellan stora FoU-intensiva och små innovativa företag och innovationsinfrastruktur, kompetens och lärande, har stor potential att stärka såväl innovationskraften som attraktionskraften i Sveriges ekosystem för innovation. Vidareutveckling och fördjupning av sådana innovativa miljöer bör mot denna bakgrund vara ett viktigt policyfokus. Mycket talar för att detta är ett av de mest effektiva sätten att stimulera förnyelse av svenskt näringsliv. I det sammanhanget behöver policyinstrument och nationell-regional policysamverkan utvecklas.

Inkubatorer, forskningsparker och universitetens innovationskontor har också stor betydelse för den experimentella dynamiken i Sveriges ekosystem för deeptech-företag. Alla inkubatorer och forskningsparker kan emellertid inte tillhandahålla expertis inom alla områden, utan processer och metoder för att skapa synergier nationellt behöver utvecklas.

För att Sverige ska vara ett ledande forsknings- och innovationsland behövs tillgång till avancerad forskningsinfrastruktur och teknikinfrastruktur. Det är avgörande både för att accelerera banbrytande forskning och för framgångsrik innovation i deeptech-företag. Dessa företag har svårt att själva finansiera avancerade tester. De har även problem med att navigera och hitta rätt i testbäddslandskapet. Deeptech-företagens behov kopplat till teknikinfrastrukturer måste integreras i utveckling och prioriteringar av investeringar i infrastrukturer för forskning och teknik.

¹²¹ [Företagsinitierade innovationshubbar i Sverige: \(vinnova.se\).](https://www.vinnova.se/for-utveckling-och-innovation/for-utveckling-och-innovation/for-utveckling-och-innovation)

Referenser

- Appelt, S., m.fl. (2016). "R&D Tax Incentives: Evidence on design, incidence and impacts", OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 32, OECD Publishing, Paris. 2016-09-10.
- Baden Württemberg (2021), Statistisches Landesamt, Pressemitteilung 186/2021.
- Baumol, W. J. (2002). The Free-Market Innovation Machine – analyzing the growth miracle of capitalism. New Jersey: Princeton University Press.
- BDO Hungary, [A new industry is born: EV battery manufacturing - BDO](#).
- Bertelsmann Stiftung och Sustainable Development Solutions Network (2019). Sustainable Development Report 2019. Transformations to achieve the Sustainable Development Goals, [Sustainable Development Report 2019 \(bertelsmann-stiftung.de\)](#).
- BibCap-projektet, KTH och Vinnova.
- Bioenergitingningen (2022), Biodrivmedel 2022, [BioDRIV2022-web.pdf \(bioenergitingningen.se\)](#).
- BioInnovation (2023), Berglin, N. och von Schenck, A., NiNa Innovation AB för BioInnovation, [omradesanalys-biobaserad-kemiindustri.pdf \(vinnova.se\)](#).
- Bloomberg Innovation Index 2021.
- Blue Institute (2023), Larsson, Ö., Läkemedelsindustri 2.0, Innovationsprogrammet PiiA, [Läkemedelsindustrin-2.0.pdf \(blueinstitute.se\)](#).
- Branscomb, L.M. and Auerswald, P.E. (2002), Between Invention and Innovation – An Analysis of Funding for Early-Stage Technology Development, ATP, National Institute of Standards and Technology, Washington DC, 2002.
- Bundesverband der deutschen Industrie e. V. (BDI), Roland Berger (2023), Innovationsindikator 2023, Berlin 2023.
- CellPress (2023), Gabrielli, P., Rosa, L., Gazzani, M., Meys, R., Bardow, A., Mazzotti, M., Sansavini, G., Net-zero emissions chemical industry in a world of limited resources, [https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322\(23\)00207-5.pdf](https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322(23)00207-5.pdf).
- China Science and Technology Statistics Data Book (2021)
- Cirpass, Digital Product Passport, <https://cirpassproject.eu/>.
- Clarivate Web of Science, [Clarivate](#).

Council of the EU (2023), Press Release 18/04/2023, Chips Act: Council and European Parliament strike provisional deal, Chips Act: Council and European Parliament strike provisional deal (europa.eu).

Delegationen för cirkulär ekonomi, [Rapporter \(delegationcirkularekonomi.se\)](#).

EPRS, European Parliamentary Research Service (2021), Carbon-free steel production, [EPRS_STU\(2021\)690008_EN.pdf \(europa.eu\)](#).

EPRS, European Parliamentary Research Service (2020), The von der Leyen Commission's six priorities: State of play in autumn 2020, Briefeving, European Union, 2020, The von der Leyen Commission's six priorities: State of play in autumn 2020 (europa.eu).

EPRS, European Parliamentary Research Service (2021), Panel for the Future of Science and Technology, December 2021.

EU Horizon Dashboard self-service-portal (europa.eu), [R&I Projects - Self-service BI | Ark - Qlik Sense \(europa.eu\)](#).

European Commission, Joint Research Centre, [Joint Research Centre \(europa.eu\)](#).

European Commission (2021), R&D investment targets and reforms, 11 maj 2021, [r&d investment targets and reforms-KIBD21001ENN \(2\).pdf](#).

European Commission (2022), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, 8/2/2022, [European Chips Act: Communication, Regulation, Joint Undertaking and Recommendation | Shaping Europe's digital future \(europa.eu\)](#).

European Commission (2023), [Critical raw material act: Council adopts negotiating position - Consilium \(europa.eu\)](#).

European Commission (2022), Performance of European partnerships, Biennial monitoring report 2022 on partnerships in Horizon Europe, [performance of european partnerships-KI0521240ENN.pdf](#).

European Commission (2023), European Innovation Scoreboard 2023, [European innovation scoreboard \(europa.eu\)](#).

European Commission (2021) [AI Watch Index 2021 \(europa.eu\)](#).

European Commission (2022), Digital Economy and Society Index (DESI) 2022, [Digital Economy and Society Index \(DESI\) 2022 | Shaping Europe's digital future \(europa.eu\)](#).

European Commission (2023), COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Guidance on the Development of Public and Private Payment Schemes for Forest

Ecosystem Services, [guidance-dev-public-private-payment-schemes-forest_en.pdf \(europa.eu\)](#).

European Commission (2023), Commission Recommendation on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment, with Member States, 03/10/2023, [Commission Recommendation of 03 October 2023 on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment with Member States \(europa.eu\)](#).

European Commission (2023), ANNEX to the Commission Recommendation on critical technology areas for the EU's economic security for further risk assessment with Member States, 03/10/2023.

European Commission, EU Science Hub, The twin green & digital transition: How sustainable digital technologies could enable a carbon-neutral EU by 2050, [The twin green & digital transition: How sustainable digital technologies could enable a carbon-neutral EU by 2050 \(europa.eu\)](#).

European Council (2023), Pressmeddelande 22 maj 2023, Ekodesignförordningen: rådet antar ståndpunkt, <https://www.consilium.europa.eu/sv/press/press-releases/2023/05/22/ecodesign-regulation-council-adopts-position/>.

European Court of Auditors (2023), The EU's industrial policy on batteries, https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-15/SR-2023-15_EN.pdf.

EU Missions in Horizon Europe, [EU Missions in Horizon Europe \(europa.eu\)](#).

European Parliament (2023), Pressmeddelande, 03/05/2023, Green Deal: key to a climate-neutral and sustainable EU, [Green Deal: key to a climate-neutral and sustainable EU | News | European Parliament \(europa.eu\)](#).

European Parliament (2023), EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING om batterier och förbrukade batterier, om ändring av direktiv 2008/98/EG och förordning (EU) 2019/1020 och om upphävande av direktiv 2006/66/EG, 28 juni 2023, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CONSIL:PE_2_2023_INIT.

EU (2018), EU Startup Monitor, 2018 Report.

EU (2021), European Startup Monitor 2020–2021, [\(europeanstartupmonitor2021.eu\)](#).

Eurostat (2022), Statistics Explained, Research and development statistics at regional level, [Research and development statistics at regional level - Statistics Explained \(europa.eu\)](#).

Faugert & Co och Technopolis (2023), [Mervärden av att delta i EU:s ramprogram \(vinnova.se\)](#).

Financial Times (2023) 17 August and 18 August 2023.

Finska regeringen (2022), proposition [RP 211/2022 rd \(finlex.fi\)](#).

Fi2022/03156, Nedsättningen av arbetsgivaravgifter för personer som arbetar med forskning eller utveckling – höjt tak för avdraget.

Georghiou, L., m.fl. (2014). Technological Forecasting & Social Change 86 1–12.

Goldschlaug, N., och Miranda, J. (2016). Business Dynamics Statistics of High-Tech Industries, US Census Bureau, December 2016.

Haltiwanger, J., Jarmin, R., och Miranda, J. (2008). Business Formation and Dynamics by Business Age: Results from the New Business Demography Statistics, May 2008.

Haltiwanger, J., Hyatt, H., McEntarfer, E., och Sousa, L. (2012). Job Creation, Worker Churning, and Wages at Young Businesses, Business Dynamics Statistics Briefing, November 2012.

Hedeler, B., Hellsmark, H., Soderholm, P. (2023), Policy mixes and policy feedback: Implications for green industrial growth in the Swedish biofuels industry, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 173 (2023), research.chalmers.se/publication/533778/file/533778_Fulltext.pdf.

IMD (2022), World Digital Competitiveness Ranking (2022), [World Digital Competitiveness Ranking - IMD business school for management and leadership courses](#).

ING (2021) Think Economic and Financial Analysis (2021), International Monetary Fund, IMF database of fiscal policy responses to Covid-19, National Recovery and Resilience Proposals, ING Research, [The lacklustre take-up, so far, of Europe's multi-billion rescue fund | Article | ING Think](#).

Internet of Things Sverige, [Samhällsnytta genom IoT - IoT Sverige](#).

Internet of Things Sverige, [Smart City Lab – satsning på mjuk infrastruktur - IoT Sverige](#).

LKAB (2022), pressmeddelande 221108, <https://mb.cision.com/Main/11419/3663352/1655641.pdf>.

National Science Foundation, NSF, [National Patterns of R&D Resources | NSF - National Science Foundation](#).

Naturvårdsverket, Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk, [Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk \(naturvardsverket.se\)](#).

New Financial – Rethinking Capital Market (2023), [The politics of EU capital markets \(New Financial\) \(europa.eu\) 2023.](#)

Nielsen, N.H. (2017), [Startup Funding Book](#), Nhn Ventures, 2017.

Nordic Innovation (2021), Eilu, P., Bjerkgård, T., Franzson, H., Gautneb, H., Häkkinen, T., Jonsson, E., Keiding, J.K., Pokki, J., Raaness, A., Reginiussen, H., Róbertsdóttir, B.G., Rosa, D., Sadeghi, M., Sandstad, J.S., Stendal, H., Þórhallsson, E.R. & Törmänen T, The Nordic Supply Potential of Critical Metals and Minerals for a Green Energy Transition, <https://www.nordicinnovation.org/critical-metals-and-minerals>.

NSF (2023), National Center for Science and Engineering Statistics (2023).

OECD (2016), Reviews of Innovation Policy: Sweden 2016, [OECD Reviews of Innovation Policy: Sweden 2016 | en | OECD.](#)

OECD, [Main Science and Technology Indicators \(oecd.org\).](#)

[OECD \(2023\), SME and Entrepreneurship Outlook 2023 | en | OECD.](#)

OECD (2023), STI Outlook 2023 [OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\).](#)

OECD R&D Tax Incentives Database, Main Science and Technology Indicators (oecd.org).

OECD (2019), [Digital Government Review of Sweden: Towards a Data-driven Public Sector | en | OECD.](#)

OECD (2023), Schwaag-Serger et.al, Transformative innovation policy in practice in Austria, Finland and Sweden, What do the Recovery and Resilience Plans tell us about linking transformation and innovation policy?, DSTI/STP/TIP(2022)/27/REV1, 23 May 2023, [O.N.E - Transformative innovation policy in practice in Austria, Finland and Sweden \(oecd.org\).](#)

Oxford Index (2022), Government AI Readiness Index, [Government AI Readiness 2022 FV.pdf \(squarespace.com\).](#)

Plattform Industrie 4.0, Manufacturing-X, Initiative to digitalize supply chains in the industry, <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Manufacturing-X/Manufacturing-X.html>.

Plattform Industrie 4.0, <https://www.plattform-i40.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/Batteriezellfertigung/batteriepass.html>.

Regeringen (2023), Prop. 2022/23:1, Budgetpropositionen för 2023

Regeringskansliet (2019), En nationell strategi för life science, Näringsdepartementet, N2019.06, [en-nationell-strategi-for-life-science.pdf \(regeringen.se\)](#).

Regeringens innovations- och forskningsråd i utlandet. Innovations- och forskningsråden leder "Offices of Science and Innovation" vid ambassaderna i Brasilia, London, New Delhi, Peking, Seoul, Tokyo och Washington D.C.

Remneland Wikhamn, B. (2020), Företagsinitierade innovationshubbar i Sverige: 18 exempel samt ett designramverk, Vinnova VR 2020:11 [Företagsinitierade innovationshubbar i Sverige: \(vinnova.se\)](#).

RISE, Swelife, Vetenskapsrådet, Vinnova, WACQT (2023), En svensk kvantagenda, Vinnova, [En svensk kvantagenda \(vinnova.se\)](#).

Scarpetta, S., Hemmings, P., Tressel, T., och Woo, J. (2002). The role of policy and institutions for productivity and firm dynamics: evidence from micro and industry data. Paris: OECD, Economics Department Working Papers, no. 329.

SCB, Totala utgifter för egen FoU efter sektor och finansieringskälla, mnkr. Vartannat år 2007–2021, [Totala utgifter för egen FoU-verksamhet efter sektor, typ av FoU och vartannat år. PxWeb \(scb.se\)](#).

SCB, [Forskningsinstitutens utgifter för egen FoU \(scb.se\)](#).

SCB, [Ökad finansiering från utlandet till företagen \(scb.se\)](#).

SCB, [Forskning och utveckling i Sverige \(scb.se\)](#).

SCB (2023), [Statliga anslag till forskning och utveckling 2023 \(scb.se\)](#).

SCB, statistikdatabas.

SCB, [Företagens avdrag för forskning och utveckling fortsätter att öka \(scb.se\)](#).

Shneiderman, B. (2018). Twin-Win Model: A human-centered approach to research success. Proceedings of the National Academy of Sciences. [Twin-Win Model: A human-centered approach to research success - PubMed \(nih.gov\)](#).

SIPRI, Elements of a Planetary Emergency, Environment of Peace, Part 1, [Elements of a Planetary Emergency: Environment of Peace \(Part 1\) | SIPRI](#).

Regeringen (2023), SOU 2023:15, Förnybart i tanken. [Ett styrmedelsförslag för en stärkt bioekonomi, Delbetänkande av Bioekonomiutredningen \(regeringen.se\)](#).

Regeringen (2023), SOU 2023:59, Ny myndighetsstruktur för finansiering av forskning och innovation, Slutbetänkande av Forskningsfinansieringsutredningen, Ny myndighetsstruktur för finansiering av forskning och innovation, [regeringen.se](#).

Stanford University (2023), Human Centered Artificial Intelligence, Artificial Intelligence Index Report 2023, [HAI AI-Index-Report 2023.pdf \(stanford.edu\)](#).

Sustainable Development Solutions Network (2023), Sustainable Development Report 2023, Implementing the SDG Stimulus, Dublin 2023, [2023-sustainable-development-report.pdf](#).

Svensson, R. (2013). "Effekter av ökade offentliga satsningar på FoU." I Tillväxt- och sysselsättningseffekter av infrastrukturinvesteringar, FoU och utbildning: en litteraturöversikt. (Specialstudier, 37). Stockholm: Konjunkturinstitutet.

Sweden Bio (2020), The Swedish Drug Discovery and Development Pipeline Report 2020, [The-Swedish-Drug-Discovery-and-Development-Pipeline-2020-SwedenBIO.pdf](#).

SWELife (2022), Swelife ATMP, Slutrapport januari 2022, [Swelife ATMP slutrapport \(atmpsweden.se\)](#).

Taiwan [Ministry of Science and Technology Statistics Database \(nstc.gov.tw\)](#).

The Niche, [Cell and gene therapy products: what is an ATMP? - The Niche \(ipscell.com\)](#).

Tillväxtanalys (2019), [Forskning och utveckling i internationella företag 2019 \(tillvaxtanalys.se\)](#)

Tillväxtanalys (2017), Innovationskritiska metaller och mineral från brytning till produkt – hur kan staten stödja utvecklingen?

Tillväxtverket (2023), Rapport 0437, Från forskning till konkurrenskraft (2023), [Från forskning till konkurrenskraft \(tillvaxtverket.se\)](#).

Tortoise Media (2023) The Global AI Index, [The Global AI Index - Tortoise \(tortoisemedia.com\)](#).

UKÄ, [Många utländska doktorander lämnar Sverige efter examen \(uka.se\)](#).

Vetenskapsrådet (2007), Vetenskapligt publiceringssamarbete mellan svenska företag och högskolor, [Vetenskapligt-publiceringssamarbete-svenska-foretag-o-hogskolor_VR_2007.pdf](#).

Viable Cities (2023), Larsson, A., Klimatomställning av städer - En svensk governance-modell för att öka takten i omställningen", VC rapport 2023:1, [KTH:ViableCities+Rapport Klimatomställning+av+städer.pdf \(squarespace.com\)](#).

Viable Cities, Klimatkontrakt 2030, [Klimatkontrakt 2030 — Viable Cities](#).

Vinnova, Strategiska innovationsprogram: Samarbete för hållbar innovation, [Samarbete hållbar innovation: strategiska innovationsprogram | Vinnova](#).

Vinnova (2019), Förutsättningar för systeminnovation för en hållbar framtid. Analysbilaga till Vinnovas underlag till regeringens forsknings- och innovationsproposition, VINNOVA Rapport, VR 2019:08, [vinnova-analysbilaga.pdf](#).

Vinnova (2023), Horisont Europa – årsbok 2022, Svenskt deltagande i EU:s nionde ramprogram för forskning och innovation, [vinnova-vr23-08.pdf](#).

Vinnova (2022), Horisont 2020 - årsbok 2021, Vinnova, Rapport 2022:04, [Horisont 2020 – årsbok 2021 \(vinnova.se\)](#).

Vinnova (2023), Accelerating European deep tech - new pathways from ideas to impact. How can Europe succeed in utilising deep tech research and innovations to gain technological sovereignty and establish an innovative, resilient, and competitive industry?, [Accelerating European deep tech \(vinnova.se\)](#).

Vinnova (2023), Statistik över svenska life science-företag, VR 2023:04, [Statistik över svenska life science-företag \(vinnova.se\)](#).

Vinnova (2023), Hellman, J., Regulatoriska sandlådor: Från nischade till breda och etablerade innovationspolitiska instrument, Policy Brief, [Dags för regulatoriska sandlådor även i Sverige | Vinnova](#).

Vinnova (2023), Johansson, D., Med sikte på framtidens gruvdrift, Policy Brief, [Med sikte på framtidens gruvdrift | Vinnova](#).

Vinnova (2023), Johansson, D., Ny europeisk produktpolicy kräver ökat fokus på spårbarhet, Policy Brief, [Policybrief: Ny europeisk produktpolicy kräver ökat fokus på spårbarhet | Vinnova](#).

Vinnova (2023), Lundin, N., EU:s Cities Mission kan snabba på utvecklingen av klimatneutrala städer i Sverige, Policy Brief, [EU:s Cities Mission kan snabba på utvecklingen av klimatneutrala städer | Vinnova](#).

Vinnova (2023), Lundin, N., Vinnova Andra länders FOI-främjande i Kina – inspiration för Sverige, Policy Brief, [Policybrief: Sverige kan inspireras av andras FOI-samarbeten med Kina | Vinnova](#).

Vinnova (2023), Marklund, G., FoU-investeringar i Sverige i internationell jämförelse, Omvärldsanalys - Analysrapport till Vinnovas underlag till regeringens forsknings- och innovationspolitik, [Omvärldsanalys \(vinnova.se\)](#).

Vinnova (2023), Marklund, G., Finlands FoU-politik – kraftsamling för konkurrenskraft, Omvärldsanalys - Analysrapport till Vinnovas underlag till regeringens forsknings- och innovationspolitik, [Omvärldsanalys \(vinnova.se\)](#).

Vinnova (2023), Stenberg, L., En ny industri- och innovationspolitik växer fram i USA, Policy Brief, [En ny industri- och innovationspolitik växer fram i USA | Vinnova](#).

Vinnova, Post- och telestyrelsen, Vetenskapsrådet Myndigheten för digital förvaltning (2021) Sveriges förutsättningar i den digitala strukturomvandlingen, Analysbilaga, Vinnova, Rapport 21:06, [Sveriges förutsättningar i den digitala strukturomvandlingen \(vinnova.se\)](#).

Vinnova, RISE, (2021), Sveriges innovations- och produktionskapacitet för vaccin och andra biologiska läkemedel, Redovisning av regeringsuppdrag, N2020/03157, Vinnova (2021), Vinnova rapport VR 2021:03, [Sveriges innovations- och produktionskapacitet för vaccin och andra biologiska läkemedel – Blomquist Communication \(vinnova.se\)](#).

Vinnova, Tillväxtverket, (2023), Förutsättningarna för deeptech i Sverige, Slutrapport regeringsuppdrag (N2021/02465), Vinnova Rapport, VR 2023:03, [Förutsättningarna för deeptech i Sverige \(vinnova.se\)](#).

WIPO (2023), [Global Innovation Index 2023 – Innovation in the face of uncertainty \(wipo.int\)](#).

World Bank, [Research and development expenditure \(% of GDP\) - China | Data \(worldbank.org\)](#).

World Economic Forum (2019), The Global Competitiveness Report 2019, World Economic Forum, Geneva 2019. [WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf \(weforum.org\)](#).

World Economic Forum (2023), Global Risks Perception Survey 2022-2023, i World Economic Forum, The Global Risks Report 2023, 18th edition, Insight Report, [Global Risks Report 2023 | World Economic Forum | World Economic Forum \(weforum.org\)](#).

US White House (2022), FAST TRACK ACTION SUBCOMMITTEE ON CRITICAL AND EMERGING TECHNOLOGIES, CRITICAL AND EMERGING TECHNOLOGIES LIST UPDATE, February 2022, [Critical and Emerging Technologies List Update \(whitehouse.gov\)](#).

US Senate (2022), Chips and Science Act, [chips-and-science-act-of-2022-section-by-section.pdf \(senate.gov\)](#).

US White House (2023), EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT WASHINGTON, D.C. 20503, August 17, 2023, Multi-Agency Research and Development Priorities for the FY 2025 Budget, [FY2025-OMB-OSTP-RD-Budget-Priorities-Memo.pdf \(whitehouse.gov\)](#).

Ziman, J. (2000), *Real Science – What it is, and what it means (2000)*, Cambridge University Press, UK.