



Behovet av teknisk kompetens – ständigt aktuellt men aldrig detsamma

Ett kunskapsunderlag



Innehåll

Förord	4
Inledning	6
Ständigt aktuell, men aldrig densamma	7
Gränsen mellan STEM-jobb och andra yrken	7
Tre kategorier av teknisk framtidskompetens	9
Teknisk expertis	10
Generell teknisk användarkompetens	11
Icke-tekniska kompletterande kompetenser	12
Slutsatser	14
Den här gången blir det annorlunda	15
Framåtblick av en expanderad högre utbildning	15
Från förutsägbarhet till anpassningsbarhet	16
Säkra framtida kompetensbehov inom teknik	17
Referenser	18

Förord



En arbetsgrupp bestående av ledamöter från Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA) fick i uppdrag av projektet *Framtidens kunskapssamhälle* att diskutera bilden av framtidens STEM-yrken och söka svar på frågor rörande dessa. Genom samlad erfarenhet och expertis arbetade gruppen under våren och sommaren 2024 utifrån tre teman: kopplingen mellan utbildningsvägar och efterfrågad kompetens inom teknik, att få in underrepresenterade grupper i STEM-utbildningar samt digitaliseringens påverkan på relevant teknisk kompetens inom STEM.

Syftet med kunskapsunderlaget är att tydliggöra och bredda bilden av framtidens STEM-yrken och vilka tekniska kompetenser som kommer att behövas framgent.

För innehållet i kunskapsunderlaget svarar författarna. Ett varmt tack till gruppens deltagare för deras bidrag och engagemang!

Stockholm i november 2025

Anna Ekström

Arbetsgruppens ordförande

Inledning



Ständigt aktuell, men aldrig detsamma

Frågan om framtidens kompetensförsörjning är ständigt aktuell, men också ständigt föränderlig. Arbetsgivares kompetensbehov förändras i takt med teknisk utveckling, globalisering, förändrade värdekedjor och efterfrågan. Den pågående digitaliseringen, utvecklingen inom artificiell intelligens (AI) och den gröna omställningen sätter fokus på behovet av naturvetenskaplig och teknisk kompetens, så kallade STEM-kompetenser (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Förändrade kompetensbehov handlar inte enbart om hur många ingenjörer som utbildas, utan också om vilken typ av utbildning som erbjuds, vilken kompetens som efterfrågas och hur arbetsmarknadens utbud av yrken utvecklas. Som en del av projektet *Framtidens kunskapssamhälle* har en arbetsgrupp under 2024 diskuterat hur utbildning behöver se ut och vilka STEM-kompetenser som krävs för att kunna möta framtida behov. Sammanställningen ger en kort överblick av utmaningar och möjligheter för att möta framtidens behov av teknisk kompetens.

Gränsen mellan STEM-jobb och andra yrken

Ett omfattande teknikskifte ställer krav på tekniska kompetenser som är aktuella för bland annat typiska STEM-jobb.¹ Programmerare har gradvis fått rollen som samhällsbyggare och de mjukvarubaserade system som byggs har blivit alltmer osynliga, men utgör samtidigt den infrastruktur som knyter samman stora delar av samhället.² Den tekniska utvecklingen har medfört att fler människor

använder alltmer avancerad teknik för att utföra sina arbetsuppgifter i vardagen. Utformning och utveckling av mjukvara blir följaktligen också av allt större ekonomisk betydelse. Svensk forskning visar till exempel att innovation – även sådan som inte bygger på nyutvecklad mjukvara – blir alltmer beroende av mjukvarulösningar.³

Med detta följer ett växande behov även av andra kompetenser än de rent tekniska inom typiska STEM-yrken. Tekniska experter behöver ha kompetens om den bransch eller det tillämpningsområde de arbetar inom. I en intervjustudie från Tillväxtanalys, om tillämpningen av AI i svenska företagsmiljöer, uppgav exempelvis respondenter från Schibsted att det inte räcker att kunna AI-teknik för att arbeta med AI inom journalistik.⁴ På liknande sätt förs en bredare debatt om att utvecklare av nya AI-system i högre grad behöver ha kompetens inom exempelvis etik för att säkerställa ansvarsfull tillämpning av den nya tekniken.

När ny teknik över tid mognar och sprids i större skala tenderar tekniken att standardiseras och förpackas som en produkt eller tjänst, vilket delvis minskar behovet av teknisk expertis. I stället ökar behovet av de kompetenser som krävs för att använda den nya tekniken framgångsrikt inom en viss bransch eller nisch. Ett viktigt exempel på detta är den växande bredden av mjukvarubaserade tjänster (så kallade *Software as a service*, SaaS), molntjänster och digitala plattformar som tack vare användarvänliga gränssnitt kan brukas även av de som saknar den tekniska kompetensen att utveckla samma system från grunden. Med tillgång till dessa typer av tjänster uppstår i stället behovet av kompetens för att använda tekniken framgångsrikt inom en viss bransch eller miljö. Den här utvecklingen underlättar också för arbetsgivare

1 Tillväxtanalys, 2024.

2 Ensmenger 2012; Thompson, 2019.

3 Andersson m.fl., 2021.

4 Tillväxtanalys, 2022.

Inledning

att efterfråga specifik teknisk kompetens, eftersom efterfrågan kan knytas till en tjänst- eller produkttyp och formuleras på ett mindre tekniskt vis.

Dagens yrkesverksamma har under sitt yrkesliv behövt lära sig att använda datorer och internet, verktyg som idag mer eller mindre betraktas som självklarheter på de flesta arbetsplatser. Framgent kommer allt fler människor på liknande vis att behöva lära sig använda olika typer av AI-baserade verktyg, och med det följer också ett ökat behov av att dels förstå hur verktygen kan användas som resurs, dels känna till verktygens begränsningar.⁵ Ju mer komplexa de tekniska systemen vi använder blir, desto större blir behovet av att användare förstår teknikens begränsningar. Det gäller till exempel AI-system eller annan teknik med lägre grad av förklarbarhet.⁶ Användare av tjänster kopplade till stora språkmodeller (exempelvis ChatGPT, Gemini, eller Claude) behöver inte nödvändigtvis förstå hur modellen fungerar i detalj. Däremot har användaren behov av att veta när de kan använda tjänsten och när det är bättre att låta bli. Till exempel bygger den nya generationens AI-verktyg på statistisk analys av stora datamängder och är därför probabilistiska till sin natur – samma input kan vid olika tillfällen generera olika resultat. Det krävs därmed en viss förståelse av tekniken för att kunna lära sig använda den effektivt. Den här typen av STEM-kompetens spelar en särskilt stor roll under pågående strukturomvandling när arbeten omorganiseras på olika sätt för att tillvarata den nya teknikens möjligheter. Hur en digitaliserad och grön AI-ekonomi ser ut vet ingen ännu med säkerhet, och vägen dit präglas av experimenterande och lärande med nya verktyg.⁷

Allt detta pekar mot att framtidens STEM-jobb i högre grad än tidigare även kräver kompetenser utanför STEM-området. Det handlar både om mer konkret kunskap om förutsättningarna inom det område där tekniken ska tillämpas, och mer abstrakt förståelse om hur teknik kommer användas och vilka effekter teknikanvändning kan få. Samtidigt kommer personer utanför STEM-området att i allt högre grad behöva STEM-relaterade kompetenser för att kunna tillgodogöra sig och dra nytta av den nya tekniken.

Idag får vi fram kompetens och expertis inom STEM genom att utbilda och ställa krav för att de som har intresse och driv ska välja, och ta sig igenom, utbildningen. En rapport som IVA publicerat tidigare visar att unga på mellan- och högsta-diet förknippar att vara bra på naturvetenskap och teknik med egenskaper som att vara "smart" och "duktig i skolan".⁸ För att säkra kompetensbehoven inom STEM, behöver också ungas bild och förväntningar på STEM-kompetens förändras. De gäller både de som till slut väljer ett STEM-yrke och de som inte gör det. Därför är det också viktigt att satsningar på STEM-kompetens inte förstärker den upplevda barriären eller avståndet mellan STEM- och icke-STEM-yrken eller -utbildningar.

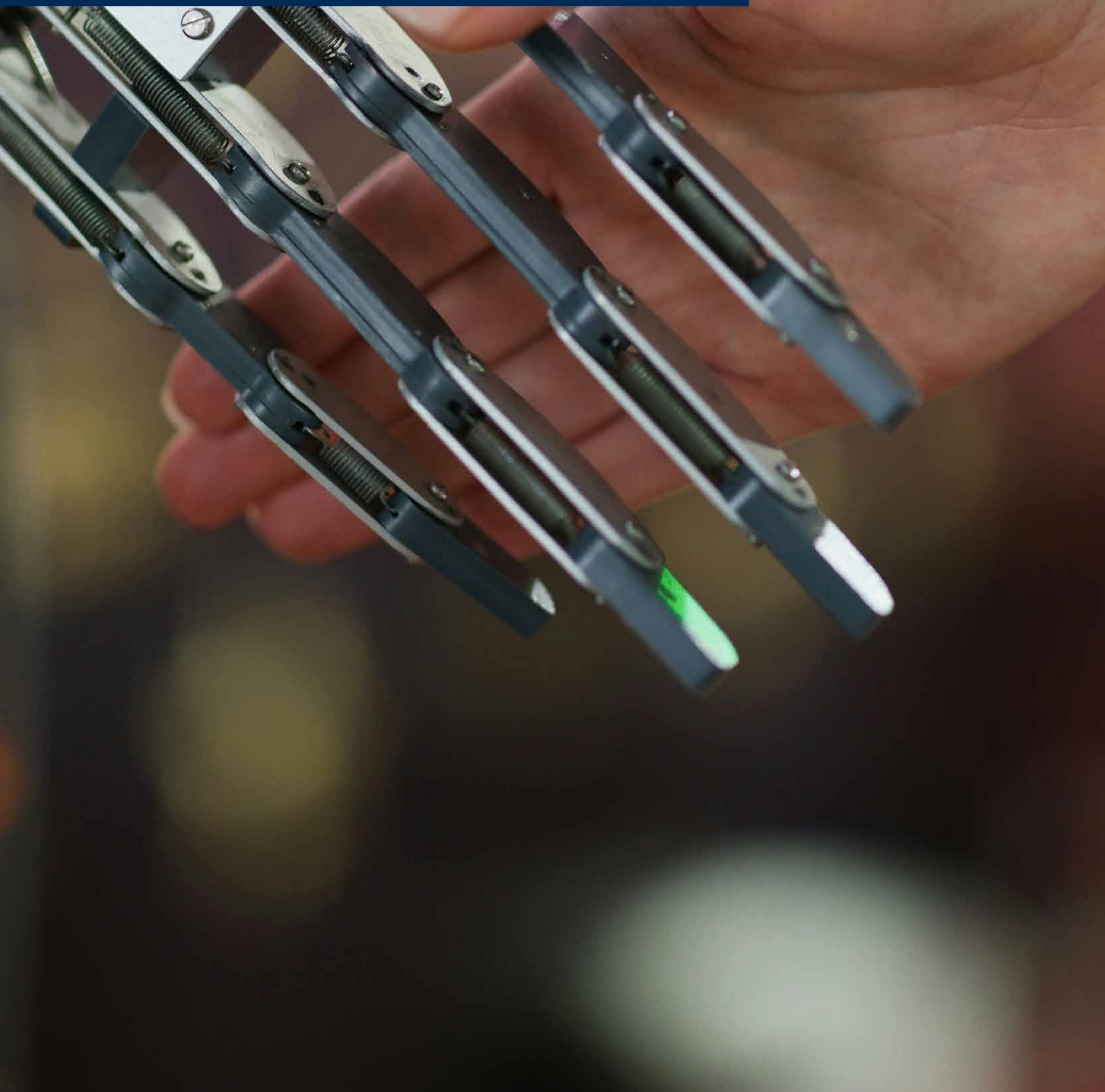
⁵ Techsverige, 2024.

⁶ Bristande förklarbarhet avser här att ett AI-verktygs resultat inte kan härledas explicit genom en observerbar process.

⁷ Autor et al., 2023.

⁸ IVA, 2024.

Tre kategorier av teknisk framtids- kompetens



Tre kategorier av teknisk framtidskompetens

Gränsen mellan STEM-jobb och andra jobb tecknas alltmer i gråskalor. STEM-jobb behöver i tilltagande grad kompetenser som ligger utanför STEM-området, och andra jobb som inte normalt förknippats med STEM kan i högre grad förväntas kräva någon typ av grundläggande STEM-kompetens. Därför blir det relevant att tala om framtida kompetensbehov på ett sätt som inte binärt skiljer på STEM-jobb och andra jobb. I debatten om hur AI kan komma att påverka framtidens arbetsliv lyfts återkommande tre kategorier av framtida kompetensbehov:⁹

- Teknisk expertis
- Generell teknisk användarkompetens
- Icke-tekniska kompletterande kompetenser.

Teknisk expertis kan vara både teoretisk och praktisk och krävs för att kunna utveckla, implementera, justera och förvalta teknik. Generell teknisk användarkompetens handlar om att ha tillräcklig förståelse för tekniken för att kunna använda den, i kombination med annan kompetens kopplat till specifika tillämpningsområden. Icke-tekniska kompletterande kompetenser bidrar till både teknisk expertis och användarkompetens genom att återspegla människors komparativa fördelar och styrkor när arbetsformer och arbetssätt förändras.

Teknisk expertis

Det kommer alltid att vara brist på, och konkurrens om, det som betraktas som det senaste inom teknisk expertis. Det kan delvis förklaras av att framför allt större och resursstarka företag letar efter teknik som kan ge dem konkurrensfördelar, samtidigt

som efterfrågan på viss teknisk expertis växer när själva tekniken får större spridning i ekonomin. Men det finns inga belägg för att efterfrågan på teknisk expertis kommer att växa monotont i förhållande till andelen andra jobb på arbetsmarknaden.¹⁰ Dessutom kan teknisk utveckling också bidra till att underlätta, effektivisera och i vissa fall till och med automatisera arbetsuppgifter som idag kräver teknisk specialistkompetens. Till exempel har vissa typer av programmeringsuppgifter under lång tid gradvis automatiserats, något som ser ut att förstärkas med hjälp av stora språkmodeller.

SCB rapporterar i sin arbetskraftsbarometer från 2023 att utbud och efterfrågan på civil- och högskoleingenjörer är i balans, och då ska man komma ihåg att långt ifrån alla som läser en ingenjörsutbildning sedan arbetar med vad som kategoriseras som ett ingenjörjobb.¹¹ Samma undersökning visar att åtta av tio arbetsgivare på ett par års sikt förväntar sig ett ökat behov av ingenjörer inom bland annat energiteknik och automation. Man bör ha i åtanke att det är en fråga om förväntad efterfrågan, men det kan också tolkas som ett uttryck för trender i efterfrågan på teknisk expertis – efterfrågan på en viss typ av teknisk expertis ersätts av en annan. Det finns vissa tecken på dels att efterfrågan på teknisk expertis breddas över tid och blir mer heterogen, dels att omsättningstiden för vissa kompetensbehov tycks öka eller gå i trender.¹² För enskilda individer med teknisk expertis kan delar av de här variationerna eller förändringarna i kompetensbehov balanseras med lärande på jobbet eller kompetensutveckling, men det blir allt svårare att förutsäga vilka kurser en civilingenjör behöver läsa för att i detalj möta arbetsgivares kompetensbehov om fem eller tio år.¹³

Expertis behöver inte vara teoretisk utan kan, och be-

⁹ OECD, 2016; Tillväxtanalys 2020 Wernberg, 2019; Wernberg & Andersson, 2022; Wernberg, 2025.

¹⁰ Tillväxtanalys, 2020.

¹¹ SCB, 2023.

¹² Se exempelvis www.digitalskills.site som utvecklades inom ramen för regeringsuppdraget Digital Spetskompetens.

¹³ Wernberg & Andersson, 2022.

höver, i många fall vara praktisk. I kompetensförsörjningsdebatter förknippas teknisk expertis ofta med teoretiska kunskaper. Man kan återkommande läsa artiklar som kräver fler platser på ingenjörsutbildningar inom den högre utbildningen, men det fångar bara delar av problemet. För att till exempel implementera och skala upp användningen av AI-teknik i svensk ekonomi behövs inte bara den expertis som förknippas med att utveckla systemen, utan också praktisk expertis i form av "byggare" som kan implementera, justera och förvalta ett AI-system på en arbetsplats.¹⁴

En betydande del av det potentiella värdet av AI-system bygger på att de kan anpassas för lokala förutsättningar inom en enskild bransch eller på en specifik arbetsplats. Det talar för möjligheten för fler civilingenjörsstudenter att göra praktik som en del av sin utbildning, men också för att det finns efterfrågan på en typ av teknisk expertis på arbetsmarknaden som inte kräver fem års universitetsstudier. För detta spelar yrkeshögskoleutbildningar, men också industrigymnasier, en potentiellt viktig roll. Eftersom typiska STEM-yrken kan tyckas avskräckande är det också viktigt att grundskole- och gymnasieelever får möjlighet att skaffa sig en mer konkret uppfattning om hur STEM-jobb kan se ut, genom såväl konkretion i matematikundervisningen som möjlighet till prao-platser med STEM-karaktär. Dessa frågor behöver fortsatt utredas och hanteras för att Sverige ska kunna utveckla tillräcklig och rätt teknisk expertis de kommande 30 åren.

Generell teknisk användarkompetens

Tekniska framsteg är den kanske enskilt viktigaste bidragande faktorn till tillväxt och ökat välbefinnande genom historien, men det är inte teknikinvesteringar som på egen hand leder till produktivitetsökningar.

Det är först när man lyckas organisera om arbete tillräckligt för att tillvarata den nya teknikens fördelar (och balansera dess svagheter) som man kan realisera potentiella produktivitetsvinster.¹⁵ Det kräver i sin tur att de som ska använda tekniken i sitt arbete har tillräcklig teknisk kompetens för att hitta sätt att dra nytta av den, så att det utvecklas en generell teknisk användarkompetens. När en ny teknik sprids i stor skala, som digitalisering har gjort och AI-verktyg gör just nu, uppstår ett mycket omfattande behov av användarkompetens.

Användarkompetens handlar om att förstå tekniken tillräckligt väl för att kunna använda den, kombinerat med kunskap om den domän där tekniken ska tillämpas. En teknisk expert kan berätta hur ett nytt verktyg skulle kunna användas inom en viss bransch eller på en viss arbetsplats, men den har långt ifrån hela bilden av de förutsättningar och bivillkor som styr användningen av den nya tekniken. Det faktiska utfallet beror också på rådande organisation och arbetsformer, rutiner och normer, samt individers vilja och förmåga att skaffa sig färdigheter för att tillämpa den nya tekniken i praktiken. För att dra nytta av tekniken behöver anställda inom olika tillämpningsområden *tillräcklig* förståelse av hur tekniken fungerar för att, i kombination med sin domänkompetens, avgöra när och hur verktyget används bäst. Det bör påpekas att människor med teknisk expertis också är användare av andra typer av tekniska verktyg än de som faller inom deras expertisområde, vilket betyder att de också behöver användarkompetens.

Eftersom det inte är känt på förhand hur en ny teknik bäst ska tillämpas inom ett område där den inte använts förut präglas byggandet av användarkompetens av både osäkerhet och experimenterande. Användandet av ny teknik som AI leder inte per automatik till bättre resultat. I en nyligen publicerad vetenskaplig studie framkommer det att läkare som

¹⁴ Techsverige, 2024.

¹⁵ Brynjolfsson & Hitt, 2003.

Tre kategorier av teknisk framtidskompetens

använder AI-verktyg för att analysera röntgenbilder riskerar att prestera sämre jämfört med när människa och AI-verktyg analyserar röntgenbilder var för sig.¹⁶ Det beror inte på att det inte går att effektivisera bedömningen av röntgenbilder genom att låta läkare använda sig av AI-verktyg, utan att effektiviseringen sker succesivt i takt med ökad kompetens om när och hur AI-verktyget ska användas. Studien pekar på att läkare både över- och underskattar AI-verktyget, vilket kan leda till försämrade resultat. Man bör också påpeka att teknikens utformning och användargränssnitt påverkar hur verktyget används. Väl fungerande användning av AI-verktyg för diagnostik kan minska risken för feldiagnostik markant, men det sker inte av sig självt och forskare trycker exempelvis på vikten av riktlinjer för korrekt användning av verktygen.¹⁷ Det här exemplet visar på behovet av grundläggande förståelse för tekniken inom yrkesprofessionen, men också att omorganiseringen av arbete är förknippad med en inlärningskurva. Utöver förändringen av organisation och arbetsformer finns det behov av ett närmast praktiskt färdighetsbyggande i hur människor lär sig att använda nya verktyg, särskilt AI-verktyg som är probabilistiska och bygger på statistisk analys av stora och svåröverblickbara datamängder.

Behovet av användarkompetens, kanske framför allt inom AI, ser ut att kunna bli betydande inom över-skådlig framtid, vilket talar för att många med jobb utanför STEM-området kommer att behöva viss STEM-kompetens; teoretisk kompetens, men kanske framför allt praktisk och tillämpad kompetens. Därför är det viktigt att överbrygga den osäkerhet eller oro som många människor känner inför STEM-orienterade ämnen redan i grund- och gymnasieskolan. Även för de som inte kommer att gå en civilingenjörsutbildning och arbeta med ett typiskt STEM-jobb är det värdefullt att ha en tillräcklig förståelse och tilltro till tekniken och sin förmåga att kunna lära sig den, för att våga prova och använda den.

Den kanske viktigaste frågan om användarkompetens för långsiktig kompetensförsörjning handlar om lärare i grund- och gymnasieskolan samt inom vuxenutbildning och på högskolenivå. Om lärare inte har tillräcklig användarkompetens kopplat till ny teknik, digitala verktyg eller AI kommer de heller inte kunna förmedla och träna på teknikanvändningen tillsammans med sina elever. Därför är det viktigt att kunskap om AI integreras i lärarutbildningen, inte bara som ett kursmoment utan som ett verktyg att användas löpande genom utbildningen av lärare och elever vid problemlösning. På så vis får lärare en trygghet för när AI-verktygen lämpar sig att använda i undervisningen eller inte.

Samtidigt som det är centralt att bejaka digitalisering och lämpligt användande av AI i all undervisning i grund- och gymnasieskolan är det också viktigt att dagens unga får en förståelse för hur AI-verktyg och digital automation används i företag och i samhället. Som komplement till kompetensutveckling hos lärare behövs också en större interaktion mellan skola, näringsliv och offentlig verksamhet för att tillsammans kunna förmedla aktuell kunskap och kompetens till unga. Utmaningen ligger i att tekniken utvecklas i snabb takt vilket gör att utbildningens innehåll behöver uppdateras ofta. Det blir lättare om tekniken används som ett medel och redskap i undervisningen, snarare än att tekniken betraktas som ett självändamål.

Icke-tekniska kompletterande kompetenser

När ny teknik sprids i samhället förändras arbetsfördelningen mellan människa och maskin.

Om en viss typ av arbetsuppgifter automatiseras kan det leda till att mängden arbetstillfällen

¹⁶ Agarwal m.fl., 2023.

¹⁷ Agarwal m.fl., 2021.

krymper inom ett visst område. Men det kan också medföra att människor som tidigare utfört den uppgiften i stället lägger mer tid på sina andra arbetsuppgifter eller får nya typer av arbetsuppgifter. På en mer övergripande nivå leder den här utvecklingen till att jobb över tid försvinner, förändras eller att helt nya jobb tillkommer. Frågan är om det finns några gemensamma nämnare för vilka typer av kompetenser som människor i allmänhet behöver till följd av den här utvecklingen?

Den tredje och sista kompetenskategorin, icke-tekniska kompletterande kompetenser, kan ofta vara mer eller mindre lösryckta gissningslekar om vad människor kommer att arbeta med i framtiden. Sådana spekulationer bygger ofta på tanken om att det som maskiner *inte* kan göra lämnas till människor som endast får ta hand om det som blir över, trots att sådan teknikdeterminism saknar historisk förankring. Det finns också forskare som inte bara försökt utgå från *vad* människor jobbar med utan också tagit i beaktande *hur* människor arbetar, för att identifiera komparativa fördelar som förväntas slå igenom eller öka i framtidens kompetensbehov. Ett sådant exempel är läs- och skrivkunighet.¹⁸ I takt med att vi utvecklar alltmer komplexa system krävs det att människor inom både STEM-jobb och andra typer av arbete, löser nya svåra uppgifter i grupp och samarbetar. Detta kan göra att det blir viktigare att man förmår att förstå och göra sig förstådd.¹⁹ Läs- och skrivkunighet förknippas alltför sällan med framtidens STEM-jobb, men att som individ förstå och ta in information, genom exempelvis läsning, är en typ av förmåga som teknik kan underlätta men aldrig helt ta bort. Något som ofta lyfts fram, inte minst i debatten om livslångt lärande, är förmågan att lära sig att lära sig.²⁰ Till exempel har AI-forskaren och professorn i datavetenskap Leslie Valiant försökt

formalisera vad han kallar *educability*, utbildningsbarhet, som beskriver möjligheten att lära och utmaningen att veta vad vi kan lita på, vilket rör både maskiner och människor.²¹

Icke-tekniska kompletterande kompetenser är komplement till både teknisk expertis och tekniska användarkompetenser. Många diskussioner om framtidens kompetensbehov som berör dessa typer av kompetenser har en gemensam nämnare. De knyter ofta an till renässansmänniskan som ideal. Icke-tekniska kompetenser kan verka som en motpol till en annars alltför snäv specialisering inom kompetens och färdigheter. Den typen av resonemang antyder i sin tur att distinktionen mellan bildning och utbildning kan komma att hamna i nytt ljus i framtiden.

Hur förväntas då behoven av olika typer av teknisk kompetens stå sig gentemot varandra? Tillväxtanalys genomförde en expertundersökning år 2020 för att kartlägga förväntningar kring hur stor andel av näringslivets framtida kompetensbehov som kommer att utgöras av respektive kategori.²² Resultatet visade att experterna var förhållandevis ense om att teknisk expertis är viktigt, men att det kompetensbehovet utgör en relativt liten del av arbetsmarknaden, medan behovet av generell teknisk användarkompetens omfattar så gott som hela arbetsmarknaden. Det är viktigt att komma ihåg att uppmärksamheten i samhällsdebatten lätt hamnar på den tekniska expertisen och att de breda behoven av användarkompetens hamnar i skymundan. Experterna i undersökningen var betydligt mindre eniga om behovet av kompletterande icke-tekniska kompetenser, men tror i genomsnitt att den typen av förändrade kompetensbehov kommer omfatta åtminstone hälften av arbetsmarknaden. Stora teknikskiften handlar med andra ord om betydligt mer än bara den senaste tekniska expertisen.

18 Levy & Murnane, 2004.

19 Hidalgo, 2015.

20 Greiff m.fl., 2015.

21 Valiant, 2024.

22 Tillväxtanalys, 2020.

Slutsatser



Den här gången blir det annorlunda

I debatter om kompetensförsörjning är det viktigt att olika behov sätts i ett större sammanhang och vägs mot varandra. När det gäller behovet av ingenjörer och experter måste det ställas i förhållande till arbetsmarknaden som helhet, liksom teoretisk expertis måste ställas i relation till praktisk expertis. Man måste också fråga sig hur stor variationen av efterfrågad teknisk expertis är, och hur snabbt den förändras över tid. Behovet av användarkompetens förväntas vara mycket brett, men det är inte ett homogent behov. Det kommer att variera mellan olika branscher och tillämpningsområden. Behovet förknippas också med en betydande osäkerhet kring exakt hur ny teknik används bäst i olika kontexter och funktioner.

Vad betyder då detta för framtidens kompetensförsörjning? Vilken signal bör beslutsfattare skicka till utbildningsanordnare? Två saker som historiskt har hållits för sanna är att ökad automatisering och teknisk utveckling kan mötas med expanderad (högre) utbildning och att kompetensbehovet kan uppskattas tillräckligt väl på fem till tio års sikt. Men den här gången kanske det visar sig vara annorlunda.

Framåtblick av en expanderad högre utbildning

Tekniska framsteg har genom historien gynnat samhället som helhet på lång sikt, men på kort sikt har personer med utbildning gynnats mer än de utan. Den tekniska utvecklingen har uppvisat en utbildningsbias (*skill bias*) som innebär att personer med utbildning i högre grad har ökat sin produkti-

vitet med den nya tekniken, medan personer utan utbildning i högre grad har drabbats av att maskiner ersätter deras arbete. Därför har ökad automatisering historiskt ofta bemötts med expansion av den högre utbildningen, så att de som annars riskerar att drabbas negativt av utvecklingen i stället kan bidra till att möta det växande behovet av utbildad arbetskraft över tid.

Med datorisering, digitalisering och nu utvecklingen på AI-området sker dock en förändring. Tekniken kan nu användas för att underlätta, och i vissa fall automatisera, inte bara manuellt arbete utan kanske framför allt analytiskt arbete. Åtskillnaden mellan arbete som kan utföras av maskiner och arbete som måste utföras av människor präglas inte längre främst av utbildningsnivå, utan beror på typ av uppgift (*task bias*).²³ En grupp forskare vid MIT konstaterade i början av 2000-talet att det som utmärker uppgifter som kan utföras av datorer är om de bygger på strikta rutiner eller mönster som en dator kan programmeras för att agera på för varje tänkbar situation.²⁴ Icke-rutinbaserade arbetsuppgifter måste utföras av människor, menade forskarna. Utifrån detta drog de bland annat slutsatsen att uppgifter som att köra en lastbil aldrig kan automatiseras, vilket med tiden har visat sig vara fel. Modellen håller dock om man lägger till att den tekniska utvecklingen expanderar möjligheterna att hitta nya mönster som kan användas för att låta maskiner utföra arbete.²⁵

Utvecklingen av maskininlärning, djupinlärning och nu senast stora språkmodeller inom AI-området bygger på sökandet efter statistiska mönster i allt större mängder data som kan användas exempelvis för att upptäcka när packningar i en maskin måste bytas ut, identifiera avvikelser i betalhistorik och finansiella transaktioner, köra bilar eller producera text, tal och bilder i växelverkan med

²³ Goldin & Katz, 2009.

²⁴ Autor m.fl., 2003.

²⁵ Wernberg, 2019.

Slutsatser

människor. Med den här utvecklingen följer att teknisk utveckling, och i synnerhet automatisering, nu påverkar arbete längs hela löne- och utbildningsdistributionen.²⁶ Man kan argumentera för att förändringstrycket tycks vara som störst i mitten av lönedistributionen, det vill säga att det finns en stor andel tjänstemannajobb som kräver högre utbildning men samtidigt innehåller en betydande andel rutinbaserade arbetsuppgifter.^{27,28}

Mot den här bakgrunden är det inte givet att det räcker att expandera den högre utbildningen för att möta den tekniska utvecklingen och dess påverkan på arbetsmarknaden framgent. Om man exempelvis expanderar ingenjörsutbildningar genom att fördubbla antalet platser på landets lärosäten tillkommer utmaningar med att rekrytera studenter till dessa platser och att lösa ersättningsbeloppen för fler helårsstudenter. Utbildningsanordnare kommer, även om de får mer resurser, att i högre grad behöva tillvarata stordriftsfördelar i utbildningen. Det betyder att utbildningen kan få en (större) slagsida mot så kallade kodifierbara kunskaper, det vill säga kunskaper som kan beskrivas och läras ut som recept och därför också är lätta att testa även för stora studentgrupper med standardiserade prov. Förmågan att derivata en matematisk funktion är ett exempel på kodifierbar kunskap som skiljer sig från den logiska analytiska förmåga som också förknippas med att vara bra på matematik.²⁹ Om ingenjörsutbildningen har fokus på kodifierbar kunskap, läggs tonvikten på den typ av färdigheter och uppgifter som maskiner blir allt bättre på, det vill säga mönsterbaserat arbete.³⁰

Det här är en ekvation som inte går ihop i längden, och därför kommer frågan om framtidens behov av STEM-kompetenser, både inom och utanför det vi tänker på som STEM-yrken, att kräva en strukturomvandling på kompetensförsörjningsutbudet.

Från förutsägbarhet till anpassningsbarhet

Den högre utbildningen, kanske framför allt ingenjörsutbildningar, har formats med ambitionen att förutsäga arbetsmarknadens kompetensbehov och utforma utbildningsprogram för att matcha dessa behov på ett kvalitetssäkrat vis. För en fem-årig civilingenjörsutbildning betyder det att man behöver förutsäga framtidens kompetensbehov med tillräcklig precision på fem till tio års sikt. Det är något som troligen bara kommer bli svårare. Mitt i en samhällsomfattande strukturomvandling – präglad av digitalisering i bred bemärkelse, utvecklingen inom AI och den gröna omställningen – ökar behovet av tekniska kompetenser inom olika områden, men de blir också allt svårare att förutsäga eller detaljplanera.³¹

Det här ställer ökade krav på både heterogenitet och anpassningsbarhet i utformningen av morgondagens kompetens. Behovet av teknisk expertis blir mer varierat inom olika delar av ekonomin och förändras bitvis snabbare, medan behovet av kompletterande kompetens om exempelvis tillämpningsområde eller bransch växer i betydelse. Utbildningar som kombinerar STEM-ämnena med

26 Autor, 2015.

27 Empiriska undersökningar visar att andelen jobb i mitten av lönedistributionen sjunker, inte i första hand för att människor slås ut från arbetsmarknaden utan för att de har fått högre lön, vilket bland annat kan förklaras av att de med hjälp av ny teknik har kunnat höja sin produktivitet.

28 Oesch & Piccitto, 2019.

29 Förmågan att derivata en matematisk funktion är ett exempel på kodifierbar kunskap, medan den ökade logiska analytiska förmåga som vi förknippar med att vara bra på matematik är ett exempel på tyst kunskap (*tacit knowledge*). Att testa tyst kunskap är resurskrävande och väldigt svårt att skala upp för större studentgrupper.

30 Wernberg, 2019.

31 Andersson & Wernberg, 2020.

andra ämnen, som industriell ekonomi, har vuxit i popularitet hos både studenter och arbetsgivare, något som vittnar om att det finns en tydlig efterfrågan på sådana kompetensprofiler. Samtidigt är dessa utbildningar fortfarande begränsade av en strikt programstruktur. Eftersom den pågående strukturomvandlingen, i paritet med tidigare industriella revolutioner, omfattar stora delar av ekonomin är det svårt att säga något säkert om utfallet, och efterfrågan kommer att förändras snabbt.³² Bristen på förutsägbarhet innebär att det behöver bli enklare för utbildningsanordnare att löpande förändra utbudet av kurser samt för studenter att anpassa sin egen utbildning och kompetens under studiernas gång, för att exempelvis möta signaler om förändrad efterfrågan från tänkbara arbetsgivare. Mer heterogena kompetensprofiler kan dessutom komplettera varandra och bidra positivt till kreativitet och innovationsförmåga på grupp-nivå.³³ Ökad anpassningsbarhet syftar med andra ord inte enbart till studenternas förmåga att forma sin utbildning efter intresse, utan också till arbetsgivares förmåga att signalera vad som på kortare sikt stärker studenternas anställningsbarhet gentemot både utbildningsanordnare och studenter. Den typen av löpande återkopplingsmekanism kan också gynna utbudet av kurser för vidareutbildning under hela arbetslivet.

Säkra framtida kompetensbehov inom teknik

Den pågående samhällsomfattande strukturomvandlingen ställer krav på andra typer av förändringar än att enbart förändra balansen i existerande utbildningsströmmar. Det som vi har sett i vårt arbete är ett behov av att på sikt få en bredare förståelse för vad som är relevant STEM-kompetens. Den praktiska tekniska expertisen kommer att

bli allt viktigare för implementering av användning av AI, och det kommer även att bli viktigt att de som genomgår utbildningar på alla nivåer får rätt tekniska kunskaper och kompetenser med sig.

En viktig fråga blir hur man ska balansera kvalitet mot kvantitet inom ingenjörsutbildningar och i andra delar av den högre utbildningen. Till detta kommer vår övertygelse att praktiska inslag i utbildningen och kontakt med arbetslivet är avgörande för utbildningens kvalitet. Redan idag utgör bristen på praktikplatser en flaskhals i många utbildningsformer.

Elever i grund-, gymnasie- och högskolan behöver möta yrkesverksamma i högre utsträckning. Den idag lösa kopplingen mellan ungdomar och yrkesverksamma inom olika branscher beror på flera olika saker. Det har blivit allt mindre samverkan mellan skola och det omgivande samhället, och högre utbildning tar ofta bort praktiska moment för att hålla kostnaderna nere. Därtill har många helt enkelt inte sett behovet av att få in ungdomar på arbetsplatsen. Tekniskt basår är en välfungerande metod för att nå de unga med goda studieresultat som inte valde STEM-inriktade program på gymnasiet. Genomströmningen för studenter som valt basåret är generellt bättre än bland de som inte gått basåret. Studenterna ges baskunskaper i matematik och fysik som de behöver nästan oavsett vilket ingenjörsprogram de läser. Sammantaget behöver vi se över dessa aspekter av att utveckla relevant teknisk expertis som kan styra den tekniskt drivna strukturomvandlingen i samhället.

Utifrån denna sammanställning kan man diskutera åtgärder som stärker den generella tekniska användarkompetensen i Sverige, det vill säga förmågan att förstå och använda teknik på ett ändamålsenligt sätt. I takt med att digitalisering och AI blir alltmer integrerade i samhället ökar också efterfrågan på denna typ av kompetens.

32 World Economic Forum, 2016; Bughin m.fl., 2018.

33 Page, 2007.

Referenser



- Agarwal, N., Moehring, A., Rajpurkar, P. & Salz, T. (2023). *Combining Human Expertise with Artificial Intelligence: Experimental Evidence from Radiology* (No. w31422). National Bureau of Economic Research.
- Andersson, M., Kusetogullari, A. & Wernberg, J. (2021). Software development and innovation: Exploring the software shift in innovation in Swedish firms. *Technological Forecasting and Social Change*, 167(4), 120695. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120695>
- Autor, D. H., Levy, F. & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279-1333. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>
- Autor, D., Mindell, D. A. & Reynolds, E. B. (2023). *The Work of the Future: Building Better Jobs in an Age of Intelligent Machines*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/14109.001.0001>
- Brynjolfsson, E. & Hitt, L. M. (2003). Computing Productivity: Firm-Level Evidence. *Review of economics and statistics*, 85(4), 793-808. <https://doi.org/10.1162/00346530372815736>
- Bughin, J., Hazan, E., Lund, S., Dahlström, P., Wiesinger, A. & Subramaniam, A. (2018). Skill shift: Automation and the future of the workforce. *McKinsey Global Institute*, 1(2018), 3–84. Hämtad från <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce>
- Ensmenger, N. L. (2010). *The Computer Boys Take Over: Computers, Programmers, and the Politics of Technical Expertise*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262050937.001.0001>
- Goldin, C. & Katz, L. F. (2018). The Race between Education and Technology. In *Inequality in the 21st Century* (pp. 49-54). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429499821-10>
- Greiff, S., Jaster, C., Kretzschmar, A. & Mainert, J. (2015). Learning to Lifelong Learn. Thematic Report, proceedings of LLLight'in'Europe research project. Hämtad från https://www.lllightineurope.com/fileadmin/lllightineurope/download/LLLight_Learning_to_Lifelong_Learn_thematicreport_TR1_20150922.pdf
- Hidalgo, C. (2015). *Why information grows: The evolution of order, from atoms to economies*. Basic Books.
- IVA. (2024). *Det är ju inte allmänbildning direkt, 10–15-åringars syn på naturvetenskap och teknik*. Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA). Hämtad från <https://www.iva.se/publicerat/rapport-det-ar-ju-inte-allmanbildning-direkt/>
- Levy, F., & Murnane, R. J. (2004). *The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market*. Princeton University Press.
- OECD. (2016). *Skills for a Digital World. Policy brief on the future of work, December 2016*. Hämtad från <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-issues/future-of-work/skills-for-a-digital-world.pdf>
- Oesch, D. & Piccitto, G. (2019). The Polarization Myth: Occupational Upgrading in Germany, Spain, Sweden, and the UK, 1992–2015. *Work and Occupations*, 46(4), 441-469. <https://doi.org/10.1177/0730888419860880>
- Page, S. E. (2007). *The Difference: How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms, Schools, and Societies (New Edition)*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt7sp9c>

Referenser

- SCB. (13 december 2023). *Arbetskraftsbarometern 2023*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/utbildning-samt-forskning-inom-hogskolan/analyser-och-prognoser-om-utbildning-och-arbetsmarknad/arbetskraftsbarometern/pong/statistiknyhet/arbetskraftsbarometern-2023/>
- Thompson, C. (2019). *Coders: Who They Are, What They Think and How They Are Changing Our World*. Pan Macmillan.
- Techsverige (2024). *Nutid och framtid för AI – Tre rundabordssamtal om förutsättningar för AI i Sverige*. Techsverige, Stockholm. Hämtad från <https://digitalskillsjobs.se/aktuellt/blogg-skills-intelligence/svensk-rapport-nutiden-och-framtiden-for-ai/>
- Tillväxtanalys (2020). *Framtidens digitala kompetensbehov – en delphiinspirerad studie*. Rapport 2020:11. Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser. Hämtad från https://www.tillvaxtanalys.se/download/18.62dd45451715a00666f1d3c8/1586366175843/PM_2020_11_Framtidens%20digitala%20kompetensbehov.pdf
- Tillväxtanalys (2022). *Varför AI? Förutsättningar, möjligheter och hinder för företag att använda AI*. Rapport 2022:11. Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser. Hämtad från https://www.tillvaxtanalys.se/download/18.316bf6a2183ea01c86b2b2e9/1668003835555/Rapport_2022_11_Varfo%CC%88r%20AI_%20of%C3%B6ruts%C3%A4ttningar,%20m%C3%B6jligheter%20och%20hinder%20f%C3%B6r%20f%C3%B6retag%20att%20anv%C3%A4nda%20AI.pdf
- Tillväxtanalys (2024) *Arbetskrafts- och kompetensbrist – En kunskapsöversikt*. Rapport 2024:01. Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser. Hämtad från https://www.tillvaxtanalys.se/download/18.190a5bc218d872d167275183/1709114797956/2024_01_Arbetskraft_och_%20kompetensbrist_AG.pdf
- Valiant, L. (2024). *The Importance of Being Educable: A New Theory of Human Uniqueness*. Princeton University Press.
- World Economic Forum. (2016). The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. *Global Challenge Insight Report*, 1-167. Hämtad från https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
- Wernberg, J. (2019). *Människor, maskiner och framtidens arbete*. Entreprenörskapsforum. Hämtad från https://entreprenorskapsforum.se/wp-content/uploads/2019/06/Rapport_Wernberg_web.pdf
- Wernberg, J. (2025). *Från IT till AI: digitalisering, artificiell intelligens och strukturomvandling i svensk ekonomi*. Expertrapport till Produktivitetskommissionen FI 2023:02. Finansdepartementet. Hämtad från https://www.sou.gov.se/globalassets/nyheter/2025/04/fran-it-till-ai_final_.pdf
- Wernberg, J. & Andersson, M. (2022). *Kompetensförsörjning under en pågående industriell revolution – En kartläggning av digitalisering och efterfrågan på digital spetskompetens i näringsliv och offentlig sektor*. Tillväxtverket. Hämtad från <https://digitalspetskompetens.se/wp-content/uploads/2022/11/Kompetensforsorjning-underpagaende-industriell-revolution.pdf>

Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien är en fristående akademi med uppgift att främja tekniska och ekonomiska vetenskaper samt näringslivets utveckling. I samarbete med näringsliv och högskola initierar och föreslår IVA åtgärder som stärker Sveriges konkurrenskraft.

Utgivare: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), 2025

Box 5073, SE-102 42 Stockholm

Telefon: 08-791 29 00

Projektets arbetsgrupp

Anna Ekström, IVAs avdelning Företagande och ledarskap

Anette Hallin, professor, Mälardalens Universitet

Joakim Wernberg, forskare, Ratio

Christer Norström, IVAs avdelning Informationsteknik

Charlotte Brogren, IVAs avdelning Utbildning och forskning

Cecilia Hermansson, IVAs avdelning Ekonomi

Sandra Olivera Sanchez, Industriråd

Ylva Fältholm, IVAs avdelning Maskinteknik

Tack till Magnus Wallerå, generaldirektör för Myndigheten för yrkeshögskolan, för input till arbetsgruppens tidiga diskussioner.

IVA-R 527

ISSN: 1100-5645

ISBN: 978-91-89181-73-1

Författare: Anna Ekström, IVAs avdelning Företagande och ledarskap, och Joakim Wernberg, forskare Ratio

Projektledning: Alva Appelgren, projektledare, IVA

Caroline Ingvarsson, projektledare, IVA

Caroline Lagergren, koordinator, IVA

Språkgranskning: Emelie Nord, IVA

Layout: Pelle Isaksson, IVA

Denna sammanställning finns att ladda ned på www.iva.se.



Kungl. Ingenjörsvetenskaps
Akademien