

Färdplan

Teknik, material och förmågor för hållbar industriell konkurrenskraft

En analys av den svenska industrins behov av kontinuerlig digitalisering, materialomställning, innovations- och transformationsförmåga samt kompetensförsörjning, i nuläget och 15 år framöver.

Utförd av RISE med finansiering och stöd från Teknikföretagen och Vinnova.

Version 1.0. Lanserad 6 maj 2020.



Research
Institutes
of Sweden



Teknikföretagen

Framställd med stöd av

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

Programförklaring

Sverige har länge haft ett framgångsrikt näringsliv och i relation till befolkningens mängden många stora internationellt lyckosamma industriföretag och en uppsjö framgångsrika små företag. Trots att antalet industrijobb successivt minskat sedan mitten av 1960-talet så spelar de stora industriföretagen alltjämt en mycket viktig roll för sysselsättningen. Förutom de direkt anställda så skapar industriföretagen indirekt ca 2–3 gånger så många jobb, inte minst inom servicesektorn och i underleverantörsledet. Sverige har också en förhållandevis bred industristruktur med klassisk basindustri som stål-, kemi- och skogsindustrierna som en viktig del och verkstadsindustrin som en annan. Vår position rankas bland de främsta i världen vad gäller forskning, utveckling och innovationskraft. Även här spelar industrin en viktig roll – exempelvis står näringslivet för ca 70% av Sveriges totala FoU-insatser. Sveriges inträde i EU år 1995 har också inneburit mycket positivt för näringslivet – inte minst genom skapandet av den inre marknaden.

Likväl står näringslivet i Sverige – liksom i hela EU – inför stora utmaningar, såväl geopolitiska som strukturella. USA som rör sig mot en alltmer protektionistisk position. Kina expanderar sin industri kraftigt både i och utanför landet, och hindrar samtidigt tillgången till sin hemmarknad för många icke-kinesiska företag. Industrin påverkas därtill av den minskade tilltron till globaliseringen som en följd av finanskrisen och det förändrade politiska landskapet, samt förstås av Storbritanniens beslut att lämna EU. Klimatutmaningen ställer också stora krav, men öppnar även upp helt nya affärsmöjligheter – inte minst genom ett ökat fokus på fossilfria produkter och processer, på resurseffektivitet, på nya material och på en övergång till hållbara affärsmodeller. Inom elektrifieringen av transportsektorn finns flera exempel på detta. Samtidigt finns en utbredd oro för den långsiktiga energiförsörjningen i Sverige. Även digitaliseringen – med automatisering, artificiell intelligens och maskininlärning – ställer nya krav på näringslivet men öppnar också, med tillgång till rätt kompetens, upp för helt nya möjligheter. En gemensam nationell fokusering på för svenskt näringsliv viktiga områden är därför helt nödvändig för att säkerställa existerande industris konkurrenskraft samt för att utveckla nya industriföretag för en global marknad.

Under regeringens förra mandatperiod initierades ett antal samverkansprogram där fem svenska styrkeområden pekades ut vari staten och industrin investerar tillsammans i framtiden. Det handlade om nya sätt att resa, bo, skapa industriell nytta, göra affärer, leva, kommunicera samt tillvarata och bevara jordens resurser och ekosystem. Samverkan mellan offentliga aktörer, näringsliv och akademi har under lång tid varit framgångsrikt i Sverige med många exempel där samverkan och kraftsamling kring innovationsinsatser gett goda resultat utifrån de resurser som satsats.

Ett av samverkansprogrammen fokuserade på Uppkopplad industri och nya material. Den snabba tekniska utvecklingen möjliggör digitaliserad produktion, nya sätt att bemöta kunder och förändrade affärsmodeller. Nya ekologiskt hållbara material, molntjänster, automation, robotik och additiv tillverkning skapar möjligheter inom alla branscher och användningen krävs för att klara konkurrenskraften i Sverige. Dessutom är hållbara material och avancerad miljö- och klimatteknik några av nycklarna för att uppnå en mer effektiv och hållbar produktion. Detta samverkansprogram var således nära knutet såväl till regeringens nyindustrialiseringsstrategi Smart industri som till att möta flera av de stora samhällsutmaningarna.

Samverkansprogrammen avslutades formellt i maj 2018, men för att driva arbetet vidare med de utpekade prioriteringarna initierade Vinnova och Teknikföretagen gemensamt ett arbete med att ta fram en färdplan för svensk industri inom området uppkopplad industri och nya material. Projektet, som drivits i samarbete med RISE, syftar till att samla relevanta industriaktörer för att gemensamt arbeta fram en färdplan för svensk industri till grund för prioriteringar, strategiarbete och policy. Ambitionen är att färdplanen ska bli väl förankrad hos ett stort antal industriföretag i Sverige och bygga på tydliga industriella behov, med slutsatser som är relevanta och användbara också i enskilda företags strategiarbete.

I juli 2019 beslöt regeringen att fortsätta fokusera på samverkan och lanserade fyra nya samverkansprogram. Även dessa bygger på målsättningarna att stärka Sveriges globala innovations- och konkurrenskraft och att möta de stora samhällsutmaningarna. Programmen fokuserar mot i) Näringslivets digitala strukturuomvandling, ii) Hälsa och *life science*, iii) Näringslivets klimatomställning och iv) Kompetensförsörjning och livslångt lärande. Tre av dessa områden (i, iii och iv) ligger också helt i linje med vad som Färdplansprojektet redan identifierat som några av de mest framträdande områdena.

Föreliggande rapport presenterar en första färdplan för svensk industri och pekar ut ett antal viktiga områden och förslag som förhoppningsvis kan bidra både i samverkansprogrammets fortsatta arbete och för att fördjupa andra pågående arbeten relaterade till svensk industris konkurrenskraft. Det är också förhoppningen att själva arbetet med färdplanen även kommer att leda till effekter som ökad samverkan, samsyn och fortsatt dialog, och en process för hur svensk industri kan samlas kring gemensamma framsynta analyser och färdplaner. Då omvärlden och industrins förutsättningar kontinuerligt förändras kommer färdplanen att behöva regelbunden översyn och uppdatering.

Jan-Eric Sundgren

STYRGRUPPSORDFÖRANDE "Färdplansprojektet"

Förord: Coronakrisen och Färdplan

Rapporten "Färdplan – teknik, material, förmågor för hållbar industriell konkurrens-kraft" var i princip färdig i början av mars 2020, med lansering planerad till början av april. Plötsligt kom då coronapandemin och ändrade alla förutsättningar. För Färdplansarbetet, för svensk industri och för en stor del av världens befolkning.

Ovanpå ett akut folkhälsoläge och restriktioner i samhället ryckte pandemin på några få veckor undan mattan för stora delar av näringslivet. Leveranskedjor har slagits sönder både inom Sverige, Europa och globalt, små och stora företag har tvingats permittera eller varsla personal. Samhällets – människornas och ekonomins – sårbarhet har blivit uppenbar. Det näringsliv som ska generera skatteintäkter för att finansiera vår gemensamma välfärd har fått sig den tuffaste tacklingen sedan andra världskriget, som det kommer att ta tid att hämta sig från. Konsekvenserna ser, trots regeringens kraftfulla åtgärder, ut att bli en historiskt djup lågkonjunktur, minskad BNP med flera procent, rekordhög arbetslöshet och risk för inflation.

Samtidigt var svensk industri före corona mitt inne i två stora omställningar – en ny våg av digitalisering med AI som ledstjärna och en transformation mot hållbarhet. Båda omställningarna hade bara hunnit börjat generera nya produkter, tjänster och affärsmodeller. Hur dessa omställningar fortgår efter coronakrisen förblir oklart åtminstone tills industrins hjul börjat snurra igen. Och om industrin ska komma igång igen krävs till en början att de stöd som regeringen aviserat når de företag där de gör mest nytta, att regionala värdekedjor kommer igång på nytt och att transporterna inom EU och i världen åter börjar fungera. På lite längre sikt måste även finansmarknadens ägartillskott till forskningsintensiva tillväxtbolag säkras, liksom likviditetsbehovet hos startups som står i begrepp att skala upp sin verksamhet. Även investeringar i forskning och utveckling behöver säkras för fortsatt industriell konkurrenskraft.

Två saker som coronakrisen redan lärt oss är att digitaliseringen av samhället kommer att accelerera, och att industrin behöver öka marginalerna i och säkra sina leveranskedjor. Coronakrisen visade hur snabbt vi kunde öka förmågan att digitalisera våra arbetssätt, med distansarbete och ett uppsving för e-handeln i nya kretsar. Mer robusta leveranskedjor kommer att kräva mer och smartare digitalt stöd för dessa, och givetvis att EU:s öppenhet för gods efterlevs.

Färdplanrapporten understryker vikten av att arbeta med scenarion och omvärldsanalys, att omsätta slutsatserna från dem till strategier och att genomföra de förändringar som krävs för att stärka såväl motståndskraften som konkurrenskraften i industrin – och därmed visa prov på dynamisk kapabilitet. Färdplanen lyfter fram centrala områden som behöver utvecklas inom digitalteknik, materialomställning och förmågor för robust konkurrenskraft och en hållbar samhällsutveckling. Den belyser även vikten av kompetensstrategi på såväl nationell nivå som inom företagen. Flera slutsatser är aktuella under pågående krishantering, andra bör planeras för redan idag inför återstarten av industrin. Slutsatserna kommer att vara högaktuella när de akuta sjukdomseffekterna av coronaviruset klingat av.

När stora delar av samhället står still blir det än viktigare att mobilisera för en konkurrenskraftig industri. När många aktörer bekämpar själva pandemin behöver andra aktörer bygga för framtiden. I det krisläge vi nu står inför där välfärdens motor – industrin – till stor del tvärbromsat, så blir Färdplanens slutsatser än viktigare. Det är nu det gäller att engagera berörda målgrupper för att ta till sig materialet och att utveckla Färdplanen vidare tillsammans.

Stockholm i april 2020

Klas Wahlberg
VD TEKNIKFÖRETAGEN

Pia Sandvik
VD RISE

Jan-Eric Sundgren
STYRGRUPPSORDFÖRANDE

Innehåll

Programförklaring	2
Förord: Coronakrisen och Färdplan	3
Innehåll	4
1 Slutsatser och avgränsningar	5
2 Nuläge, mål och förslag på åtgärder	6
2.1 SWOT Svensk industri, december 2019	8–9
2.2 Förslag på åtgärder för att uppnå hållbar industriell konkurrenskraft	10
3 Sju spaningar	12
3.1 Teknikutvecklingen och hållbarhetsmålen	13
3.2 Alla pratar om klimatet och många planerar att göra något åt det	13
3.3 Alla vill ha AI, och allt kopplas upp	14
3.4 Autonoma fordon kommer sakta men säkert	15
3.5 Stora bolag anammar entreprenörskap	16
3.6 Små företag behöver mer än pengar	17
3.7 Vad växer exponentiellt?	17
4 Fem målbilder	18
4.1 Materialomställning	19
4.2 CO ₂ -omställning	20
4.3 Autonom omställning inom industrin	21
4.4 Tjänstefiering	22
4.5 Innovationsinfrastruktur	22
5 Digitalisering för transformation	24
5.1 Människan i samspel med digital teknik	26
5.2 Tillämpad AI	27
5.3 Digital integration och basinfrastruktur	28
5.4 Cybersäkerhet	29
5.5 Programvaruutveckling	30
6 Materialomställning	32
6.1 Metalliska material för hållbart samhälle	34
6.2 Avancerade smarta material	35
6.3 Additiv tillverkning	36
6.4 Bioekonomi – biobaserade material, produkter och kemikalier	37
6.5 Spårbarhet	39
7 Nödvändiga förmågor för Sveriges konkurrenskraft	40
7.1 Kompetensstrategi	41
7.2 Förmågor för transformation	42
7.3 Ny affärslogik	44
8 Metod och medverkande	47

1. Slutsatser och avgränsningar

Denna Färdplan tar temperaturen på industrin i Sverige och spanar 15 år framåt, i syfte att stärka industrins konkurrenskraft. Arbetet har inkluderat ett tiotal workshops, ett trettiotal intervjuer med företrädare för stora och små företag, industriorganisationer och forskare samt inläsning av cirka 200 skriftliga källor. Rapporten bygger på input från dessa källor och analys därav. Projektet är utfört av RISE, i samarbete med och finansierat av Teknikföretagen och Vinnova.

De slutsatser som nåtts är optimistiskt präglade. Den viktigaste slutsatsen är att klimatfrågan skapar möjligheter till nya affärer, innovation och engagemang. Det är tydligt att svensk industri på olika sätt omfamnar dessa möjligheter. Klimatfrågan har faktiskt potential till att bli en enande kraft för hela nationen, och Sverige kan bli en global ledare inom industriell klimatomställning vilket även skulle öka nationens attraktionskraft som samarbetspartner inom en rad områden.

Den kommersiella logiken bottenar i teknikutvecklingen och tvärorganisatorisk samverkan. Digitaliseringen – där AI, artificiell intelligens, är inkluderat – möjliggör en tjänstefiering av industrin, som driver fram resurseffektivisering, som i sin tur – ofta med nya material som ingrediens – driver fram cirkulärt tänkande, som driver på omställningen för ökad hållbarhet. Stärkt konkurrenskraft blir därmed såväl konsekvens som önskvärt mål. Strukturrellt resulterar utvecklingen därtill i nya bransch- och sektoröverskridande samarbeten, och nya industriella ekosystem där företag, branscher och akademiföreträdare möts.

En relaterad slutsats är att AI spelar en huvudroll för klimatomställningen. AI är, jämte IoT (Internet of Things) och kontinuerligt uppgraderad digital infrastruktur, en naturlig fortsättning på den digitaliseringsresa som hela den svenska industrin genomgår. Kontentan av inputen till Färdplanen är att vi kan använda digitalisering och AI för att "rädda planeten och behålla mänskligheten på jorden". Detta jämte ökad användning av förnybara bränslen, minskat slöseri med energi och andra resurser (där AI förvisso också har en roll) och punktinsatser för bland annat stål- och cementproduktion.

Därtill kommer att nya material och substanser – biobaserade, interagerande, smarta, ofta nanoteknikbaserade – har stor potential att, exempelvis genom substitution av fossila motsvarigheter, driva hållbar och konkurrenskraftig utveckling under rätt premisser.

Men ny teknik räcker inte för att stärka konkurrenskraften. Lika viktigt är att utveckla förmågan till transformation. Det handlar om förändringskultur, affärsmodeller som tjänstefiering och cirkularitet, nya arbetssätt, ökad samarbetsförmåga och agilitet. Och detta gäller inte bara företag – även staten, inklusive universitet, högskolor och forskningsinstitut, måste ta ansvar för sin omställningsförmåga. Frågan om transformation är strategisk och måste därför ligga på styrelsenivå för att få genomslag i organisationen.

Hållbar transformation kräver både spetskompetens och bredd, såväl inom de olika teknikområdena som vad gäller själva transformationsarbetet. Spets kräver satsningar från såväl staten som akademien och företag med ambition att ligga i frontlinjen. Spets är nödvändigt men inte tillräckligt för att nå bredd – om "alla ska med" måste därtill breddprogram formuleras.

Föga förvånande råder i dagsläget stor osäkerhet kring hur många av omställningarna och transformationerna ska finansieras. Industrin kan göra mycket själv, men inte allt. Fokuserade, strategiskt långsiktiga statliga satsningar måste också till.

Hur industristrukturen förändras på 15 år är naturligtvis också en fråga där mycken osäkerhet råder. Sverige har, trots framgångsrika digitala företag som Spotify, Skype, Mojang och Klarna, hittills inte upplevt samma omsättningshastighet bland de riktigt stora bolagen som USA och Kina. Förvisso skapas 80 procent av alla nya jobb i mindre företag, men storbolag som Atlas Copco, Electrolux, Ericsson, Scania, AB Volvo och Volvo Cars toppar alltså listorna över de största industriföretagen i Sverige. Huruvida detta kommer att ändras framöver återstår att se.

Arbetet med denna Färdplan har fokuserat på ett antal teknikområden, främst inom digitalisering och nya material, samt på nödvändiga förmågor för industriell transformation. Då dessa områden även är i stort behov av kompetensutveckling och kompetenslyft har även ett sådant avsnitt inkluderats.

Uppdraget har explicit exkluderat vissa områden där andra utredningar haft sina fokus, däribland life science-branschen, livsmedelsbranschen, energiförsörjningen och den fysiska infrastrukturen.

2. Nuläge, mål och förslag på åtgärder

Bilden av svensk industri och dess framtida konkurrenskraft är i dagsläget tudelad. Optimisterna pekar på en basindustri med lika stolta anor som ekologiskt präglad framtidstro, en verkstadsindustri med globalt starka varumärken och stora satsningar på forskning och utveckling och en telekomindustri med världsledande patentportfölj. Optimisterna pekar också på en teknikbejakande befolkning, flera ”enhörningar” (startups värderade till minst en miljard dollar) och mängder med bubblande nystartade bolag samt möjligheter inom EU:s gemensamma program för ett Sverige som tack vare socialt betingad tillit och samverkansförmåga drillad av skolans grupparbeten landar högt i innovationslistorna. Och förstås de enorma möjligheterna som öppnas med nya teknologier som AI, artificiell intelligens.

Men många väljer att istället fokusera på utmaningarna. För stunden är fokus coronakrisen och dess följder, inte minst Sveriges ojämna grad av självförsörjning på råvaror. Men de nämner även ökande konkurrens från Kina och låglöneländer, allt mer protektionism i omvärlden, nedåtgående FoU-investeringar i industrin, avsaknad av statlig FoU-strategi, brist på svenska universitet i global toppklass, ont om riskvilligt kapital, dålig samordning mellan offentliga och privata satsningar och tröghet i många företags förändringsarbete från styrelser och nedåt. Till det kommer sviktande möjligheter till elektriskt effekttag i många kommuner, ett anorektiskt järnvägsnät, försenad 5G-utrollning, kompetensbrist och ungdomar som hellre vill bli influencers i sociala medier än jobba i industrin, en global teknikutveckling som accelererar snabbare än industrin hinner anamma, och en stelbent lagstiftning på efterkälken inom allt från datahantering till mineralprospektering. Och förstås alla de hot som AI öppnar dörren för, och som sätter fingret på utmaningar som cybersäkerhet, integritet och människans roll i ett digitaliserat samhälle.

Staten och myndigheterna väljer oftast den optimistiska synen, medan industrin och dess organisationer ofta väljer den andra, åtminstone då samverkan och samarbete står på agendan.

Till detta kommer hållbarhetsfrågan. Här har en remarkabel förändring skett i svensk industri de senaste åren, då synen på hållbarhet gått från ett hot till en potentiell konkurrensfördel. Att en övervägande del av alla inspel till den kommande forskningspropositionen betonar hållbarhetsfrågorna är ett tecken i tiden, liksom industriorganisationernas uppslutning kring initiativet Fossilfritt Sverige. Förvisso ropar många av dessa inspel och CO₂-färdplaner på mer eller mindre massiva statliga insatser, men de indikerar likväl en medvetenhet och en beredvillighet att se utmaningarna kring ekologisk och

ekonomisk – och i viss mån även social – hållbarhet som sporrande snarare än sänkande. Tämligen stark konsensus verkar råda kring att hållbarhet, rätt hanterat, kan bli en svensk industriell paradgren.

Denna rapport syftar till att identifiera de teknikområden och förmågor som svensk industri behöver för att stärka sin konkurrenskraft på 15 års sikt, men många av slutsatserna och rekommendationerna är aktuella på betydligt kortare horisont än så. Rapporten lyfter också ett antal områden som behöver förstärkas på systemnivå – kompetensstrategi, elsäkerhet, regleringar etc – eftersom industrin påtalat dem så unisont.

Hur lång tid 15 år faktiskt är illustreras kanske bäst av att blicka lika långt bakåt i tiden. Då, kring 2005, tillverkade Saab fortfarande personbilar och Tesla hade ännu inte sålt en enda elbil. Nokia dominerade mobilförsäljningen, och mobilnäten var av modell 3G. Iphone och Android var okända storheter, och Christer Fuglesang hade ännu inte varit ute i rymden. Facebook var ett internt påhitt på Harvard. Få anade vilket genomslag de nylanserade dataspelen World of Warcraft, Counterstrike och sedermera svenska Minecraft skulle få. Ingen hade hört talas om Pewdiepie eller Avicii.

I den svenska politiken var Alliansen nybildad, och Sverigedemokraterna satt inte riksdagen. USA hade inte upplevt Barack Obama som president, och i Tyskland kandiderade Angela Merkel till förbundskansler för första gången. Global uppvärmning var det bara ett fåtal forskare som var intresserade av – övriga världen oroade sig mest för ”peak oil”. Lehman Brothers var ett aktat varumärke. Kinas BNP var en sjättedel av USAs.

En spaning från 2005 om hur världen skulle se ut 2020 hade nog knappast inkluderat Donald Trump, Greta Thunberg, Kinas tillväxt, GDPR eller coronavirus. Den som påstått att vi skulle få mobiler med fler appar än vi kan räkna, eller globalt tillgängligt mobilt internet i hög hastighet hade möjligen blivit trodd av entusiasterna. Humorn i synen av tvååringen som hopplöst försöker svajpa med sitt lilla finger över den dumma tv-skärmen hade inte gått att förklara, inte heller vår besatthet av sociala medier. Så sett ur det perspektivet blir förstås frågan hur världen ser ut 2035 omöjlig att svara på.

Ett vanligt sätt att förbereda sig för det okända är scenarioplanering, något som såväl statliga organ som privata företag använder sig av. Rätt utfört är metoden ett fruktbart sätt att ta höjd för geopolitiska och andra förändringar och de konsekvenser de kan tänkas få för den egna organisationen, eller för företaget och dess kunder.

Ett företag som systematiskt arbetar med scenarioplanering är Scania. I sina framtidsscenarier utgår de från ett antal megatrender – ökad befolkning, ökad medelklass,

ökad urbanisering, maktskifte från väst till öst, och ett växande mobilt internet där allt blir uppkopplat. Samtidigt pekar deras analys på ett antal osäkerheter – klimatförändringar, hantering av naturresurser, hållbarhetspolitik, förändrade värderingar och innovationshastighet. Olika utfall här kan landa i tre scenarier, av Scania kallade ”evig tillväxt”, ”ny balans” samt ”krig om resurser”.

Vid scenariot ”evig tillväxt” har världen år 2035 fått nya indelningar. Ryssland har lierat sig med Kina och Indien och bildat ett kraftfullt östblock. I rika gröna städer lever den växande medelklassen gott, medan fattigare länder och regioner drabbats hårt av klimatförändringarna. Efterfrågan på högteknologi är stark, och konkurrensen hård, vilket för industrins del resulterar i ökade krav på produktivitet och funktionalitet. Nya lättare material, hybridlösningar och nanoteknologi står i fokus snarare än återvinning. Att allt är uppkopplat hjälper till att öka produktiviteten och flexibiliteten i produktionen, samtidigt som kraven ökar på IT-säkerhet då ägandet av data blir allt väsentligare. Konkurrensen om kompetent arbetskraft hårdnar också, då kunniga medarbetare – i synnerhet specialister och ingenjörer med flera domänkompetenser – byter jobb allt snabbare.

I scenariot ”ny balans” har världen istället fokuserat på hållbarhet och hårdare miljökrav. Luften är ren, och Kina har tagit en grön ledarroll i världen. Höga böter på utsläpp av CO₂ och NO_x har resulterat i biobaserade bränslen och hög grad av elektrifiering av fordonen. För att minimera transporterna sker produktion nära kund, i fabriker med egna solceller som ger överskott nog för närområdet. Materialvalen fokuserar på minimal energiåtgång, och på att undvika skadliga material. I produktionen har underhåll av maskiner och återvinning av material – inte minst med digital styrning – närapå eliminerat spill. För att rekrytera kompetent personal krävs ett gott renommé kring hållbarhet.

Vid ”krig om resurser” ser det helt annorlunda ut. I den världen har svag politik lett till protektionism, låga investeringar och dålig respekt för upphovsrätt. Stagnation och piratkopiering har blivit följden, liksom vägpirater och allmän brist på respekt för lag och ordning. Transporterna har minskat, och lastfordon byggs för att kunna drivas på vad som finns tillgängligt, exempelvis olja av måttlig kvalitet. Klimatkrisen har alstrat extremväder och pandemier, liksom brist på vatten. Företag fokuserar på produktion snarare än utveckling, och tvingas lagerföra allt högre mängder komponenter eftersom leveranserna är opålitliga. Automatiseringen har avtagit och produktionen sker i stor utsträckning manuellt.

Noterbart är att det för industrin finns stora affärsmöjligheter i alla dessa scenarier. Det som krävs är fokus på rätt saker, och vad som är rätt beror i stor utsträckning på hur omvärlden förändras.

Vilket av dessa scenarier som kommer att stämma bäst överens med verkligheten återstår förstås att se. Denna rapport utgår från en kombination av de två första – en värld som efter förmåga försöker kombinera global tillväxt och starkt fokus på hållbarhet. Huruvida detta sedan är det mest sannolika – eller om det ens är möjligt – är en större fråga än vad denna rapport belyser. Det finns geopolitiska strömningar som skulle kunna motivera ett scenario mer likt ”krig om resurser”. Samtidigt finns entusiaster som påpekar att om den installerade solenergin fortsätter växa exponentiellt så behöver vi i vart fall inte oroa oss för energiförsörjningen, se avsnitt 3.7.

Att arbeta med framtidsstudier, där scenarier för Sverige är en bland flera metoder, kommer att bli en viktig del av framtida Färdplansarbete, inte minst för att stärka förståelsen av omvärlden och öka handlingsberedskapen hos såväl stora som små företag som för offentlig sektor. Sådant framtidsarbete torde även stärka samverkan mellan aktörerna.

2.1 SWOT Svensk industri, december 2019

Denna SWOT illustrerar synpunkter på svensk industri som framkommit i Färdplansarbetet.

STYRKOR

- Tillit.
- Samverkansförmåga – mellan individer, företag, sektorer och branscher, samt mellan arbetsmarknadens parter.
- Innovationsförmåga.
- Teknikbejakande, IT-mogen befolkning.
- Utbrett hållbarhetsmedvetande i industri och samhälle.
- Stark basindustri – skog, gruvor, papper, stål, etc.
- Globalt framgångsrika storföretag, många i verkstadsindustrin.
- Starkt entreprenörskap inom digital tjänstedesign – spel, musik, fintech.
- Telekomindustri med världsledande patentportfölj.
- Flest ”enhörningar” (startups värderade till mer än en miljard dollar) per capita.
- Mängder av startups med internationell potential.
- Minimal byråkrati för att starta och driva företag.

SVAGHETER

- Nationell naivitet.
- Nationell förnöjdhet – vi ser inte hoten. Inte tillräckligt paranoida.
- Branscher, sektorer, kompetenser och myndigheter agerar i silon.
- Exportberoende ekonomi.
- ”Svenska paradoxen” – låg nationalekonomisk utväxling på stora FoU-insatser.
- Minskande FoU-investeringar i industrin.
- Svag statlig FoU-strategi, som i bästa fall sträcker sig en mandatperiod.
- Brist på universitet i global toppklass.
- Dålig samordning mellan offentliga och privata FoU-satsningar.
- Bristfällig offentlig upphandling, inte minst av innovationer, trots goda intentioner.
- Trögt för SME att komma in i svenska storföretag.
- Försenad 5G-utrullning.
- Stelbent lagstiftning när nya innovationer ska rullas ut.
- Långa handläggningstider för tillstånd – elnät, industrier, mineralbrytning etc.
- Kompetensbrist inom många teknologier, däribland AI och AM. Och förändringsförmågor.
- Ingen strategi för livslångt lärande.
- Ingen nationell strategi för att locka utländska topptalanger.
- Rädsla för att göra fel, i synnerhet i offentlig sektor.
- Test- och pilotanläggningar är inte tillräckligt marknadsorienterade.
- Otillräcklig omvärldsbevakning.
- Urholkad och sliten infrastruktur, t.ex elnät och järnvägar.
- Svårigheter att hantera kort och lång sikt.

MÖJLIGHETER

- AI-revolutionen.
- Digitalisering, 5G, IoT.
- CO₂-ledarskap med statlig och industriell samverkan.
- Starka industrisektorer som skogen och jordbruket kan bli ännu starkare med rätt samverkan.
- Stärkt förmåga att omsätta nya teknologier i innovationer.
- Locka utländska företag att bedriva FoU i Sverige.
- Uppskalning och internationalisering av innovativa startups.
- Positionera Sverige som ett föregångsland inom AI, hållbarhet och sektor- och branschöverskridande samarbeten.
- ”Sverige en internationell testbädd för hållbarhet och digitalisering”.
- Hållbarhet, kompetens och etik skapar attraktionskraft för ansvarsfulla investerare.
- Hållbara affärsmodeller.
- Tjänstefiering.
- Nya material (resurseffektiva, smarta).
- Bioekonomi.
- Ökad transformationsförmåga.
- Strategiska satsningar, långsiktiga över flera mandatperioder.

HOT

- Klimat- och hållbarhetskrisen.
- Global protektionism.
- Demografiska förändringar – minskande andel av befolkningen i förvärvsarbete.
- Ökande konkurrens från Kina och låglöneländer.
- Utländska aktörer köper upp strategiska svenska tillgångar.
- Svenska innovationer och startups köps upp av utländska aktörer.
- Ökat beroende av utländska råvaror och produkter.
- Industrispionage, cybersäkerhet.
- Global teknikutveckling springer ifrån Sverige.
- Andra länder satsar mer på utveckling.
- Industriell FoU-strategi styrs allt mer av utländska intressen – FoU flyttas från Sverige.
- Polarisering av samhället och växande extremism.
- ”Digitaliseringströtthet”.
- AI styr mer än människan kan hantera.

2.2 Förslag på åtgärder för att uppnå hållbar industriell konkurrenskraft

Det finns ett enormt starkt engagemang i industrin vad gäller att bygga en framtidssäker konkurrenskraft med hållbara förtecken. För att industrin ska kunna uppnå den önskade ökade konkurrenskraften i ett hållbart samhälle, och fullt ut ta vara på de affärsmöjligheter som digitalisering med AI och klimatomställningen innebär, så måste ett antal åtgärder genomföras. Företagen kan göra mycket själva, men inte allt. Forsknings- och utbildningsaktörer från grundskola till universitet och institut har givna roller att fylla. Ska den nya affärslogiken främja hela samhället är rätt initiativ från politiker och myndigheter också nödvändiga. Arbetet med Färdplan ger fog för optimism kring att klimatomställning faktiskt kan bli en svensk paradgren.

Förmåga till innovation och transformation hos företag, offentlig sektor, men även utbildningssektorn är nödvändiga för att tillgodose inhemska behov och bibehållen robust global konkurrenskraft. Dagens etablerade spelare måste överbrygga sektorgränser och se möjligheter i nya samarbeten. Nya strukturer behöver genereras i en ständig dynamisk process som innefattar såväl etablerade aktörer som växande startups och bolag under uppskalning.

Politisk uppgörelse högt upp på önskelistan

Sett ur industrins perspektiv är politikens roll att skapa förutsättningar för de transformationer som behövs för såväl konkurrenskraft som till omställning för ökad hållbarhet. Politikens roll blir därför att:

Etablera en industriuppgörelse. Idealet vore en industriuppgörelse som i likhet med försvarsuppgörelsen är blocköverskridande, och som helst sträcker sig över flera mandatperioder. Den bör innehålla:

- Ökade satsningar på industriell forskning, utveckling och innovation, och ett bejakande av entreprenörskap och startupmiljöer. Just en långsiktig nationell innovationsstrategi med rejäla satsningar på sådant som bedöms som strategiskt viktigt – och därmed mindre ”duttande” – är något som industrin skulle sätta stort värde på. I arbetet bör också ingå att vidareutveckla innovationsstödssystemet för ökat resultat av såväl offentliga som privata investeringar. Rätt utformad kommer en långsiktig nationell innovationsstrategi att upplevas som kvalitetsfylld, konkret och resultatorienterad av såväl små som stora företag.

- En strategi för offentliga investeringar och offentlig upphandling. Denna behöver vara klimatsmart, resurseffektiv, hållbar, livscykel fokuserad och innovationsdriven. Offentlig upphandling som motor för innovation är inte någon ny idé, men industrin vill gärna se att det offentliga går från ord till handling, och efterfrågar innovationsupphandling med fokus på hållbara, företrädesvis cirkulära lösningar där upphandling av tjänst snarare än produkt blir ett naturligt inslag. Innovation ska vara en del av den dagliga verksamheten, inte en underordnad försöksverksamhet.

- Rätt utförd kan en långsiktig industriuppgörelse lägga grunden för att Sverige som nation blir en internationell

testbädd för hållbarhet och digitalisering.

Reglera över domängrensarna. Att de existerande stöden till klimatomställande satsningar ska fortsätta är också viktigt, och de får gärna följas upp av domänöverskridande omregleringar exempelvis för att snabba upp tillståndsgivning för sådant som kan driva innovation och utveckling framåt, från mobilmaster till gruvbrytning.

Skapa en nationell kompetensstrategi. Jämte industriuppgörelsen behövs en nationell kompetensstrategi, även det en politisk fråga. Hur ska kompetensförsörjningen säkras långsiktigt? Hur ska livslångt lärande bli verklighet? Vilka topptalanger behövs i Sverige, hur ska vi locka hit dem och hur ska vi få de som finns här att stanna? Här pekar många industriföreträdare på Kanada och Nya Zeeland som två föregångsländer där inspiration kan hämtas. Kompetensstrategin är nödvändig för att Sverige ska kunna fostra en innovationskultur i världsklass.

Stärk den digitala infrastrukturen. Det gäller kommunikationsnät som 5G och fiber men också tillhörande elförsörjning. Industrin förväntar sig ”ständig uppkoppling”, en hundraprocentig tillgänglighet dygnet runt, med höga krav på att latenstiderna (fördröjningarna i näten) inte får vara för långa, och därtill stabilitet i den fördröjning som likväl finns. Den försenade 5G-tillståndsgivningen har skapat ett önskat hack i utvecklingskurvan som inte får upprepas. Att skapa avreglerade innovationszoner där tillstånd för exempelvis radiotrafik eller självkörande bilar erhålls automatiskt är en stark önskan.

Gynna hållbarhet på bekostnad av fossilt. Flytta de subventioner som idag går till fossilindustrin till mer hållbara satsningar, och driv på revision av europeiska lagar och regler för att gynna mer cirkulära och hållbara lösningar. Givetvis med frihandel som utgångspunkt.

Transformera statsapparaten också. Att myndigheter och offentliga organ själva tar ansvar för sin egen förändring och transformation kring digitalisering och hållbarhet är en förutsättning för positiv förändring, och något som industrin räknar med.

Bara de paranoida företagen överlever

Om nu politiken och myndigheterna drar dessa strån till stacken – vad kan och bör då företagen göra själva? Bland den viktigaste inputen till Färdplansarbetet har varit att det behövs en ”sense of urgency”, en samsyn om att snart sagt varje företag står inför en viktig förändringsresa och att denna kräver mer input från omvärlden, aktivt styrelsearbete, proaktivt strategiarbete, investeringar och en insikt om att förändring är det nya normala. Företagen bör således:

Bevaka hela världen. Stärk omvärldsbevakningen och förmågan att snabbt agera på förändringar i omvärlden. Utmaningen här är att sovra bland all information som finns, och då inte bara ”leta där det är ljus”. Som exempel – svensk industri konkurrerar med asiatiska företag, men har långt ifrån alltid tillräckligt bra information om Kina eller andra länder i Asien. Att arbeta med scenarior och att lägga strategier och handlingsplaner för olika scenarior kan vara ett sätt att skapa beredskap inför det oförutsedda.

Stärk innovations- och transformationsförmågan.

För att möta den höga förändringstakten behövs dynamisk entreprenörskultur och kunniga personer som proaktivt tar sig an utmaningarna. Det krävs "dynamisk kapabilitet", det vill säga förmåga att löpande förnya sin uppfattning och förståelse om omvärlden och att utifrån den förståelsen snabbt anpassa företaget för att möta nya utmaningar. Förmågan att skapa en dynamisk, responsiv organisation får inte underskattas och är av vikt för alla organisationer, inte minst de etablerade. En väsentlig förmåga är att kunna bygga ekosystem med konstellationer där nya aktörer tar plats, så att nya möjligheter fångas på helt nya sätt.

Säkerställ styrelsens kompetens. De strategiska beslut som ska fattas är förstås individuella för varje företag. Men strategierna måste förhålla sig till hållbarhet, ny teknik som AI och AM likaväl som nya material, och till transformationsarbetet i sig själv, och hålla en etisk kompass som genomsyrar hela företaget. Att de strategiska besluten är frågor för styrelsen är uppenbart. På vissa områden, som cybersäkerhet, kan rätt strategiskt beslut vara samarbete med branschkollegor eller rentav med en konkurrent eller på annat sätt branschöverskridande. Varje styrelse bör kontinuerligt säkerställa att den har kompetensen som krävs vad gäller utvecklingen inom exempelvis teknik, material, affärsmodeller och transformation.

Formulera en intern talangstrategi. Etablera en talangstrategi där det är tydligt vilken kompetens som krävs på kort och lång sikt, och hur denna kompetens ska säkerställas.

Arbeta fram nya affärsmodeller. Ska de nya affärsmöjligheterna som digitalisering och klimatomställningen skapar bli verklighet så krävs ofta nya affärsmodeller, som kan vara mer tjänstebaserade eller mer cirkulära. Att hantera flera affärsmodeller samtidigt är en utmaning som många företag behöver ta höjd för.

Glöm inte den egna basinfrastrukturen. En grundförutsättning för förändringen är att den interna digitala basinfrastrukturen utvecklas kontinuerligt – inte minst för att vidmakthålla kvaliteten på all data som företaget äger – vilket i sin tur också kan kräva ny kompetens i företaget.

Akademien måste lyssna på industrin

Givet det stora behovet av ny kompetens och av att lyfta befintliga medarbetares kompetens så ligger en stor del av ansvaret för möjligheterna hos utbildningssektorn, främst akademi och institut. Här finns ett starkt önskemål från industrin om att akademien ska bli mer lyhörd för industrins behov. Fler och bättre bryggor mellan akademi och industri behövs, vilket förvisso inte är något nytt behov men som aktualiserats återkommande i arbetet med Färdplanen. Forskning- och utbildningssektorns roll blir därför att:

Gör AI obligatoriskt. Industrin vill gärna se att AI, AM, cybersäkerhet, transformation och utveckling av innovations- och affärsmodeller blir obligatoriska element i samtliga civilingenjörs- och civilekonomutbild-

ningar. Industrin efterfrågar flexibilitet och uppdatering av utbildningsprogram för att fånga nya kompetensbehov såväl vad gäller existerande teknik som nya tvärvetenskapliga områden.

Forska på det industrin behöver. Industrin vill också att akademien ökar sina satsningar på cybersäkerhet, transformationsförmåga och människans samspel med digital teknik – tre områden som industrin upplever som underbeforskade, och där företag är i skriande behov av mer kompetens.

Släpp fram tvärvetenskapen. Akademien måste bli bättre på att samarbeta mellan sina egna domäner – det gäller att "riva silorna".

Konkretisera det livslånga lärandet. Etablera metodik och former för strukturerat livslångt lärande, såväl för ingenjörer som för andra yrkesgrupper. Akademien – och andra aktörer – har en gyllene chans att ta initiativ här, givetvis med industriell input för bästa resultat. Industrin är villig att betala om rätt värde levereras.

Hitta nya format för forskningsresultat. Intrycket från färdplansarbetet är också att industrin gärna vill tillgodogöra sig mer av akademins forskningsresultat, men att dessa resultat ofta brister i tillgänglighet och användbarhet. Här behövs nya format utvecklas, till exempel med fokus på tillgänglighet för små och medelstora företag eller ökad marknadsorientering av testbäddar och demonstrationsanläggningar. Detta för att forskningsresultaten ska kunna tas vidare som en del i en innovationsprocess som kan alstra nya industriella värden.

Inför dataslöjd i skolan. Om därtill förskolan och skolan kunde förmås att ta teknik och innovation på allvar, exempelvis genom att införa "dataslöjd" jämte trä- och textilslöjd och så småningom också använda AI för individualiserad undervisning så skulle industrin ha mycket att vinna i förlängningen.

Det finns också åtgärder som alla aktörer behöver ta ansvar för och jobba med. Dit hör:

- Att samarbeta bättre över domängränserna – gärna i marknadsanpassade testplattformar och demonstrationsanläggningar – med fokus på resultat och lösningar snarare än samarbetet i sig. Detta gäller i synnerhet då gemensamma utmaningar kan identifieras, exempelvis så som Swedish Composite Innovation Cluster, AstaZero och RISE North gjort.
- Att bättre ta vara på EU:s möjligheter till såväl akademiskt som industriellt samarbete.
- Gemensamt kan vi också prioritera långsiktigt tänkande till omställning – här har inte minst finansmarknaderna en roll att axla.

3. **Sju spaningar**



Hur industrin i Sverige kommer att utvecklas de kommande 15 åren – från idag till 2035 – är som sagt en omöjlig fråga att svara på. Ett par trendspaningar kan dock ge några spännande fingervisningar. Det brukar heta att man överskattar förändringar på något års sikt, men underskattar dem på ett decenniums sikt. Förmodligen kommer några av de förändringar vi idag ser som marginella att ha större påverkan än vi anar idag, samtidigt som en del av det vi idag tycker är disruptivt kommer att upplevas som vardagsmat om tio-femton år. Här följer sju spaningar – om teknikutveckling och hållbarhetsmålen, om klimatet, AI och uppkoppling, självkörande bilar, storbolag, små och medelstora bolag, Moore's lag och solenergi.

3.1 Teknikutvecklingen och hållbarhetsmålen

Konkurrenskraften i den svenska industrin påverkas till stor del av två kraftfält – den globala teknikutvecklingen och kraven på ökad hållbarhet. Båda dessa har förstås element av såväl hot som möjligheter.

Teknikutvecklingen sker till övervägande del utanför Sveriges gränser. Svensk industri kan påverka någon eller några procent av den, inte mer ¹⁾. Inom vissa nischer – exempelvis telekom, tunga fordon och dataspel – har svenska företag förvisso ledande positioner och möjlighet att påverka betydligt mer, men för många industriföretag är utmaningen snarare att dra nytta av utvecklingen och så effektivt som möjligt anamma annorstädes framtagna innovationer. Avvägningen mellan att å ena sidan själv utveckla något och å andra sidan tillämpa andras framsteg i den egna verksamheten är en nyckelfaktor för framgång. Detta är ju ingen nyhet, men blir en allt större utmaning i takt med den ständigt accelererande teknikutvecklingen.

Hållbarhetsfrågorna är bitvis av annorlunda karaktär, men genomsyrar näringslivet lika mycket som teknikutvecklingen. Rätt utfört kan hållbarhetsarbete spara stora pengar genom minskad åtgång av material och energi, öka

försäljningen till en allt mer hållbarhetsmedveten kundkrets, och stärka konkurrenskraften genom att snabbare än andra kunna uppfylla politiskt ställda krav. Hållbarhetsfrågorna – ekonomiska, ekologiska och sociala ²⁾ – blir också allt viktigare för kompetensförsörjningen då unga välutbildade människor tenderar att välja hållbarhetsmedvetna arbetsgivare. Industrin har flera höga hållbarhetsambitioner, speglar inte minst genom samverkan i Fossilfritt Sverige.

Att navigera rätt mellan dessa kraftfält kräver förvisso investeringar. Det kan handla om egen forskning och innovation likaväl som internt hållbarhetsarbete. Men lika viktigt är investeringar i sådant som omvärldsbevakning, omställningsförmåga, ledarskap och etik, då transformationen påverkar hela eller delar av affärsmodellen. Då frågorna är av strategisk vikt behöver de hanteras av såväl styrelser som företagsledning. Varken teknikutveckling eller hållbarhet kan sålunda helt och hållet delegeras nedåt i organisationen.

I dagsläget domineras teknikutvecklingsdiskussionerna av AI, digitalisering, uppkoppling och nya material, medan diskussioner om hållbarhet mestadels handlar om global uppvärmning och övergång till ickefossil produktion. Kraftfälten samspekar – AI kan användas som stöd för hållbarhetsarbetet, och övergången till ickefossil produktion och cirkulär ekonomi kan stödjas av digitalisering och nya material. Förmågan att rätt utnyttja de nya möjligheter som utvecklingen här erbjuder – och i förekommande fall bidra med egna innovationer – kommer att bli helt avgörande för konkurrenskraften hos svensk industri på något decenniums sikt.

3.2 Alla pratar om klimatet och många planerar att göra något åt det

Att hotet om klimatförändringar är reellt, och att industrin har stora möjligheter att bidra till att påverka klimatförändringarnas hastighet genom minskade CO₂-utsläpp har i flera år varit uppenbart. Det nya år 2019 är att indu-

¹⁾ Sverige stod för 0,76 procent av världens patentansökningar 2018 och andelen har minskat stadigt de senaste åren. Ericssons totalt 49 000 patent ger förvisso företaget en stark ställning inom telekom, men helhetsbilden är likväl att Sveriges andel av teknikutvecklingen är marginell och sakta men säkert minskande.

²⁾ Agenda 2030 som innehåller de 17 hållbarhetsmål som FN satt upp har stor påverkan på industrins framtid. Dessa täcker tre olika aspekter av hållbarhet. **Ekologisk hållbarhet** handlar om att långsiktigt bevara jordens ekosystem genom att ta tillvara materiella resurser på ett sätt som skapar hållbara värdekedjor. **Social hållbarhet** har fokus på ett långsiktigt och dynamiskt samhälle som tar hänsyn till grundläggande mänskliga behov. **Ekonomisk hållbarhet** handlar om att vi samtidigt som vi tillgodoser de behov vi har idag ger kommande generationer möjlighet att sörja för sina behov. Baserat på dessa mål har regeringen satt upp ett antal mål som direkt påverkar industrin. Sammantaget tillsammans gör detta att de tre aspekterna kommer att få följande påverkan på industrin: **Ekologisk hållbarhet** uppnår industrin bland annat genom att återanvända material och minimera energiförbrukningen, hitta alternativa lösningar med nya sätt att använda olika material och genom att skapa cirkulära flöden. **Social hållbarhet** åstadkommer industrin genom att säkerställa att ny teknik och människor kan samverka baserat på människans behov, göra ett livslångt lärande till en naturlig del av arbetslivet och se till att arbetsbelastning fördelas på den tillgängliga arbetskraften. **Ekonomisk hållbarhet** handlar om att vi samtidigt som vi tillgodoser de behov vi har idag ger kommande generationer möjlighet att sörja för sina behov.

strin i allt högre utsträckning ser minskade CO₂-utsläpp som en central affärsmöjlighet, både för att spara pengar genom effektiviseringar och genom att utveckla CO₂-besparande teknik och tjänster till fromma för försäljning och positionering på arbetsmarknaden. Klimatkonferensen i Madrid i december 2019 må ha slutat i besvikelse, men den svenska industrin ser likväl stora affärsmöjligheter i klimatomställningen. Halverade CO₂-utsläpp till 2030 och CO₂-neutralitet 2045 – såsom EU satt upp som klimatomål – är i hög grad affärsdrivande målsättningar för svensk industri och ses som en sporre.

De färdplaner som Fossilfritt Sverige presenterat ger några fingervisningar om vart utvecklingen är på väg. Där visas till exempel hur tillverkning av stål och cement – två av de största utsläpparna av CO₂ i svensk industri – faktiskt kan göras fossilneutrala. Förvisso till hög kostnad, som Fossilfritt Sverige tycker att staten bör dela axlandet av, men tekniskt möjligt och affärsmässigt sunt under rätt premisser. Ansträngningarna att etablera en kolfiberfabrik i norra Sverige som nav i en hel värdekedja för gröna material, ledda av Invest in Norrbotten, är ett annat exempel i samma anda.

Regeringen har, å sin sida, lagt fram sin första Klimatplan, som poängterar vikten av att all lagstiftning ska samordnas för att gynna klimatet, och alla politiska förslag ska analyseras ur klimatsynpunkt. Det är inga små steg, och de borde välkomnas av industrin. Planen betonar transportsektorn, och ser såväl biodrivmedel som elektrifiering som svaret. Regeringen lyfter också upp frågan om offentlig upphandling som klimatomotor, vilket förstås också är välkommet. Förhoppningsvis kommer fler industririktade finansieringsinsatser i den forsknings- och innovationsproposition som väntas under 2020. EU:s klimatsatser kommer sannolikt också att ha stor betydelse för svensk industris CO₂-omställning.

Vad varken Fossilfritt Sverige, Klimatplanen, eller EU dock trycker särskilt hårt på är de möjligheter som digitalisering och AI erbjuder till effektivisering. När allt är uppkopplat – och det är faktiskt bara en tidsfråga tills det händer – så finns både data och styrmöjligheter som gör det möjligt att med förebyggande underhåll och optimering av snart sagt varenda verksamhet snudd på eliminera onödig förbrukning av energi och andra resurser. Jämte tekniktunga punktinsatser för vissa tunga industrier och drivmedelsomställningen så torde digitalisering och automation kryddat med AI vara den teknik som kommer att betyda mest för industrins effektivisering och CO₂-omställning. Ett företag som går i bräschen här är Alfa Laval som med hjälp av startupbolaget Ekkono analyserar sensordata i sina värmeväxlare, som då kan signalera när underhåll krävs.

Men teknik är inte allt som krävs, en annan avgörande komponent är vad företagen egentligen säljer, och hur de gör det – det som kallas affärsmodell. Trenden går mot tjänstefiering (se kapitlet 3.4) där kunden köper ”hål istället för borrar”, och kanske prenumererar på ”hål” snarare än köper nya ”borrar”. Vid första anblicken kan tjänstefiering tyckas trivialt, men det kan skapa ekono-

miska incitament för ökad hållbarhet som i sin tur kräver nytt innovationstänkande. Här finns gott om exempel på föregångare – några är SKF som marknadsför ”pålitlig rotation” snarare än kullager, tjänsten ”tillgång till bil under begränsad tid” erbjuds av en rad bilpooler, och lilla Robotic Lawn Care som nyligen har börjat erbjuda tjänsten ”klippt gräsmatta utan buller” baserat på en flotta av smart styrda robotgräsklippare.

Tjänstefieringen har i samtliga fall genererat förändringar i såväl organisation som teknikutveckling, samtidigt som hållbarhetsbidragen ökat och konkurrenskraften stärkts. Kunderna verkar gilla utvecklingen när de vidtagit praktiska mått och steg för att matcha nymodigheterna till sina egna behov. SKF konstaterar dock att man fått agera draglok för delar av underleverantörernas digitalisering, vilket inte varit trivialt.

3.3 Alla vill ha AI, och allt kopplas upp

Artificiell intelligens, AI, fick ett medialt genombrott 2019 och är numera ett fenomen som snart sagt varje företag och aktör inom offentlig sektor upplever att man behöver förhålla sig till. Wallenbergsfärens satsning på WASP, Wallenberg Artificial Intelligence, Autonomous Systems and Software Program – Sveriges genom tiderna största privata forskningsatsning – har följts av febril aktivitet inom såväl högskolor och institut som i industrin. En annan stor satsning är AI Innovation of Sweden, ett nationellt initiativ uppbackat av såväl universitet och högskolor som en rad myndigheter och en rad små och stora företag. Därtill seglade en rad AI-baserade startups upp inom olika applikationsområden, däribland Peltarion, Ekkono, Sentian, Univrses, Mavenoid, Racefox, Norna, Worddiagnostics och Byon8.

Ska Sverige dra nytta av AI så krävs både spets och bredd. WASP har satt ribban för spetsen – dess ambition är att Sverige ska vara världsledande inom artificiell intelligens, autonoma system och mjukvaruutveckling. WASP tänker få fram 400 AI-specialiserade doktorander på kort tid, redo för industrin. Är då industrin redo för detta? Hos de stora företagen finns beredskapen, och hos ett antal specialiserade småföretag, men frågan är hur breddbehovet ska tillgodoses. Ska det lilla verkstadsföretaget i Vetlanda eller Järfälla som idag slåss med streckkodsystem och digitalisering av bokföringen kunna dra nytta av AI inom tio år så krävs ett par rejäla språng framåt från deras sida, och männe även en oberoende kunskapsplattform att ta avstamp från.

AI utan data är dock något av en racerbil utan hjul. För dagens AI-utvecklare är tillgången till data något av en flaskhals, som inte heller förenklas av GDPR och vår integritetsbejakande kultur. Bristen på data kommer dock sannolikt att förändras när 5G och IoT, Internet of Things, blir så allmänt förekommande som trenderna pekar på. I dagsläget, tidigt 2020, står 5G och bankar på dörren till Sverige efter att ha rullats ut i flera andra länder. Men att 5G kommer, om än försenat, råder inget tvivel om. Och många företag har förberett sig, med egna 5G-tester eller genom att delta i bredare testprojekt.

Om några år, när 5G mognat och alla "bells & whistles" är standardiserade, kommer dessa nät att kunna erbjuda säker uppkoppling med hög bandbredd och låg latenstid för snart sagt vad som helst, och dessutom ge möjlighet till virtuella privata nät. För första gången skapas då ett verkligt alternativ till Internet, där det är cellulär teknik som styr, och där det går att välja hur man ska kombinera den cellulära teknikens fördelar med säkerhet och kontroll med Internets fördelar med massiva mängder publicitet tillgängligt data.

Samtidigt förses numera så gott som varenda produkt – i och utanför industrin – med någon form av kommunikationsmöjlighet. Det gäller infrastruktur, robotar, bilar, hemutrustning, leksaker och hälsovårdsprodukter. Att räkna antalet uppkopplade enheter blir knappast meningsfullt då analyser pekar på en biljon – tusen miljarder – uppkopplade prylar redan om 2–3 år. Uppkoppling håller på att bli så billigt och enkelt att det snart tas för givet. Uppkopplade sensorer som ger tidiga signaler om att underhåll behövs är en tillämpning som redan börjat få fotfäste i industrin.

När uppkopplingsmöjligheterna i praktiken är obegränsade, och AI finns tillgängligt för analys, så kommer sannolikt en stor mängd av det arbete som idag sköts av människor att tas över av maskiner. Huruvida detta ger positiva eller negativa effekter på samhället beror förstås på hur vi hanterar fenomenet. Redan har banker, försäkringsbolag och mycken juridik börjat basera stora delar av sin verksamhet på uppkopplade, AI-baserade system, något som lär öka markant framöver. Även den internationella handeln med patent och andra IP-rättigheter kommer sannolikt att digitaliseras betydligt mer än idag, förhoppningsvis med mer transparens, lägre kostnader och bättre IP-skydd som konsekvens.

Oron för hur IT-utvecklingen ska påverka säkerheten och integriteten är idag stor, och befogad. Industriförträdare nämner ofta cybersäkerhet som ett oerhört viktigt, och samtidigt underbeforskat och underfinansierat område. Vi upplever idag hot om phishing, denial-of-service och utpressare som kräver bitcoins för att låsa upp din dator, och försöker skydda oss med ständigt fler och mer komplicerade lösenord, som i likhet med flygplatsernas kontroller av handbagaget bara känns måttligt adekvata i förhållande till hur mycket irritation de alstrar. Vi lagrar data i amerikanska moln och litar på att de är säkra. Vi lämnar digitala fotavtryck som inte alltid lämpar sig för insyn. Och vi kopplar upp kameror och matar bilderna till AI-baserade system för ansiktsigenkänning, vilket förstås kan vara utmärkt för säkerhet och brottsbekämpning, men som givetvis kan missbrukas ur integritetssynpunkt. Att cybersäkerhet och etik kommer att bli allt viktigare råder inget tvivel om. Noterbart är att WASP adresserar de etiska frågorna i ett parallellt program, WASP-HS där HS står för Humaniora och Samhälle, men industrin och dess stödsystem behöver säkerligen göra betydligt mer för att få etiken på rätt köl.

En positiv aspekt är att AI – rätt hanterat – faktiskt kan öka integriteten. Tekniken går ju att använda för att skyd-

da integritet liksom för att göra intrång i den, i synnerhet om IT-infrastrukturen i övrigt är trovärdig nog. Sådan teknik, som ökar vår tilltro till densamma, är en förutsättning för att vi som människor ska kunna ta till nya sätt för att kommunicera med varandra – och med maskiner – där den virtuella och den fysiska världen blandas. (Mer om hur gränssnitten mot maskinerna förändras finns i kapitel 3.1.1, Människan i samspel med digital teknik.)

Vad som händer på längre sikt, om sådär 5–10 år, är gissningsvis att AI blir ännu mer kraftfullt, att datacentren drivs av bränsleceller (eller solceller – se nedan) och blir en naturlig del av fjärrvärmesystemet, och att smarta, miljövänliga material syntetiseras fram automatiskt vid behov för att ingå i nya ting, som i sin tur kopplas upp och bidrar än mer till det totalt uppkopplade samhället. Ska man tro visionärer på Ericsson och andra företag så är denna "cycle of progress" en fullt realistisk framtidsspaning. Huruvida vi framemot år 2030 får en 6G-debatt analog med dagens 5G-debatt, eller om vi lärt oss något som kan tillämpas om tio år, återstår dock att se.

3.4 Autonoma fordon kommer sakta men säkert

Det finns något science fictionartat över självkörande bilar. Som att det bara är att sätta sig i en lagom sportig kaross, berätta vart man ska och så kör bilen automatiskt dit medan man själv arbetar eller tittar på en film. Som Uber fast utan människa i förarsätet – för det finns inget förarsäte. Dit kanske vi kommer, men det dröjer nog längre än tio år. Övergången kommer snarare att ske gradvis. Fordon kommer att förses med ökande grad av egenstyrning och de första fordonen helt utan mänsklig styrning tas i drift i hamnar, fabriker och andra inhägnade områden. De bussvärdar – med nödstopp- och nödstyrningskapacitet – som finns i dagens självkörande bussar i exempelvis Järfälla kommer att få behålla sina jobb och arbetsuppgifter under överskådlig tid.

Ska man se det ur fordonsindustrins synvinkel så pågår just nu samtidigt två av de mest genomgripande förändringarna i dess historia – elektrifieringen och strävan mot autonomi. Förändringarna drivs på av teknikutveckling och hållbarhetskrav, men den stora drivkraften är förstås rent affärsmässig. Autonoma, uppkopplade, elektriskt drivna bilar har förutsättningar att bli betydligt mer kostnadseffektiva än dagens, sett över livscykeln, för såväl producent som konsument. Hur mycket mindre återstår att se, men uppgifter på 40–50 procent lägre totala kostnader under fordonets livstid kommer från industrin.

I dagens tunga fordon är det föraren som utgör många av begränsningarna. Hen kan "producera transport" 4,5 timmar i taget, och då gäller det att köra fort under den tiden, med så mycket last som möjligt. Taket för effektiviteten sätts av säkerhet och lagstiftning.

Fordon utan förare har andra optimeringsparametrar. Sänkt hastighet ger sänkt luft- och rullmotstånd, och därmed lägre energiåtgång per transport. Utan förarens begränsningar – och med anpassad logistik – kan också hastigheten sänkas utan att totaltiden för transporterna

påverkas. Att leveranserna till butiker i våra städer inom några år kommer att ske nattetid med sakta framkrypande förarlösa fordon är en klart rimlig spaning.

Skiftena kommer inte heller att bli allomfattande. En rad fordon bör inte bli autonoma – blåljuspersonal hos polis och brandkår kommer rimligen även framgent att få köra själva, möjligen med ökat stöd av drönare. Och alla fordon kommer inte heller att bli elektriska. Förbränningsmotorn har mycket kvar att ge, och kan optimeras för andra drivmedel än fossila, exempelvis hämtade från skogen eller jordbruket.

För fordonsindustrin blir kanske ändå den största förändringen själva affärsmodellen. Dagens tunga fordon säljs till åkerier med förare som sätter värde på en väl designad hytt och en pålitlig och bränslesnål drivlina. När hytten tas bort och drivlinan blir elektrisk försvinner två tunga försäljningsargument. Och det värdeskapande som föraren idag alstrar – vem ska stå för det? Stora åkerier? Kanske i viss mån, men en annan möjlighet är att Scania, AB Volvo och dess gelikar kommer att äga fordonen själva i större utsträckning, åtminstone så länge tekniken upplevs som komplex.

Ett ofrånkomligt faktum, åtminstone som det verkar just nu, är att batterierna som krävs för att driva elbilar väger en hel del. Här har fordonsindustrin börjat titta på lösningar, men har en hel del kvar att göra. Volvo Cars har satt upp ett strategiskt mål att minska sina CO₂-utsläpp mätt under livscykeln med 40% fram till 2025 – vad får det för konsekvenser? Kommer vi att få se kolfiberbase-rade kompositer ersätta stål? Sannolikt. Batterier i nya formfaktorer som utgör delar av en bärande kaross? Kanske. Vad som dock är tydligt är att när elbilarna breder ut sig så kommer även dess brandfarlighet att uppmärksammas allt mer. Brandsläckare för bilverkstäder och garage med elbilar är under utveckling.

3.5 Stora bolag anammar entreprenörskap

Tiden då svenska storföretag såg små företag som underleverantörer eller potentiella sådana är ett minne blott. För småföretag är ju så mycket mer. Det är i små och medelstora företag – eller i partnerskap med dessa – som många innovationer kommer fram, det är småföretagens tillväxt som står för 4 av 5 nya jobb, och när det gäller den hett eftertraktade entreprenörsförmågan är det ofta små företag som lyfts fram som förebilder.

Många svenska storföretag har tagit konsekvenserna av detta, och gjort en rad försök att själva driva acceleratorer och andra innovativa miljöer för startups, något som historiskt varit det offentligas roll. Målsättningen var att få in de små företagens specialiteter, drivkraft och entreprenörsanda i storföretaget, samtidigt som de innovativa små företagen fick tillgång till labb, varumärke, kontaktnät och finansiella muskler. De tidiga försöken stötte på utmaningar från juridik till bristande förståelse för den andra sidans tidsuppfattning, krav och förutsättningar – och därtill kulturella skillnader – men numera finns flera goda exempel. I flera fall har storbolagens satsningar delfinansierats av offentlig medel och skett i samklang med

regionala innovationsstödsaktörer.

ABB-satsningen Synerleap i Västerås är kanske det tydligaste exemplet. Bolagen i Synerleap – idag ett fyrtiotal – får stöd av ABB för teknikutveckling genom expertkon-takter och tillgång till labb, tillgång till ABBs nätverk av kunder och partners genom event och workshops, och ibland även investeringar från ABB Ventures. För ABB har satsningen gett tillgång till en rad innovationer bokstavligt talat i huset, vilket stärkt konkurrenskraften. Andra företag spanar förstås på Synerleap och noterbart är att Siemens i Finspång har börjat jobba på liknande sätt.

På fordonssidan bör Volvos samverkanslabb CampX nämnas, liksom Mobility X Lab, beläget på Lindholmen Science Park och stöttat av Cevt, Ericsson, Veoneer, Volvo och Zenuirty. Även Forest Business Accelerator i Örn-sköldsvik, stöttat av SCA, IBM, Processum och Bizmaker förtjänar att lyftas fram. Astra Zenecas Bioventurehub, startad 2014, har tjänat som inspiration för flera av de lyckade satsningarna.

Ignite Sweden är ytterligare en satsning på att få små och stora företag att samverka kring innovation. Tanken med Ignite är att accelerera tillväxten i startupbolag genom att öka kontaktytorna till stora företag – och även offentlig sektor – för verifiering och samverkan. Satsningen leds av en rad inkubatorer och stötts av Vinnova, Tillväxtverket och Energimyndigheten. Även denna satsning, startad 2017, indikerar hur storföretagen allt mer anammar entreprenörskap.

Internationellt är fokuset på entreprenörskapets vikt än mer tydlig i stora företag. Att Google med början år 2015 strukturerade om sin verksamhet till Alphabet Inc, där sådant som tidigare var projekt eller verksamheter inom Google stöptes om till egna företag, är ett exempel. Alphabet Inc har idag drygt tiotalet dotterbolag och ligger runt plats tio på listan över världens största bolag, räknat på omsättning.

Ett svenskt företag som också organiserat om sig i syfte att behålla startupmentaliteten är betalningsbolaget Klar-na. Företagets 2 500 anställda är sedan våren 2019 indelade i omkring 300 team, alla med ansvar för sina projekt, med stora befogenheter. Teamen är designade utifrån vilka kundproblem som de ska lösa, och är tänkta att fungera som små startuper inom bolaget.

Den stora revolutionen inom entreprenöriell organisation av storföretag sker dock inte i Silicon Valley, utan i Kina. Åtminstone om man får tro forskaren Annika Steiber på Menlo College, som studerat både Google och flera kinesiska bolag, däribland vitvarujätten Haier Group. Haier har, enligt Steiber, tagit det interna entreprenörskapet till dess extrem genom att göra om bolaget till ett jättestort konglomerat av mikroföretag, se avsnitt 1.4. Det allt överskuggande målet är att följa kunden och hålla kunden nöjd, vilket skapar "sense of urgency" och sätter kunden i centrum. Moderorganisationen agerar som tjänsteplattform, teknikleverantör, affärscoach och investerare. Andra kinesiska jättar som Tencent och Alibaba tänker i liknande banor och agerar på liknande sätt, och dessa företag växer så det knakar.

Bilden är givetvis förenklad, men visar vartåt vinden i Kina blåser vad gäller företagsorganisation och affärsmo-
dellinnovation. Vad kan vi i Sverige lära av det?

3.6 Små företag behöver mer än pengar

Det ligger i det lilla företags natur att tvingas trola med knäna för att få sina idéer att flyga. Förvisso behöver små företag i första hand kunder, men för att få den första kunden krävs ofta pengar till utveckling och nätverkande. När det gäller pengar finns en rad möjligheter – Vinnova, Energimyndigheten, EU och andra stöttar med offentliga medel och änglainvesterare och venture capital-bolag investerar i många lovande småföretag.

Kapital må vara nödvändigt, men det är dock inte tillräckligt för många små företag. Två områden som på sistone ofta lyfts fram där småföretagen inte räcker till själva är juridik och digitalisering. Den typ av småbolag som är underleverantörer till stora står inför att antingen följa med storbolagen på digitaliseringsresan eller gå en dyster framtid till mötes. Här borde finnas affärsmöjligheter, som torde kunna stöttas av digitaliseringens positiva klimateffekter. Allt behöver inte vara AI – man kommer långt med sådant som att kunna koppla upp sina produkter till molnet och att digitalisera sina affärsprocesser med kunderna. Satsningar som Produktionslyftet och Kickstart Digitalisering har gett en hel del bra resultat, men mycket återstår så fler liknande program efterlyses. Exempelvis har Kickstart Digitalisering tidvis haft svårt att rekrytera ”rätt” företag, och Produktionslyftet kan behöva vidareutvecklas med de senaste tio årens utveckling kring material och digitalisering i åtanke.

När det gäller juridiskt stöd så finns förvisso gott om patent- och advokatbyråer att tillgå. Men få småföretag har likviditet nog att leva efter devisen att ”det enda som i längden är dyrare än dyr advokat är en billig advokat”. Entreprenörers tillgång till kvalificerad juridisk rådgivning är en oknäckt nöt för samhället – å ena sidan är småföretag och dess IPR väl värd samhällets skydd, å andra sidan vill vi inte ha det som i USA där juridiken står för en oproportionerligt stor del av det lilla företags kostnader och energi. Det stöd som erbjuds i dagsläget, som Vinnovas IP-checkar och EU-programmet IPA4SME, är långt ifrån tillräckligt.

3.7 Vad växer exponentiellt?

Vissa saker vänjer man sig vid. Som att våra datorer och mobiltelefoner ständigt blir allt snabbare och mer kompetenta, mycket tack vare Moore's lag – att halvledarnas prestanda dubblas var 18:e månad. Men på den punkten är det sannolikt dags att tänka om, eftersom fysiken snart sätter stopp. Moore's död har förvisso förutspåtts många gånger tidigare, men då har halvledarindustrin lyckats innovera sig ur utmaningarna med smartare processer och nya material. Men framemot mitten av 2020-talet så finns goda anledningar att tro att förbättringstakten avtar och att halvledarna inte blir bättre i samma takt. Vilket får en rad konsekvenser för mjukvaruutvecklingen, se kapitel 4.1.5.

Exakt när detta händer och hur snabbt inbromsningen går vet vi förstås inte. Och det finns sätt att fortsätta leverera på industrins krav på ständigt komplexare system, främst genom smartare programmering. Det pågår också intensiv forskning kring kvantdatorer, och manne blir de praktiskt användbara under 2020-talet. I så fall är våra behov av datorkraft ingen utmaning längre. Men spaningen om Moore's möjliga insomnande är icke desto mindre värd att ta på allvar och förhålla sig till.

En annan svårspanad framtid gäller solens bidrag till elförsörjningen. De senaste åren har mängden installerad solkraft fördubblats. Solcellerna får allt högre verkningsgrad och produktionen förfinas i en takt som inte så lite påminner om halvledarvärlden under Moore. Med den nuvarande exponentiella takten dröjer det ”bara” fram till ungefär 2028 innan världen har solalstrad el som vida överstiger världens elenergibehov. Det kan förvisso låta för bra för att vara sant, men rent matematiskt blir det konsekvensen om den exponentiella kurvan fortsätter ett par år till. Entusiasterna talar till och med om ”photo-voltaic paint”, alltså solceller i form av målarfärg som kan målas på bilar och hustak. Är det en rimlig framtidsspaning? Solens bidrag till elförsörjningen hör till det mest svårspanade fenomenen just nu.

4. Fem målbilder



Spaningarna i förra kapitlet sätter fingret på några trender och extrapolerar dem några år framåt. Men de säger inget om industrins ambitioner. Vart vill vi komma? Vad vill industrin ha uppnått om 15 år när det gäller produkter, tjänster, klimat och innovationer? Och hur vill industrin då att de omgivande ekosystemen ska se ut? Helt klart är att målen skiljer sig från dagens lägen.

Här följer fem målbilder – för materialomställningen, CO₂-omställningen, industrins omställning mot autonom verksamhet, tjänstefieringen och innovationsinfrastrukturen. Målbilderna är valda via workshops och intervjuer med företrädare för industrin, intresseorganisationer, industriprogram och rapporter som beskriver sambanden. Så om vi gör det vi idag tror är rätt så kan dessa mål för år 2035 mycket väl vara det vi styr mot. Målbilderna är beskrivna ur ett 2035-årsperspektiv, och blickar ”tillbaka” på hur vägen dit tittat sig. För CO₂-målbilden har vi dock valt 2030 som år, för att matcha det gällande klimatpolitiska ramverket.

4.1 Materialomställning

År 2035 är klimatomställning, minskade CO₂-utsläpp och kemikalier alltså högt på agendan. Den svenska industrin verkar globalt när det gäller teknik- och materialutveckling, har en ledande position och deltar naturligt i internationella samarbeten när det gäller hållbarhet och grön utveckling. Prestanda och hållbarhetsutveckling går hand i hand. Sverige har – tack vare goda tillgångar på grön el och råvaror från skog och mark, parat med utveckling av teknik och affärer – lyckats etablera sig som ett föregångsland avseende material- och teknikinnovationer och cirkulär bioekonomi.

Långsiktiga svenska satsningar har gett positiva resultat både avseende klimat och miljö, svensk konkurrenskraft och export. Dessa strategiska satsningar har bland annat fokuserat på utveckling med användning av förnyelsebara och biobaserade råvaror, resurseffektiva tillverkningsprocesser och material med låg miljöpåverkan genom hela livscykeln. De har bland annat resulterat i cirkulära system och flera nya multifunktionella interaktiva biobaserade material. Detta har därtill medvetandegjort och i stor utsträckning påverkat konsumentbeteendet.

Produkter producerade år 2035 som håller betydligt längre än 15 år tidigare, och svensk industri har ställt om till cirkulära affärer. För att nå dit har industrin tagit stora steg mot materialhantering som bevarar en långt större del av värdet än idag, exempelvis sker återvinning med fokus på värde snarare än vikt och volym.

Utvecklingen hade inte kunnat ske utan djup förståel-

se för vikten av materialstrategier i bolagsstyrelser och i FoU-systemet. Ytterligare en nyckel är att materialteknologins betydelse funnits högt på den politiska agendan. Ett viktigt exempel på förbättring är att tillståndsgivningen för gruvbrytning av mineraler och metaller blivit såväl snabbare som förutsägbar. Resultatet år 2035 är en svensk råvaruindustri som positionerat sig som världsledande även när det gäller hållbarhetslösningar, med stark patentportfölj kring materialinnovationer.

Den ledande positionen har inte bara nåtts genom produktdesign, teknikutveckling, infrastrukturer och strategiska samarbeten som möjliggjort utveckling av biobaserade material. Lika viktigt har varit affärsmodellutvecklingen, som resulterat i affärsmässiga cirkulära materialsystem med höga bibehållna materialvärden av sekundära material.

Några områden där svensk industri fått globalt genomslag de senaste 15 åren är multifunktionella biobaserade material i textilier och barriärmaterial, plaståtervinning där kolkedjorna blivit råvara för nya plaster, biokompositer, och fossilfria batterier och andra energilagringssystem. Genombrotten har gällt såväl produktutveckling som produktionsutveckling och cirkularitet vilket bidragit till stora steg för klimatomställningen, spetskompetens och konkurrenskraft för svensk industri. Genom att kombinera ”Design för circularity”, tillämpning av avancerad AI, tekniker för spårbarhet och etablering av strategiska samarbeten med aktörer både inom och utom värdekedjor har både innovativa produkter med interaktiva biobaserade material och nya cirkulära system utvecklats.

Just spårbarhet har blivit en svensk specialitet, genom satsningar på det som i början av 2020-talet kallades ”Machine learning/Deep learning through traceability”. Dessa satsningar har resulterat i avancerade beslutsstöd där företag systematiskt kan utvärdera hur den egna verksamheten, produktionen och produkter under hela deras livscykel påverkar samhälle och miljö samt optimerar resurs- och materialnyttjande. Genombrotten inom digitaliserad spårbarhet har gett kontroll över hela råvarukedjan, och även vad gäller kemikalier. Den stora informationsmängd som tidigare alstrats exempelvis genom kraven från REACH-direktiven³⁾ kan nu i mycket större utsträckning nyttjas av återvinnaren och konsumenter. Redan i tidiga utvecklingsfaser sker aktivt samarbete för att skapa tillit i relationer mellan aktörer och tidigt hantera utmaningar kring patent och andra IP-rättigheter. Svensk industri har som konsekvens en ledande roll i europeiska färdplansarbeten kring vidareutveckling av avancerade spårbarhetssystem.

³⁾ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20191030&qid=1578494846623&from=SV>

När det gäller interaktiva biobaserade material har helt nya produkter, tjänster och affärer utvecklats år 2035. Interaktiva plåster utsöndrar automatiskt mediciner utifrån människans signaler. Produkter som används nära kroppen fungerar kemiskt som aktuatorer och sensorer i dessa nya material, som både kan interagera med kroppen och med omgivningen i närmiljön. Exempelvis kan klädesplagg skifta i både värme och färg, och samtidigt mäta och reagera på hälsotillstånd. Innovationer utvecklas i nya konstellationer mellan sektorer, branscher och i tvärvetenskaplig interaktion mellan forskningsområden såsom teknik, material, psykologi, IT och hållbarhet.

Bland de åtgärder som vidtagits för att stärka detta industriella ekosystem märks långsiktiga och strategiska statliga FoU-satsningar, som inkluderat stöd till test- och demonläggningar och uppskalning av lovande verksamheter, något som inte var särskilt utvecklat under 2010-talet.

Tack vare Sveriges framgångar och kompetens kring processteknologier för användning av råvaror, IT/databaskunskap, digitaliseringen av kemiindustrin och utveckling av hållbarhetssystem så drivs år 2035 Europas ledande FoU från Sverige, även om många huvudkontor ligger i andra länder. Här har svensk industris kunskapsutveckling kring materialomställning stärkts tack vare det internationella samarbetet mellan globala industriföretag.

4.2 CO₂-omställning

År 2030 har Sverige – i en nationell ambition att vara föregångare för övriga världen – halverat utsläppen av koldioxid och andra växthusgaser jämfört med 2018 års nivåer, och vi har skapat förutsättningar för att halvera dem en gång till fram till 2040. Allt för att nå netto nollutsläpp år 2045 eller senast år 2050, och därmed tagit globalt ledarskap för att få den globala uppvärmningen att stanna mellan 1,5 och 2 grader C.

Omställningen började på allvar redan 2020. Redan då hade industrins pendel svängt från att ha betraktat miljöfrågor som något nödvändigt ont eller en tämligen perifer CSR-fråga till att se kompetens för CO₂-omställning som en globalt viktig konkurrensfördel.

Industrin genomförde då en rad åtgärder. Med stöd av omfattande digitalisering optimerades allt fler processer i industrin. Samtidigt förändrades allt fler affärsmodeller till att sälja funktion snarare än produkt eller tjänst. Det ökade drivkrafterna att få ut högre nytta ur alla enheter och allt material. Parallellt minimerades spill och transporter, något som gynnade övergången till cirkulära processer. De datacenter som krävs för digitaliseringen började drivas av bränsleceller – vätgas – i allt högre utsträckning, och värmen från datacentren började återvinnas i fjärrvärmeverk. Ståltillverkningen krävde tio års forskning och utveckling för att bli CO₂-neutral, liksom cementproduktionen. Detta tillsammans med att betong återanvändes i hög utsträckning, att biobaserade bränslen fick större genomslag och att allt fler nya hus började byggas i trä bidrog starkt till målet.

Vid det här laget, år 2030, är livscykelanalyser basen för upphandlingar, offentliga liksom privata. Biobaserad

plast har i många sammanhang ersatt fossilbaserad. Plastförpackningar från livsmedelsindustrin sorteras och återanvänds. Transporterna på vägar och vattendrag, i gruvor och i skogen, är elektrifierade eller drivs av biobaserade bränslen. Inrikesflyget använder en stor del biobaserade drivmedel samtidigt som flygbranschen satsar allt mer FoU-insatser på eldrift. Utvecklingen av koldioxidlagring (CCS, Carbon Capture and Storage) och i viss mån även industriell koldioxidanvändning för bränsle (CCU, Carbon Capture and Utilization) har kommit så långt att metoderna kan bidra substantiellt till klimatneutraliteten. För CCS och CCU har Sverige dragit stor nytta av tidiga FoU-insatser i Norge, Tyskland och andra länder.

Staten har, i samklang med industrin, drivit igenom en rad reformer och stöttat ett antal stora satsningar. År 2030 har det sedan länge gått snabbt och enkelt att antingen få tillstånd eller avslag på ansökningar för att etablera allt från elledningar och mineralprospektering till hela industrier under förutsättning att dessa bidrar till klimatmålen. För byggindustrin har reglerna ändrats så att mycket av det som år 2019 kallades byggavfall numera är byggmaterial. Skattesystemet har reformerats för att kraftigt gynna ruttoptimerade CO₂-besparande transporter på väg, på räls, till sjöss och i luften. Elförsörjningen har säkrats delvis tack vare rejäl utbyggnad av vind- och solkraft, som redan i början av 2020-talet visade sig så lukrativa att staten lät de offentliga pensionsstiftelserna investera i även onoterade bolag som utvecklade sådan teknik. Väl utformade incitament ser till att skogens dubbla roll som kolsänka och leverantör av bioråvara hålls i balans.

Staten har också kontinuerligt stöttat två stora industriprojekt för att få bukt med två av de största utsläpparna av CO₂ – stålet och cementen. Samtidigt har offentliga medel stöttat såväl AI-spetsforskning som en rad kunskaps- och kompetensbyggande digitaliseringsprojekt som främst gagnat mindre och medelstora företag.

Hybrit – den satsning som SSAB, LKAB och Vattenfall drog igång redan 2016 i syfte att göra stålproduktionen fossilfri – har i sig minskat Sveriges CO₂-utsläpp med 10 procent, och på köpet fått med sig en minskning i Finland med 7 procent. Hybrit har tre ben – ett direktreduktions-schakt som ersätter masugnen och där väte används i stället för naturgas som energikälla, pellets framställda med bioenergi eller elkraft samt massiv lagring av väte i tätade berggrum, något som dessutom hjälpt till att balansera energisystemets allt ökande användning av sol och vind. Hybrids pilotanläggningar stod klara i Luleå i början av 2020-talet, och blev omedelbara framgångar.

CemZero – satsningen på fossilfri cementframställning ledd av Cementa och Vattenfall – har också varit framgångsrik och bidragit med ytterligare 5 procents besparing av Sveriges CO₂-utsläpp. Tack vare massivt utbyggd vindkraft på Gotland, där Cementa byggt upp världens första fullskaliga klimatneutrala cementtillverkning, framsteg inom plasmatekniken och en lösning för koldioxidlagring, har projektet blivit en modell för övriga världen. Att den koldioxidneutrala cementen initialt blev dubbelt så dyr som konventionellt framställd cement kompense-

rades för genom offentlig upphandling och skattereduktioner för byggare som gick i bräsch för utvecklingen.

Transportsektorn har med hjälp av elektrifiering och autonoma fordon, styrda genom 5G-nät, också lyckats halvera sina CO₂-utsläpp. Självstyrande lastfordon, som började användas i hamnar, fabriksområden och andra inhägnade ytor redan på det tidiga 2020-talet har sedan några år börjat leverera varor både till bostäder och företag i glesbygd och till butiker i städer. Dessa fordon går än så länge ganska sakta – som mest 30 km/h – för att minimera olycksriskerna och spara energi, men det vägs upp av att digitaliseringen minimerat omlastningstider och optimerat fordonens rutter. Flera motorvägssträckor har elektrifierats helt, och där kan eldrivna lastfordon köras lika snabbt som övrig trafik. Somliga av dessa eldrivna lastfordon har alltså förare, som ibland styr hela fordonståg i leveranskonvojer.

Som enskild faktor torde dock digitaliseringen haft störst påverkan på CO₂-utsläppen under 2020–2030. Elnäten, med sol- och vindkraft och lokal ellagring, har krävt massiv digital styrning för sin optimering. AI har hjälpt till vid processoptimering och vid omställning av produktdesign för återanvändning och återvinning, samt till att etablera förebyggande underhåll så att maskiner och utrustningar kan renoveras eller bytas utan produktionsbortfall. Skogen har digitaliserats så att varje träd utnyttjas maximalt. Jordbruket har med hjälp av digitalisering och AI ökat sin produktion per ytenhet radikalt. Och med hjälp av AI, 5G, IoT och digitala tvillingar har vägar och annan fysisk infrastruktur kunnat användas maximalt vilket minskat behovet av nybyggen.

Elförsörjningen har globalt till stor del tryggats med hjälp av solenergi. Den exponentiella utbyggnad som började synas under 2000-talets början blev allt tydligare kring 2020 då den installerade effekten dubblerades flera år i rad tack vare teknikutveckling och prispress. Med linjär tillväxt hade solkraftens andel av elförsörjningen landat på 10 procent nu år 2030 – men som vi alla numera vet så står solen idag för en dominerande del av den alstrade elektriciteten.

Noterbart är att år 2030 har många av lösningarna för världens koldioxidneutralitet utvecklats i Sverige och därmed bidragit till den svenska industrins konkurrenskraft.

4.3 Autonom omställning inom industrin

Industrin har under de senaste 15 åren tagit tillvara de teknologiska framstegen inom bland annat AI och kommunikation och genom detta kunnat öka automatiseringsgrad både inom industrin och i samhället.

Det som gjort dessa omställningar möjliga var satsningen på att få en väl fungerande basinfrastruktur baserat på den första versionen av 5G-standarden. Utbyggnad av 5G-nätverk under första halvan av 20-talet gjorde det möjligt att med låga fördröjningar kommunicera mellan olika föremål och utrustningar, till exempel mellan fordon i trafik. Anpassningen av 5G för industriellt bruk intensifierades under denna tid. I mitten på 20-talet började investeringarna på allvar ta fart. Stora framsteg gjordes

genom att resultat från utvecklingen av 6G-teknik kunde integreras i tekniken för 5G och testas på bred front både inom tillverknings- och processindustrier. Genom satsningar på gemensamma testbäddar har 6G-utvecklingen kunnat påskyndas och vissa lösningar föras in i produktion snabbare än vad som tidigare var fallet. Industrin har därför numera tillgång till tillförlitlig IT-infrastruktur med realtidsfunktioner med 100% täckning dygnet runt.

Bland de teknologier som kan utnyttja den utökade funktionaliteten och kapaciteten i den förbättrade infrastrukturen finns digitala tvillingar som kan överblicka hela processer i ett företag, en industri eller ett helt ekosystem. Detta i kombination med AI möjliggör systemoptimering vilket bland annat bidrar till den miljöomställning som genomförts. Dessa förbättrade processkontrollsystem och nya sensorer har gett oss nya metoder för övervakning och kontroll av arbetsmiljön. Samtidigt har miljöriskhanteringen förbättrats genom möjligheterna till miljöövervaknings- och datahanteringssystem on-line.

Bland de utmaningar som ligger framför oss det närmaste decenniet finns att utveckla en mer fullständig övergripande systemintegration för system och utrustning från olika leverantörer och att uppnå en 100% kontinuerlig on-line processkontroll och styrning. För att klara detta behövs det automatiserad utrustning som optimerar processen med hjälp av AI samt att mätteknik samt metoder för att behandla stora datamängder kopplade till olika typer av industriella processer behöver vidareutvecklas.

Den teknik som behövdes för att skapa den autonoma fabriken fanns till största delen tillgänglig i början av 2020-talet. Den huvudsakliga utmaningen låg i kapaciteten hos industrin att ta till sig ny teknik eftersom den transformation som behövdes krävde investeringar, förändringar i hur man organiserade sig och nya kompetenser hos de anställda. En svårighet för mindre företag var att de lösningar som fanns tillgängliga var för komplexa. Utvecklingen av enklare lösningar som bygger på modularitet, i kombination med stöd för implementering, fortsatte under hela 2020-talet.

Digitalisering och automation gav även gruvindustrin och den metallutvinnande industrin lösningar på många av de utmaningar som branschen hade i slutet på 10-talet. Ny teknik gjorde utvinningen mer kostnadseffektiv, produktiv och säker. Automatisering i kombination med autonoma och fjärrstyrda fordon bidrog till att eliminera farliga miljöer och allvarliga olycksfall. Utvecklingen inom analys av stora datamängder, artificiell intelligens, sakernas internet (IoT) och cyberfysiska system samt en högpresterande kommunikationsinfrastruktur var teknologier som bidrog till denna utveckling.

Den största utmaningen var att integrera de digitala verktygen i de industriella processerna, organisationerna och arbetssätten. Framför allt var det viktigt att till låg kostnad kunna integrera ny teknik och nya system i existerande anläggningar – en utmaning som fortfarande gäller. Eftersom de avancerade digitala lösningarna krävde en helt ny typ av kunskap och kompetens bland medarbetarna gjordes stora ansträngningar för att vidareutbilda

och rekrytera nya typer av kompetens till industrin. Inom gruvindustrin fanns också specifika behov att vidareutveckla övervakningsmetoder för bergmekanik, seismik och underhåll genom anpassad användning av sensortekniker. Vi såg också framför oss att gruvindustrins olika enhetsoperationer kunde automatiseras genom smart gruvutrustning anpassade för dessa operationer. I och med att tekniken för kontinuerlig processövervakning och styrning utvecklades så som vi hoppats, så såg vi också att digitaliserade förädlingsanläggningar med online-analys och karaktärisering, sensorteknik och dataanalys med hjälp av AI kunde bli verklighet.

4.4 Tjänstefiering

År 2035 är Sverige ett föregångsland inom hållbart ledarskap och klimatomställning. Den kanske viktigaste faktorn är att 00-talets trippelhelix-modell kompletterats med "allmänheten" till en kvadrupel-helix som nu används och där även en femte komponent – naturen – räknas in i samspelet.

Samarbeten mellan offentlig sektor, akademi och näringsliv har möjliggjort stora strukturella förändringar som varit nödvändiga för att industrin på allvar skulle kunna införa nya affärsmodeller. Samarbetet gör även att samhällstjänster nu levereras på nya sätt och med en hög relevans både gentemot medborgare, industri och dem sinsemellan.

Vägen dit har kantats av ökad förståelse kring hur man identifierar och specificerar värdet som ska åstadkommas med digitalisering, automation och nya material. Vilken teknik som ska väljas och i förekommande fall utvecklas styrs i allt högre grad av förbättringsincitament, resurs- och kompetensutnyttjande.

Därtill har lagstiftningen hängt med i utvecklingen. Numera – år 2035 – finns domänöverskridande regelverk och nationell policy som stöttar utveckling av resurseffektiveserande teknik, organisationsformer och affärsmodeller. Det finns också uthålliga ekonomiska stöd till forskning, kommersialisering av forskningsresultat, utveckling, praktiska tester och utvärdering av lösningar som genererar resurseffektivisering.

Den allmänna kunskapsnivån om globala trender, effekten av digitalisering, strategisk hållbarhet och förmåga till utveckling och transformation har höjts enormt de senaste tio åren. Detta la grunden för att allt fler utifrån sin roll i samhället inte bara kunnat utan även haft incitament att bidra till en hållbar samhällsutveckling där de nya affärsmodellerna och "medborgar-relevansmodellerna" blivit motorer för industri och samhällsutveckling.

Det visade sig att tjänstefieringen, alltså skiftet från leverans av produkter till skapandet av kundvärde, åstadkom de största resurseffektiviseringarna om den drogs till sin logiska konsekvens, dvs där kunderna enbart betalar för det skapade kundvärdet, och inte för produkterna som antas kunna användas för att skapa önskat värde.

Den tjänstefierade affärsmodellen var en stark drivkraft för såväl hållbarhetsarbetet som lönsamheten. För att kunder ska kunna betala för det skapade värdet kräv-

des att önskat värde kunde specificeras och skapat värde mätas. Högre precision på specifikationen av vilket värde som önskas av ett projekt drev fram ett nytt fokus på utvecklingsresurser, med nya innovationer som följd.

De riktigt stora positiva konsekvenserna för hållbarhetsarbetet har kommit från det faktum att när kunder enbart betalar för skapat värde så flyttas incitamentet att effektivisera från mottagarna av produkterna till skaparna av värdet.

Med enbart ersättningar för skapat värde blev frågan om 'värde över vilket tidsintervall' mycket viktigare och då utvecklades produkter och lösningar för mycket resurseffektivt underhåll, resurseffektiva uppgraderingar, samt för snabb och resurseffektiv introduktion av nyutvecklad teknologi i praktisk användning. Efterfrågan på lösningar som effektivt kunde användas som värdeskapande verktyg på ett kostnadseffektivt sätt även under längre tid gjorde att förmågan till cirkularitet och utveckling av produkter för den cirkulära ekonomin blev en avgörande konkurrensfaktor. En konsekvens blev att "design för sönderfall" upphört. Design av produkter för den cirkulära ekonomin är numera en central del av utvecklingsavdelningarnas ansvar. Övergången till värdefokuserade affärsmodeller och insikten om dess fördelar har stöttats av lagstiftning, regelverk, och stat och kommuners policy för upphandling.

Digitala plattformar visade sig vara en resurseffektiv grund för att maximera det totala kundvärdet. Ett flertal skäl för detta har identifierats, som skalbarhet för global räckvidd, analys av användardata, återkopplingsmekanismer till kund och möjligheter att snabbt hitta partner för kommersialisering. Dess kanske största styrka är dock att den skapar förutsättningar för att effektivt utnyttja ledig kapacitet för värdeskapande, eftersom plattformens värde ökas genom aktiviteten på plattformen. I många fall kommer plattformarnas erbjudanden genom byteshandel med data – typexemplet är Googles sökresultat.

I Sverige har denna utveckling bland annat medfört att fordonstillverkarna erbjuder "transportlösningar" snarare än fordon, och har kompletterat sin verksamhet med att driva fordonsflottor som maximerar transportkapaciteten. Därtill har IT-industrin fångat upp efterfrågan på tekniska lösningar för identifiering, koordinering och erbjudande av ledig industriell kapacitet.

4.5 Innovationsinfrastruktur

Att nå marknaden med nya produkter, tjänster, processer eller affärsmodeller – det vi kallar innovation – är redan högprioriterat inom stora delar av svensk industri. Ändå finns mycken förbättringspotential både vad gäller företagens systematiska innovationsarbete och det offentliga innovationsstödet. Vikten av innovation kommer med största sannolikhet att öka än mer fram till 2035. I en ideal värld har då flera av dagens hinder för innovation rätats ut.

År 2035 är det självklart och rättframt att bedriva innovationsarbete i Sverige. Tillgången på stöd som kompetens, kapital och nätverk är tillfyllest och transparent. Staten har en tydlig innovationsstrategi som resulterat i

rejåla satsningar på de områden som bedöms strategiskt viktiga. Offentlig upphandling är en naturlig väg för staten att få fram innovationer inom de strategiska områden, och en vanlig väg för små innovativa bolag att få igång sin försäljning. Stora företag interagerar självklart med små innovativa bolag kring såväl inkrementell som disruptiv innovation, och det finns gott om arenor där innovationer från startups och småföretag möter större aktörer på rättvisa villkor. Små och stora bolag implementerar lärdomar från varandra.

Rätten till immateriella tillgångar har tydliggjorts och stärkts. IPR-handeln har digitaliserats internationellt, och därmed blivit lätthanterad, snabb, kostnadseffektiv och tydlig. Startups och småföretag får adekvat juridiskt stöd av väletablerade stödfunktioner, och staten värnar tydligt svenska innovatörers upphovsrätt.

Skattesystemet har reformerats för att gynna innovation och entreprenörskap, och även riskfyllda investeringar i innovationsbolag. Lagstiftningen tillåter tester av nya produkter, tjänster och system i större skala – exempelvis i innovationsrika frizoner, områden där automatiskt undantag fås för annars nödvändiga tillstånd och lagregler. Vid bredare marknadsuttrullningar löser staten – eller EU – snabbt de domänöverskridande omregleringar som kan behövas för att samhället ska gagnas av nymodigheterna.

Både större och mindre företag har kunniga styrelser där såväl IPR-strategi som förmågan att styra och leda organisationen för innovation står högt på dagordningen. Alla bolag bedriver kontinuerligt innovationsarbete, strukturerat enligt framtidens innovationsledningsstandard som tagit stora steg från dagens ISO56000.

Uppdragen till de myndigheter, organ och projekt som idag heter exempelvis Vinnova, Tillväxtverket, Ignite, PRV, Almi, inkubatorer och science parks har förtydligats. Behovet av samordning har gjort att flera organisationer omformats och slagits samman så att innovationsstödsystemet mer effektivt kan bidra med kompetens, kapital och relevanta nätverk. Nationella tematiska inkubatorer har kritisk massa och volym nog för specialisering. Innovationsmiljöer i Sverige är naturligt internationella, och benchmarkas regelbundet av internationella peer-review-nätverk.

Alla dessa funktioner samverkar sömlöst med EU:s supportnätverk – sådant som idag benämns exempelvis ramprogram, EASME, COSME och Enterprise Europe Network men som till 2035 vidareutvecklats till en lätt-tillgänglig stödorganisation. För internationaliseringen av innovationerna samverkar även funktioner som idag bedrivs inom exempelvis Business Sweden och Exportkreditnämnden på ett smidigt sätt.

Akademins premiering av näringslivskontakter och innovation har ökat forskarnas och studenternas förståelse och intresse för innovationsarbete. Att arbeta tillsammans med industrin är en naturlig del av forskningen. Akademins forskare har lärt sig att hantera lärarundantaget som en innovationstillgång. Forskningsinstitut, universitet och högskolor samverkar sömlöst med industrin till nationens fromma, bland annat genom att tillhand-

hålla lättillgängliga aktuella och välutrustade testbäddar och labb – såväl fysiska som virtuella – till rimlig kostnad. Svenska testbäddar samverkar väl med testbäddar i andra länder, åtminstone inom EU. Ett av resultaten är att svenska universitet klättrat på de internationella ranking-listorna.

Forsknings- och innovationssatsningar inom nya teknologier och tillämpningsområden görs strategiskt och koordinerat mellan såväl de statliga som de privata aktörerna. Innovationsmiljöerna lägger stor vikt vid nya affärsmodeller som möter såväl nationella som internationella marknadskrav. Den tilltänkta kunden är en naturlig samarbetspartner och nyttiggörande av innovationen ingår i affärsupplägget.

Detta betyder inte att innovationsarbetet år 2035 är vare sig enkelt eller riskfritt. Det ligger i innovationsarbetets natur att man inte kan vara säker på vare sig arbetets resultat, innovationens slutgiltiga egenskaper eller hur väl marknaden ska ta emot nyheten. Den ökade tillgången på information medför förvisso fördelar i innovationsarbetet, men utjämnar också spelplanen globalt på så vis att all information finns tillgänglig för allt fler människor, vilket ökat konkurrensen och därmed kraven på innovationens verkshöjd. Men i Sverige är vid det laget såväl innovation som entreprenörskap givna element i akademisk utbildning, så landet står sig gott i den globala konkurrensen. Sveriges innovationsinfrastruktur kommer inte att passa alla, då offentliga medel inte satsas på sådant som inte bedöms vara strategiskt viktigt.

År 2035 kommer förstas finansierarna – offentliga såväl som privata – alltså att behöva prioritera. Men det har blivit lättare, då statens strategi är klarare, och i tydlig samklang med EU:s innovationsstödsystem. De lovande entreprenörer som prioriteras får hjälp med såväl kapital som kontaktnät så att de kan accelerera sitt arbete med innovationer som gör samhället bättre. Dödens dal är en historisk parentes – det privata kapitalet tar vid när innovationen tagit sina första steg ut på marknaden och risken sålunda sänkts. Det finns en hälsosam symbios mellan entreprenör, stat och privat finansierare, där kunskap, erfarenhet och kontaktnät korsbefruktas till entreprenörens fromma.

Inalles har detta resulterat i ett hållbart, innovativt Sverige som i ökande grad blir en internationell testmarknad, där allt fler internationella storaktörer förlägger sin forskning- och innovationsverksamhet. Ty digitaliseringen till trots så är fysisk närhet till kompetens, testmarknad och tidiga kunder alltså viktig, och vår position som föregångsland inom hållbarhet och digitalisering inklusive AI år 2035 helt unik.

5. Digitalisering för transformation



De trender och målbilder som beskrivits i de föregående kapitlen bygger till stor del på den tekniska utvecklingen. För att vi ska uppnå målbilderna behöver vi säkerställa att teknikutvecklingen fortsätter, vilket ställer krav på industri, akademi och samhället i övrigt. Vi behöver också säkerställa att de teknologier som kommer fram kan utnyttjas på rätt sätt. Detta kapitel fokuserar på fem områden inom digitalteknik där den samlade inputen till Färdplan indikerat att särskilda kraftsamlingar är nödvändiga: **Människan i samspel med digital teknik, Tillämpad AI, Digital integration och basinfrastruktur, Cybersäkerhet och Programvaruutveckling**. Vi föreslår ett antal åtgärder inom vart och ett av dessa fem områden, och presenterar ett spindeldiagram där vi bedömt dagsläget och ett realistiskt önskat läge år 2035.

I kapitel 6 behandlas ett antal olika områden för materialomställning, och i kapitel 7 de förmågor som behöver vässas för att säkerställa att all denna teknologi kan komma industrins konkurrenskraft till fromma.

Avsnitten om teknikområdena inleds med ett spindeldiagram där vi bedömt dagsläget och hur det kan komma att se ut 2035. Därefter beskrivs viktiga aspekter, och vilken önskvärd utveckling vi ser för det aktuella området.

Digitaliseringens mantra har i många år genomsyrat svensk industri. Inom allt från lönerullor och bokföring till försäljning, lager- och orderhantering, och på verkstadsgolv, så har funktion efter funktion effektiviserats med robotisering och IT-stöd. Förvisso ojämnt spritt – stora företag har ofta gått före små och interna processer har oftast föregått interaktioner med externa aktörer – men inriktningen att ”allt som kan digitaliseras kommer att digitaliseras” har varit tydlig länge.

I dagsläget står industrin inför nästa digitaliseringsvåg. Med artificiell intelligens (AI), Internet of Things (IoT) och uppkoppling exempelvis via 5G öppnas dörren mot visioner som den helt automatiserade fabriken, gruvan eller hamnen. Digitaliseringen – inklusive AI – ger också nya möjligheter att utveckla tjänsteaffärer, ibland individuellt utformade för varje kund. Som tidigare förklarats flyttas då hela eller delar av incitamentet för effektiv resursanvändning från kund till producent. Denna resurseffektivisering driver på utvecklingen av nya material och produktionsmetoder, däribland additiv tillverkning (AM), som också kan ses som en del av digitaliseringen. Digitalisering och uppkoppling är sålunda en affärsmässigt sund väg mot en mer hållbar, konkurrenskraftig industri.

Digitaliseringen av industrin i Sverige har dock hittills skett ojämnt, där det som varit självklart för stora bolag inte alls i samma utsträckning gällt små företag. När IVA 2017 frågade 360 små och medelstora företag hur de låg till med digitaliseringen så svarade 40% att de låg lite på

efterkälken eller långt efter. I samma undersökning konstaterades att det var effektivisering av interna processer och automatisering som dominerade digitaliseringsarbetet – där låg fokus hos omkring 40%. Färre än var tionde svarande fokuserade digitaliseringen på effektivare kundhantering, nya affärsmodeller eller nya produkter och tjänster. Med AI och tillhörande tekniker kommer sannolikt polariseringen att öka än mer mellan de som gör och de som inte gör något, då AI erbjuder fantastiska möjligheter för sådant som kundhantering och innovation.

Alla små företag ska förstås inte dras över en kam. Listan över startups och växande bolag som bygger på digitala innovationer för industrin kan göras lång, och utgör en viktig del av återväxten inom svensk industri. En värdemätare här är den så kallade 33-listan där tidningarna Ny Teknik och Affärsvärlden årligen publicerar de i deras tycke hetaste startupbolagen. På 2019 års lista återfinns exempelvis fyra bolag inom robotik (Cognibotics, Furhat, Gleechi och Tendo), fyra som gör olika typer av specialiserad mjukvaruutveckling för industribruk (Chromaway, Fossid, Mavenoid och Stravito), fyra hårdvarunära bolag (Myvox, Swegan, Xenergic och Zero-point), två bolag inom grafen för industribruk (2D Fab och Graphmatech) samt ett vardera inom autonoma bilar respektive 3D-skrivare för byggindustrin (Einride respektive BLB Industries).

En sak som stora och små företag har gemensamt är behovet av en säker och stabil digital basinfrastruktur. Att introduktionen av 5G i Sverige skjutits upp är förstås en nackdel för industrin i detta sammanhang. Ska löftena med industriell 5G kunna infrias krävs förutom driftsatta 5G-nät även ett ekosystem av support- och tjänsteföretag inom området, och det tar tid att bygga upp. Förvisso finns en rad testbäddar för 5G i landet som delvis fyller den funktionen, men steget från torrsim i testbädd till verklig kommersiell 5G-nytta kräver en hel del mer.

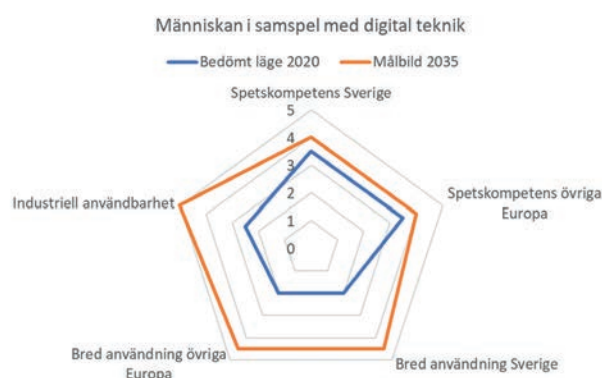
Jämte 5G-nät skulle industrin även vara betjänt av fler och öppnare datacenter. Att amerikanska jättar som Facebook, Amazon, Google och Microsoft bygger ut sina serverhallar i Sverige – motiverade av grön, säker och lågbeskattad elkraft – ger visserligen deras kunder här tillgång till näraliggande lagringskapacitet. Men företag med större krav på egenkontrollerad datalagring har behov av mer öppna datacenter än vad som finns idag. Att frågan är viktig illustreras av att digitala plattformar blir en allt viktigare del av företagets affärsmodeller.

⁴⁾ Smart Industri, fokus på små och medelstora företags digitalisering, IVA 2017.

⁵⁾ <https://www.nyteknik.se/special/har-ar-alla-vinnarna-pa-33-listan-2019-6958385>.

Att digitaliseringen driver utvecklingen av affärsmodellerna är något som ofta påpekas. Autonoma transporter med tunga fordon är ett tydligt sådant exempel. När föra- ren av fordonet försvinner ur ekvationen kan själva fordonen designas utifrån helt andra optimeringsparametrar. Då de i princip kan köras dygnet runt behöver de sannolikt inte ha samma formfaktor som idag, och av energibesparingskäl inte heller köras lika fort. Utan förare försvinner en stor del av värdet som åkerierna skapar, och då uppstår möjligheten att med fordonsflottor leverera tjänster som "transport" och "rullande lager" snarare än att sälja fordon. Vem som i det läget äger och drifrar fordonen, optimerar fordonsflottorna och deras leveranser, hur nätverken av underhållstjänster ser ut och vem som tar ansvaret vid olyckor är bara några frågor som ännu inte har fått sina svar. Lägg därtill att dagens förbränningsmotorer i stor utsträckning kommer att ersättas av elmotorer som får sin energi ur batterier eller från elektrifierade vägar så inses lätt att fordons- och transportindustrin står för gigantiska omvälvningar som kommer att kräva helt nya nivåer av digitalisering.

5.1 Människan i samspel med digital teknik



Digitaliseringen förändrar inte bara industrin. Den påverkar i hög grad människan, hur människan förhåller sig till den digitala tekniken och faktiskt vice versa – hur tekniken förhåller sig till människan. Något hårddraget har teknik tidigare varit verktyg för människan, men i takt med att tekniska föremål bli alltmer autonoma ändras relationen karaktär. Detta ökar kraven på ett etiskt förhållnings- sätt i teknikutvecklingen. Etiken – läran om vad som är rätt och fel – spås därför få en allt viktigare roll för industrins konkurrenskraft de kommande 10–15 åren.

En enkel Googlesökning kan förvisso ge mig ett informativt svar, så långt är tekniken ett verktyg. Men samtidigt är min sökning indata till Google, som modifierar sökalgoritmen. Google kapitaliserar på detta och tar betalt för att annonser relaterade till min sökning dyker upp i mitt flöde. I vissa länder, som Kina, sparar myndigheterna alla mina sökningar. Min användning av verktyget har blivit en datakälla som förändrar infrastrukturen runt mig, med för mig synnerligen opaka betalnings- och påverkansströmmar som följd. Som enskild företeelse kan det vara harmlöst, men när fenomenet skalar upp och blir en del av vår digitala vardag så påverkas min relation till tingen runtom mig, och även till människorna i min omgivning.

FÖRKLARING TILL SPINDELDIAGRAMMEN

Spindelndiagrammen bygger på en bedömning baserad på det material, de workshops och de intervjuer som gjorts i arbetet med Färdplansprojektet. Denna typ av bedömningar blir spekulativa och grova men kan ge en indikation huruvida Sverige ligger väl till eller behöver utveckla området. Spindelndiagrammen är främst avsedda att användas som underlag för diskussion. Vid bedömningar har vi använt följande definitioner:

2020: Bedömt nuläge utifrån insamlat material.

2035: Målbild 2035 baserat på det insamlade materialet.

För axlarna i diagrammen gäller följande:

Spetskompetens: Kompetens i relation till världsledande forskning. 0 indikerar att ingen forskning pågår, 3 att det pågår grundläggande forskning, 5 att kompetensen är i världsklass. Eftersom forskningsfronten flyttar sig så visar bedömningarna gapet till denna front.

Bred användning: Denna indikator speglar hur stor del av industrin som bedöms ha implementerat den aktuella tekniken. 3 innebär att hälften av industrin använder den och 5 innebär att tekniken finns implementerad inom relevanta industrier.

Industriell användbarhet: Denna indikator visar hur långt utvecklingen kommit mot en teknik som är lätt att tillämpa i praktiken. 1 innebär att tekniken finns som koncept och 5 innebär att den teknologi som beskrivs är användbar i industriell produktion.

AI och maskininläring ökar de etiska kraven på utveck- larna, och ställer de etiska frågeställningarna på sin spets. En algoritm för ansiktigenkänning som enbart tränats på en etnisk typ av ansikten fungerar inte överallt, och kan till och med uppfattas som rasistisk – sådana övertramp var inte ovanliga i AI-teknikens barndom.

En av de just nu mest omdebatterade etiska frågorna inom teknikutveckling gäller autonoma bilar, som i en olycksituation kan tvingas välja mellan att köra på en bland flera personer. Vem ska "offras"? Ska det över huvud taget finnas en algoritm för den frågan, eller ska slumpen avgöra? Och vem bär ansvaret för olyckan? Vem ska få av- göra detta – programmeraren, biltillverkaren, kunden eller någon annan? Eller kanske försäkringsbolaget, som kan er- bjuda lägre premier om de får inflytande över algoritmen?

När produkter kopplas upp – blir de ting som bygger upp Internet of Things – ändras också designrymden. Hur designas bäst en uppkopplad mixerstav? En autonom gräsklippare? En drönare? Vi kan inte ha en app för varje pryl, och allt kan inte ha en skärm, sålunda krävs ibland andra typer av sensorer och aktuatorer för den mänskliga interaktionen. Ljus, ljud och känsel blir troligen viktigare som kommunikationsformer. På några års sikt har sanno- likt ögonstyrning kommit betydligt längre än idag, liksom audiovisuell och haptisk återkoppling. Hur vi rör oss runt maskinerna kommer – med hjälp av AI – att påverka dem, och i takt med att vi lär oss hur kommer maskinerna att påverka vårt rörelsemönster och vice versa. Designfrågan är central för en rad konsument företag, som Husqvarna, Electrolux och Ikea. Men även industriföretag som ABB påverkas i hög grad. ABBs robotar är ju numera designa-

de för samarbete med människor, och den interaktionen förfinas allt mer.

Att människan nyttjar teknik till att förbättra sig själv är inget nytt – glasögon, hörapparater och pacemakers har funnits länge. Det nya är att dessa – och många andra – kan kopplas upp till internet och då alstra mängder av data vilket reser än fler etiska frågor. Plåster och inopererade kapslar med sensorer kan styra doseringen av medicin, vilket förvisso är av godo. Men all data som dessa produkter och tjänster alstrar – vem har rätt att använda dem, och hur? Ägandet och nyttjanderätten av den data som alstras i en värld fylld av AI och Internet of Things är en central fråga just nu, med djupgående etiska och ekonomiska aspekter. Vilken data äger användaren, och vilken äger företaget som sålde produkten eller tjänsten. Och hur göra med eventuella mellanhänder, som distributörer och serviceföretag?

Å ena sidan är integriteten viktig. Det finns ett mänskligt behov att ha någon slags kontroll över vem som har tillgång till data om oss, och vad de som har tillgången får göra med denna data. Å andra sidan är konkurrenskraften också viktig. Alla bolag som utvecklar AI-tillämpningar behöver tillgång till stora mängder data. I konkurrerande länder som USA och Kina är den tillgången mycket enklare, på bekostnad av integriteten. Integritetskraven – i Europa lagstiftade genom GDPR – kan då bli ett hinder för företagsutvecklingen. Noterbart är att EU:s AI-strategi, presenterad i ett white paper⁶⁾ i februari 2020, ingår att koordinera hur Europa hanterar mänskliga och etiska implikationer kring artificiell intelligens.

REKOMMENDATIONER:

Samspelet mellan människa och teknik är ett relativt obeforskat ämne, där frågorna för närvarande är fler än svaren. Rekommendationerna blir därmed mer kring hur mer kunskap ska åstadkommas än hur den ska tillämpas.

Gemensamt, på nationell nivå

- Följ och påverka EU:s policy och lagstiftning, i workshops eller motsvarande. Hur kan och bör Sverige agera? Här krävs en strategi.
- Som konsument och avnämare av AI-tjänster bör vi alla ställa höga etiska krav på leverantörerna.

Industriföretag

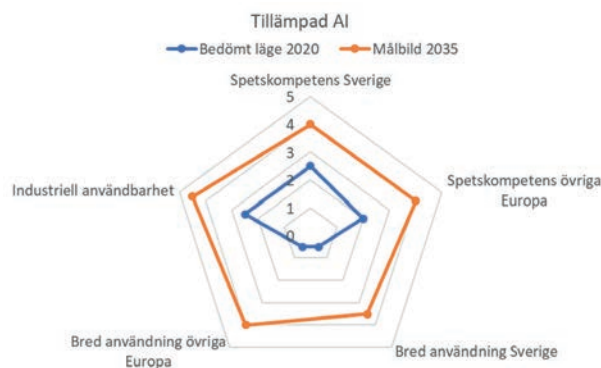
- Våga in etiska aspekter i utformningen av AI-algoritmer och deras tillämpningar. Hur AI används inom företaget är oftast en strategisk fråga som bör ägas av styrelsen och ledningen.

Staten, myndigheter och offentliga forskningsfinansiärer

- Öka resurserna till forskning kring samspelet mellan människor och maskiner. Vid tillsättningen av sådana resurser bör tvärvetenskapliga och korsfunktionella aspekter betonas, med flertalet domänkompetenser inblandade.

⁶⁾ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf

5.2 Tillämpad AI



Artificiell intelligens, AI, fick ett markant uppsving under 2019 och tillämpningarna spås närmast explodera i antal och betydelse. På sätt och vis är AI en naturlig del av industrins digitalisering – det handlar om programvara och algoritmer för analys av stora mängder data, i syfte att fatta mer eller mindre autonoma beslut. Och AI som sådant är inte nytt. De akademiska definitionerna och teorierna går tillbaka till 1950-talet, men det är först nu som datorerna är tillräckligt kapabla, algoritmerna tillräckligt utvecklade och datamängderna jämte behoven är tillräckligt stora för att tillämpningarna ska ta verklig fart för industriella ändamål.

Självkörande fordon, medicinsk diagnostik, sökmotorer, ansiktigenkänning och annan bildanalys, språkbearbetning och annonsplacering i sociala medier är några områden där AI redan tillämpats i så hög utsträckning att de satt spår i den allmänna debatten. En av de riktigt stora implikationerna av AI ser dock ut att kunna bli ökad individualisering på en rad områden som tjänsteanpassning, prediktivt underhåll, marknadsföring, och diagnostik av såväl människor som maskiner.

Att AI kommer att få stor betydelse för industrins hållbarhetsomvandling är tämligen okontroversiellt. Det ser ut att ske på flera sätt, där mer optimerade tjänster och processer inklusive förebyggande underhåll är relativt lågt hängande frukter. På längre sikt torde dock AI-teknikens stöd för tjänstefiering, och de därmed tillhörande resursoptimeringarna, få än större betydelse.

Enligt en internationell studie⁷⁾ planerar sex av tio företag att använda AI för att förbättra sina processer, vilket kanske inte är så överraskande. Att nästan lika många – 57% – ser AI som ett hjälpmedel att förändra hur de kommunicerar med sina kunder, och 48% tänker utveckla nya produkter och tjänster med AI är däremot ett trendbrott. Andra undersökningar ger liknande svar – enligt konsultföretaget Splunk som frågat 1 300 företag globalt kommer mellan 60 och 70% av bolagen att de närmaste fem åren använda AI för att driva innovation, styra affärsstrategier, optimera kundupplevelsen och rekrytera mer effektivt, förutom att förstås förbättra effektiviteten internt. Några ”bubblare” här är AI-stödd mjukvaruutveckling och AI-stödd design av fysiska produkter, där det finns indikationer på kommande genombrott.

⁷⁾ PA Knowledge Ltd och The Consumer Goods Forum, via WASP

Den svenska industrins fokus på spetskompetens inom AI illustreras kanske bäst av de redan tidigare nämnda satsningarna AI Innovation of Sweden och WASP, The Wallenberg Artificial Intelligence, Autonomous Systems and Software Program. WASP vill gå i spetsen för att bygga den kompetens som svensk industri behöver inom AI, autonoma system och programvara. Metoden är akademisk – WASP finansierar forskningsprojekt och rekryterar internationella toppforskare – målet är 400 doktorander varav 100 industridoktorander. Efterfrågan från industrin uppges vara mycket stark. Hos stora företag som Ericsson och Saab finns redan tioalet WASP-industridoktorander medan ett stort antal mindre företag redan har anställt en eller två.

Tillgången till kompetens uppges ofta vara ett hinder för att genomföra digitaliseringsåtgärder, och med AI lär just kompetensfrågan bli än mer accentuerad. Stora företag har muskler nog att köpa hela AI-bolag för ändamålet – ett exempel är SKFs förvärv av israeliska Presenso, specialist på prediktivt underhåll. WASPs satsningar kommer sannolikt att ha stor betydelse för de företag som har möjlighet och förmåga att delta. Flera universitet, institut och nätverk har aviserat satsningar på AI som förvisso kommer att ha betydelse, men som skulle kunna bli mer samordnade för industrins gagn. Dock finns anledning till oro för de främst mindre och medelstora företag som väljer att avvakta snarare än aktivt delta i AI-utvecklingen.

REKOMMENDATIONER:

Industriföretag

- Skapa eller utöka AI-strategin. AI-strategin bör vara en styrelsefråga för de flesta svenska industriföretag.
- Bygg upp den kompetens som krävs långsiktigt, exempelvis i samverkan med AI Innovation of Sweden och/eller WASP.
- Avvakta inte!

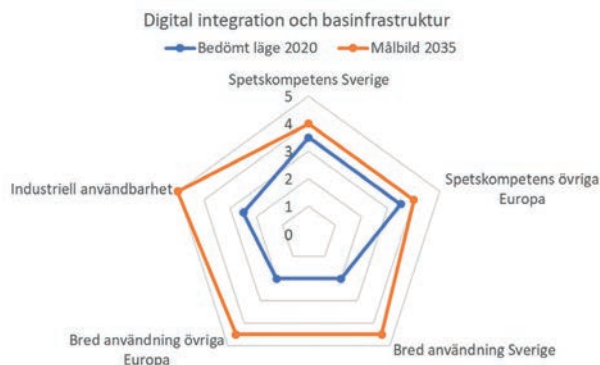
Akademien, institut och utbildningsaktörer

- Se till att AI ingår i alla civilingenjörsprogram, och även berörs i andra program som till exempel civilekonomprogram.
- Skapa orienterande AI-utbildningar för industriändamål.

Gemensamt, på nationell och internationell nivå

- Samordna den svenska AI-forskningen så att inte alla springer på samma bollar.
- Utveckla modeller för att identifiera och specificera vilket värde AI-tillämpningar kan ge.
- Påskynda tillgängliggörandet av gemensamma öppna data.
- Samverka med EU:s kommande satsningar på AI.
- Tillse att AI-kompetens når fler små och medelstora företag, och även företag utanför universitetsorterna.

5.3 Digital integration och basinfrastruktur



För att kunna utnyttja de teknologiska framstegen inom IKT – informations- och kommunikationsteknik – behövs såväl strategier som att en digital basinfrastruktur finns på plats. Basinfrastrukturen innefattar för det första kommunikationsnätverk, inklusive kraftförsörjning, som kan tillgodose de behov som industrin har vad gäller kapacitet, noggrannhet och tillgänglighet. För många tillverkande företag kan även produktionsrobotar ses som del av basinfrastrukturen. För det andra behövs gemensamma gränssnitt som gör att företag i hela värdekedjan har möjlighet att samarbeta genom att dela data. Detta kan antingen göras genom teknisk dominans för en vald lösning eller genom standardisering på internationell nivå.

För en industriell användning av infrastrukturen finns förväntningar på "ständig uppkoppling", en hundra procentig tillgänglighet dygnet runt. Dessutom finns stora krav på kort latenstid, det vill säga att fördröjningar inte får vara för långa, och därtill krävs stabilitet i den fördröjning som likväl finns. Denna tillgänglighet ska kombineras med en ökad användning av internet för privat och samhällsnytt. I detta perspektiv kommer också användning av infrastrukturen för kommunikation i trafiken in. I en miljö där autonoma bilar samexisterar med fordon med förare krävs att dessa fordon har en säker kommunikation mellan sig.

Ständigt uppdaterad digital infrastruktur är också snudd på en förutsättning för att hålla kvaliteten på den data som företaget äger på en tillräckligt hög nivå. Ett exempel är realtidsstyrning, som ställer höga krav på medvetenhet om de tidsintervaller som olika system uppdateras med.

En del av förutsättningarna för att realisera detta är att skapa digitala plattformar där olika lösningar som AI, digitala tvillingsystem och affärssystem hänger intimt samman. Realiseringen kräver också en utbyggd behandlingskapacitet i datacenter, såväl lokalt som i molnet. Systemen kommer inte att enbart finnas där för datadelning utan även för att dela tjänster och skapa ekosystem.

Den ökade dataanvändningen av data ställer inte bara krav på kommunikationstekniken. Den globala prognosen för 2025 indikerar att den energi som behövs för att driva de datacenter som behövs motsvarar mellan 9 och 14 megastäder.

Ytterligare en aspekt på infrastrukturen är att antalet

datakällor växer med mycket stor hastighet. Detta kräver också stora mängder energi, dels för enheternas drift, dels för kommunikation. På området "energi för sensorer och aktuatorer" är sålunda behovet av innovation stort, främst vad gäller energiskördning (energy harvesting) och energilagring.

Integrationen av industrin och internet spelar en stor roll, och den kommer att öka drastiskt de närmaste 10 till 15 åren. Gränsen mellan produktionsapparaten och den virtuella världen som modellerar produktionen kommer att bli allt suddigare. Maskiner kopplas samman med andra maskiner och människor, vilket skapar nya möjligheter till effektivisering och optimering. Detta kan bara ske i praktiken genom att olika typer av standardisering av hur delning av data ska ske mellan olika typer av system och maskiner. Produktionen kommer att vara känslig för störningar i den digitala infrastrukturen.

Med automatisering, AI och digitala tvillingar uppkommer en rad nya affärsfall, såväl för besparingar som för nya intäkter. Digitala tvillingar av produktionsprocessen och den färdiga produkten gör att nya samarbeten med både leverantörer och kunder kan etableras. När specifikationer delas digitalt minskar behovet av mellanlager samtidigt som svinn kan minimeras.

När den digitala tvillingen matas med data från sensorer kan produkt- och processutveckling optimeras exempelvis genom att onödiga tester skapas bort. Data från olika tester och produkter och processer i produktion och ute hos kund ger tillgång till resultat som var svåra eller rent ut av omöjliga att simulera tidigare. Samtidigt skapas en mängd data som man behöver ha kompetens för att hantera.

All data från funktion, processer, användning och underhåll kan bli en gedigen kunskapsbas som med hjälp av AI kan komma att bli som en "kristallkula för att se bättre in i framtiden". Den kan inte bara ge värdefull information om vad som till exempel kommer att gå sönder 3–6 månader i förväg utan även förfinade prognoser för ökat alternativt minskat behov av företagets tjänster vid ett givet tillfälle. Den ger möjlighet till att effektivt beställa material och produkter i tid och att hitta producenter tidigt. Det ger en större flexibilitet när det kommer till valet av att tillverka själv eller att köpa in en vara eller tjänst. Utvecklingsarbetet får möjlighet att börja på en högre nivå.

"Go to market"-strategin förändras fundamentalt. En riktig digital tvilling delas med kunder och används i kundens digitala tvilling, med stora potentiella vinster i kvalitet, tid och innovation. En "äkta digital tvilling" kräver en äkta fysikalisk representation med alla ekvationer och värden. För att nå dit krävs att kunskap om processer, domänen och AI samlas och samverkar.

En av forskningscheferna på ett svenskt IT-bolag uttryckte det så här:

"Man har pratat länge om digital twin som ett forskningsområde, som nu håller på att realiseras. Det kommer att påverka maskinleverantörerna. Du kan ifrågasätta vad maskinleverantörerna skall leverera i framtiden. Andra kan komma att leverera styrsystemen. En industriell ma-

skintillverkare kan utveckla en fantastisk mjukvara som även kan styra konkurrenternas robotar och inte bara den egna. Det förändrar hela konkurrensbilden. Vi kommer att se nya företag som kommer in med förebyggande underhåll, med algoritmer för att monitorera verksamheter. Här skapas värdet bort från de traditionella industrierna. Den digitala infrastrukturen kommer att bli den produktionsteknik som är central för att cheferna skall kunna känna kontroll över verksamheten. En annan effekt är att värdet idag inte ligger i den fysiska maskinen utan i mjukvaran som styr den och mjukvaran kommer att flyttas ut från maskin till moln. Maskinen är motorerna, men styrs från molnet."

Å andra sidan behöver det i många fall inte vara så komplicerat. Basal kunskap om uppkoppling kan räcka långt. Att förstå hur man ska använda data, och hur företagens produkter uppför sig kan resultera i bättre service och underhåll. Många industriföretag kan komma långt med aningen mer grundläggande kompetens kring data, uppkoppling och infrastruktur.

REKOMMENDATIONER:

Gemensamt

- Definiera vad som bör ingå i grundläggande digital basinfrastruktur.

Staten, myndigheter

- Se till att processer för tillståndsgivning löper snabbt och förutsägbart. Förseningen av 5G-utrollningen i Sverige får inte upprepas!
- Tillse att de av Nordens statsministrar undertecknade Letter of Intent från Nordiska Ministerrådet 2018 om-sätts i handling.

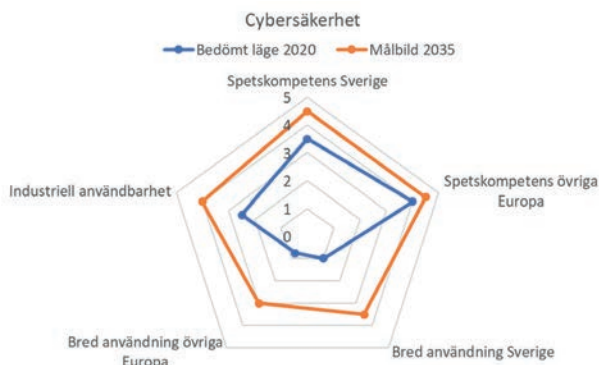
Industriföretag

- Bygg upp kunskap kring uppkoppling och digital infrastruktur.
- Utvärdera om och hur 5G eller alternativ kan tillämpas i det egna företaget.
- Utvärdera hur annan ny teknik som "cloud" och "edge" påverkar den egna digitala infrastrukturen.

Akademi och institut

- Samverka med industrin för kommande generationer digital infrastruktur, exempelvis 6G.
- Möjligen kan akademien och instituten även ha en roll för industrianpassning av 5G och annan infrastruktur.

5.4 Cybersäkerhet



Dagens snabba tekniska utveckling gör att riskerna för bland annat datakriminalitet, intrång och spridning av felaktig information ökar. Genom ökad kunskap om lösningar för cybersäkerheten kan vi skydda människor, organisationer och utrustningar. De utmaningar som finns är av både teknisk och social karaktär. Här finns det ett klart behov av miljöer där industrin kan testa lösningar och lämpliga skyddsnivåer på ett kontrollerat sätt. Bland de områden där ytterligare forskning och utveckling behövs finns säkerhetspolicys, förståelse för motiv till angrepp, säkerhet och pålitlighet i IT-infrastrukturen, hur förtroende för system kan skapas inom företag och i samhället samt metoder för utveckling av säkra system, inklusive hanteringen av redan existerande system. Relaterat till detta är frågan om integriteten vid datadelning. är ett område som är kritiskt för att skapa tilltro till tekniken. Om tilltron undermineras kommer det att förhindra nya sätt att dela information för effektivare produktion, transport och återvinning. Svårigheten är att det finns en inbyggd motsättning mellan att dela och att skydda data. Detsamma gäller också för hur information sprids och hur man kan skilja den från desinformation.

REKOMMENDATIONER:

De hot som finns via vår uppkopplade värld behöver hanteras på alla nivåer. Det gör att vi ser att handlingsplaner behövs internationellt, nationellt och på organisationsnivå.

Gemensamt, på nationell och internationell nivå

- På nationell nivå ser vi att aktiviteterna för prevention, försvar och hantering av återstart behöver koordineras. Alla aktörer i samhället, statsmakterna, den privata sektorn och civilsamhället behöver delta i denna koordinering. De aktiviteter som behövs innefattar att ta fram en genomarbetad nationell strategi, att utveckla ett regelverk med stöd i standarder, samt säkerställa en motståndskraftig digital infrastruktur genom ett gemensamt ramverk där de olika intressenterna samverkar.
- På internationell nivå pågår ett antal initiativ, speciellt på europeisk nivå. Dessa behöver samordnas och koordineras men är helt nödvändiga eftersom en övervägande del av hoten kommer från externa aktörer.

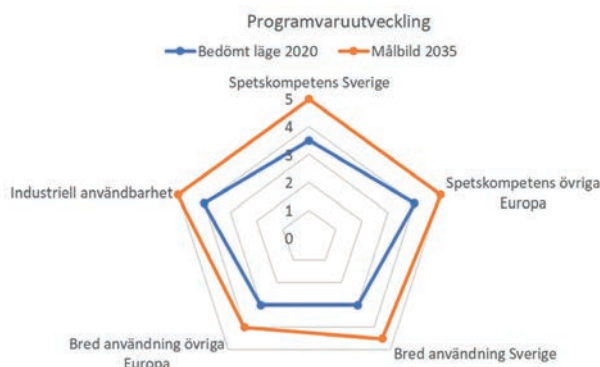
Industriföretag

- Varje industriföretag bör – eventuellt i samverkan andra – göra en strategisk plan för att förstå hotbilden, förebygga angrepp samt för att hantera effekterna av eventuella intrång och hot. Den strategiska planen behöver hantera både kort- och långsiktighet. Genom egna experter eller genom att delta i nätverk behöver varje organisation hålla sig uppdaterade om utvecklingen inom området och säkerställa att man följer leverantörers rekommendationer om hot och uppdateringar. En aspekt som är viktig är att integrera alla säkerhetslösningar som finns för den fysiska miljön med lösningar för cybersäkerhet. Vid produkt- och systemutveckling behöver företagen ta hänsyn till sina produkters livslängd och säkerställa att produkter kan uppdateras baserat på nya hot och metoder för intrång.

Akademien, institut och utbildningsaktörer

- Vad industrin önskar från akademien inkluderar bland annat lösningar och säkerhet och pålitlighet i IT-infrastrukturen, hur förtroende för system kan skapas inom företag och i samhället samt metoder för utveckling av säkra system. Stora delar av denna forskning behöver också bedrivas i internationella projekt för att kunna skapa gemensamma plattformar för en säker miljö som inte försvårar industriella verksamheter.

5.5 Programvaruutveckling



En viktig ingenjörsuppgift som sannolikt kommer att förändras i grunden under de kommande åren är utveckling av programvara. Men inte främst för att AI och nya verktyg kommer att skapa nya möjligheter, utan för den fundamentala förändringen att Moores lag ser ut att gå mot vägs ände. Vilket innebär att hårdvarusidan inte längre kommer att ge mjukvarusidan en automatisk skjuts i prestanda, och att mjukvaruingenjörerna således måste arbeta i nya banor för att klara industrins krav på produktivitet – dessa kommer ju knappast att minska.

Moores lag, uppkallad efter halvledarpionjären Fairchilds grundare Gordon Moore, har sedan den formulerades på 1960-talet med närmast kuslig precision förutspått att halvledarnas – processorernas – prestanda dubblats var 18:e månad. De har antingen blivit dubbel så snabba eller hälften så energikrävande, beroende på tillämpning. De verktyg och processförbättringar som

krävs för att vidmakthålla denna förändringstakt för dock nu en ojämnhet mot fysikens lagar. Nya generationer halvledare kräver redan allt längre utvecklingstid och allt fler miljarder i utvecklingsbudget, och prognoser från halvledarindustrin pekar nu på att omkring år 2025 eller så är det sannolikt så att processorerna så som vi känner dem idag inte blir bättre.⁸⁾

Detta ger stora konsekvenser för en av Sveriges största yrkesgrupper. Att utveckla programvara och system är det åttonde vanligaste jobbet i Sverige, och det vanligaste jobbet i Stockholmsregionen. Cirka 75 000 personer i landet jobbar med detta⁹⁾, varav 35 000 i huvudstaden¹⁰⁾. Dessa personer och deras arbetsgivare kommer att behöva jobba med radikalt nya metoder om de ska kunna fortsätta leva upp till framtidskraven. Industrin kommer av allt att döma att även framgent vilja ha allt snabbare IT-utrustning som löser allt komplexare problem, dessutom med lägre energiförbrukning.

En hyggligt näraliggande lösning är att fokusera mer på optimering av kod, sannolikt såväl effektiviserade kompilatorer som optimerade algoritmer. För gamla mjukvaru-ävar är detta inget nytt, det var sådant som krävdes förr, för 1900-talets processorer, minnen och andra halvledarkretsar. Men konsten har i stor utsträckning fallit i glömska, då så mycket av dagens mjukvaruutveckling bygger på icke-optimerad öppen källkod, återanvändning av gammal kod och en vana vid att halvledarkapacitet är så gott som gratis. Öppen källkod – open source – kommer förvisso inte att försvinna, däremot kommer effektivitet att bli en allt viktigare parameter vid val av kod.

Därtill kommer möjligheterna att tillämpa AI på programvaruutvecklingen, inte minst för att felsöka och avlusa kod. Även för optimeringsändamål kan AI vara användbart – tekniken har definitivt potential att hitta icke optimerade kodavsnitt och kanske även att söka bland öppen källkod för att hitta mer optimerad kod för liknande ändamål.

Man kan förstås sätta sitt hopp till att halvledarindustrin hittar nya metoder att förbättra processorerna trots att fysiken sätter stopp för minskade geometrier. Men de ansatser som hittills presenterats, som tredimensionellt byggda halvledare, spintronik eller nya material som grafen och InGaAs (Indium-Gallium-Arsenid) har hittills inte utvecklats tillräckligt snabbt för att utgöra hållbara alternativ till dagens CMOS i kisel. Även kvantteknik har nämnts som framtida lösning på halvledarutmaningen, och genombrott där skulle förändra situationen radikalt. Mycket forskning pågår hos såväl företag som akademi, men för närvarande är intrycket att industrin i Sverige betraktar kvanttekniken som mer spekulativ och lovande på sikt än praktiskt användbar i närtid.

⁸⁾ https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law

⁹⁾ <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/arbetsmarknad/sysselsattning-forvarvsarbete-och-arbetstider/yrkesregistret-med-yrkesstatistik/pong/tabell-och-diagram/30-storsta-yrkena/>

¹⁰⁾ <https://www.chamber.se/cldocpart/2596.pdf>

På vägen mot den värld där "allt" är uppkopplat, och där 100 Mbit/s är så billigt att det ses som en hygienfaktor snarare än en tilläggsfunktion, så kommer systemen med nödvändighet att bli allt mer distribuerade. Detta leder till ytterligare utmaningar för mjukvaruutvecklarna. När 5G slår igenom, om inte förr, kommer sannolikt dagens standardarkitektur för appar, med en mobil frontend och en backend i molnet, att behöva kompletteras med en tredje del, en beräkningsintensiv del i "edge". Denna "edge"-del kommer att behöva flyttas snabbt till det datacenter eller motsvarande där den kan exekvera mest effektivt. Kraven på beräkningshastighet kommer i ett stort antal tillämpningar helt enkelt att vara så höga att backend i molnet tar för många nanosekunder att kommunicera direkt med. Och då kostnaden i energi och kapacitet är dyrare i edge än i cloud kommer optimeringen här att bli en delikat uppgift. Att kunna göra en smart uppdelning mellan data och beräkningar i denna tredelade arkitektur kan sannolikt bli en specialitet i sig. I synnerhet om man väger in säkerhetsaspekter, inklusive den robusthet som kan krävas då kommunikationen till molnet av någon anledning inte fungerar.

Vad behöver då göras i denna situation? Att Moores lag går in i väggen har förvisso förutspåtts tidigare, och varningssignalerna har i viss mån varit av typen "vargen kommer". Men om det tidigare varit processteknik och skalekonomi som spått bromsa Moore så är det faktiskt fysik det handlar om denna gång. Så framtidsspaningen är värd att ta på allvar. Området kommer sannolikt att få ökad betydelse för industrin i allmänhet och framtidens mjukvaruingenjörer i synnerhet.

När det gäller de nya kraven från distribuerade system är åtgärdslistan rimligen mer företagsspecifik då situationen på varje företag är mer unik här. Troligen kommer de konsulter som behärskar utmaningarna att få en god marknad. Akademisk forskning och utbildning är förstås viktigt även på detta område. I den mån andra statligt stödda satsningar behövs åligger det industrin att påvisa sådana behov, då fenomenet ofta är av evolutionär snarare än revolutionär karaktär.

Rekommendationer: Industriföretag

- Varje industriföretag bör själv – eller i samverkan andra – identifiera vad förändringen innebär och göra en strategisk plan för att hantera effekterna.

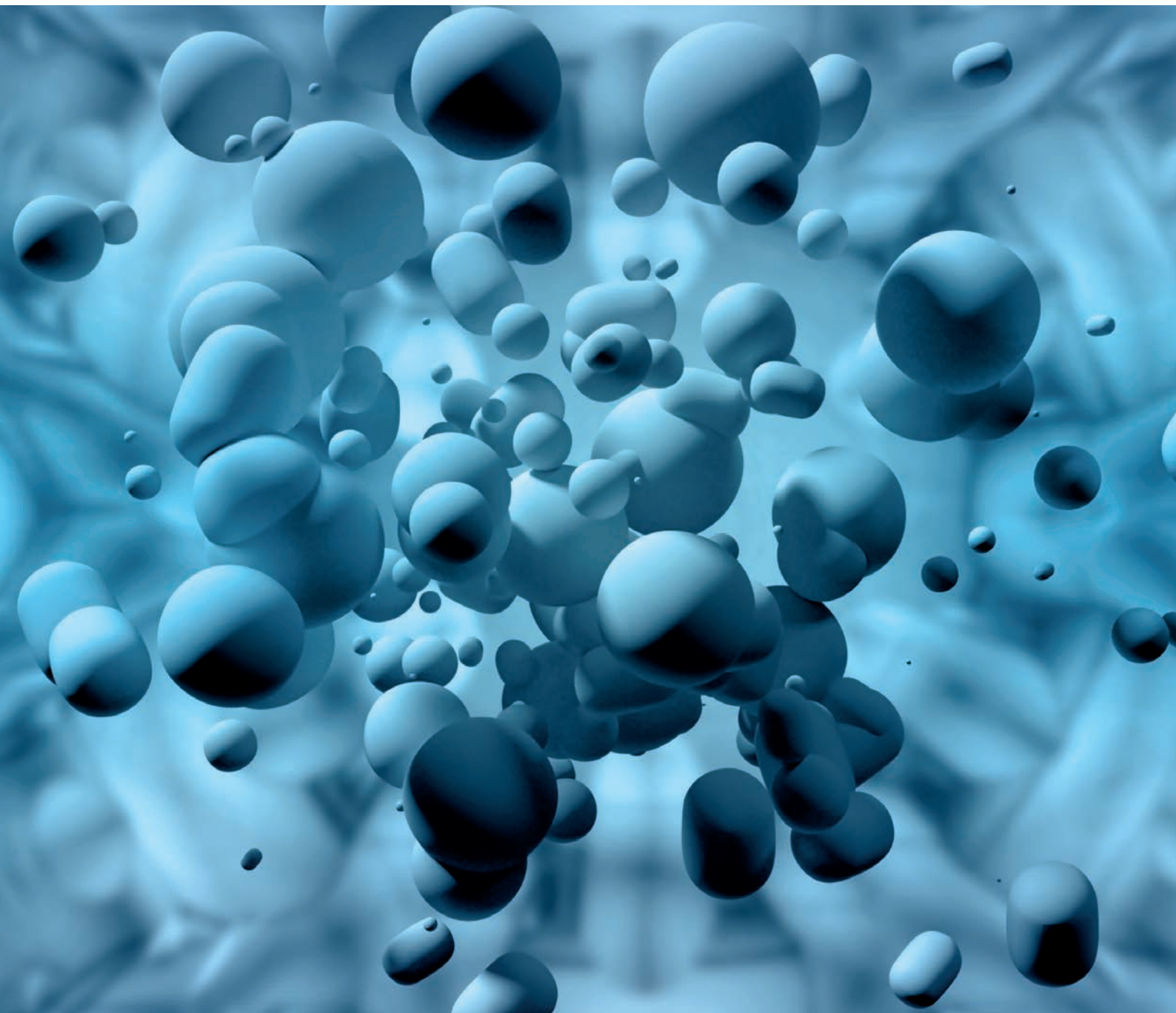
Akademien, institut och utbildningsaktörer

- Ett önskvärt fokus vore alternativa metoder för prestandaökning som bygger mer på optimerad kod, och möjligen på mer AI-användning, än på ständigt snabbare processorer.

Staten, myndigheter och offentliga forskningsfinansiärer

- Tillse att insikterna breddas även till små och medelstora företag, och eventuellt stötta utvecklingsinitiativ.

6. **Materialomställning**



En av utgångspunkterna för Färdplan Sverige var ett konstaterande från det tidigare Samverkansprogrammet att svensk industri trots stora satsningar på materialforskning inte tar till sig nya material i särskilt hög utsträckning. Vi får helt enkelt inte tillräckligt mycket ”bang for the buck”, trots att många svenska stora och små företag bygger sin verksamhet på avancerad materialteknologi och att vi i vissa nischer kan visa upp världsledande forskning.

Hållbarhetsmålen med minskat fossilberoende och ökad resurseffektivitet påverkas i hög grad av hur vi hanterar material som används i alla typer av produkter och förpackningar. Minskat fossilberoende kan till exempel nås genom byte från fossilbaserade material till biobaserade, nyttjande av lokala material och lokal produktion för att minska transporter, fossilfri energi vid produktion och transporter samt lättare produkter (mindre energikrävande transporter och transportlösningar med reducerad energiförbrukning).

Ansätser för ökad resurseffektivitet är bland andra cirkulärt tänkande, ökat värdebevarande – från nedgradering till uppgradering vid återvinning – och beslutsfattande baserat på totala miljöpåverkan. Hur vi arbetar med återvunnet material är en fråga som institut och industrin arbetar med. Effektivare användning av energi för framställning av material behövs och en övergång till processer som baserar sig på förnyelsebara källor skulle minska påverkan på miljön.

Genom att använda andra material än idag och dessutom gå från linjära till cirkulära materialflöden kan industrin bidra till att uppnå de uppsatta målen med ökad resurseffektivitet och minskad miljöpåverkan. Med den samverkanstruktur, kluster, inkubation och teknikutveckling som krävs för materialomställning har Sverige unika förutsättningar att etablera en ledande position för utveckling av affärsmässiga cirkulära materialsystem med materialvärdeökning av sekundära material.

För att kunna genomföra materialbyte med resurseffektivitet i fokus krävs flertalet åtgärder för att möta industrins behov. Genom sänkt vikt för både produkt och transporter inom många industrier påverkas energiförbrukningen. Det finns också nya behov av egenskaper på grund av ändrade transportlösningar där ljud- och temperaturisolerings, EMC och designfrihet är några exempel som kräver helt nya förutsättningar. Närproducerad tillverkning är också en faktor för att minska transporter. Ytterligare potential finns i att använda nya material som möjliggörare till ny hårdvara. Produkter kan göras flexibla, bärbara, effektiva, hållbara och mindre. När nya material tas fram är det nödvändigt att säkerställa återanvändning etc. för att uppnå cirkulära flöden även för dessa.

Påpekas bör också att Sverige är rikt på miljövänlig energi och råvara från skog och mark, vilket ger förutsättningar för en rad biobaserade materialinnovationer. Exempel här är biobaserade plaster, ligninbaserad kolfiber och naturfiberförstärkta produkter.

Varför är det så svårt för nya material att nå genombrott på marknaden? Frågan har inget enkelt svar. I arbetet med Färdplanen har flera synpunkter inkommit, som noterar hinder inom företag, bland forskarna, kring finansieringen och i hela ekosystemet.

Att börja med nya material kan vara ett stort steg för många företag, inte minst om man är stor, mogen och tjänar bra med pengar med befintlig maskinpark. Att då hellre förbättra det man har, inkrementellt och stött av befintlig incitamentsstruktur, kan locka mer än disruptiva innovationskliv. Sålunda är det inte konstigt att det mest är startups och mindre företag som driver många nya material framåt. Inte heller är det konstigt att de mindre företagen kan ha svårt att hitta rätt timing för att etablera samarbete med större företag.

Att ta till sig nya material tarvar oftast investeringar, och ibland även arbete med patentportföljen eller hela affärsstrategin. Vissa internationella storföretag, bland dem IBM och Samsung, scoutar aktivt bland forskare och startups för att få insikter om teknikutveckling. Det handlar om att vara förändringsfärdig, och implementera de processer som krävs för att kunna ta konsekvenserna av insikterna. För radikala sådana konsekvenser krävs att frågan om nya material lyfts till styrelsenivå.

Flera små svenska materialföretag vittnar om svårigheten att få gehör från svenska storföretag kring materialinnovationer, och menar att detta till stor del beror på bristande materialkompetens på styrelsenivå. En konsekvens av detta kan bli att teknik som utvecklats i Sverige, delvis med svenska skattemedel, köps upp av internationella företag och då försvinner ut ur landet.

Ytterligare en utmaning är att materialutveckling tar lång tid. Utväxlingen kan förvisso bli god, men det kräver uthålliga finansiärer, inte minst då uppskalningsprocessen ofta är mer kostsam inom material än inom andra teknikområden. Ska resultatet få globalt genomslag krävs långsiktiga, strategiska satsningar där många parter drar åt samma håll.

REKOMMENDATIONER: Industriföretag

- Lyft frågan om nya material till styrelsen. Ta höjd för möjligheten att modifiera strategin. Se över IPR-portföljen med materialinnovation i åtanke. Överväg ökad scouting.

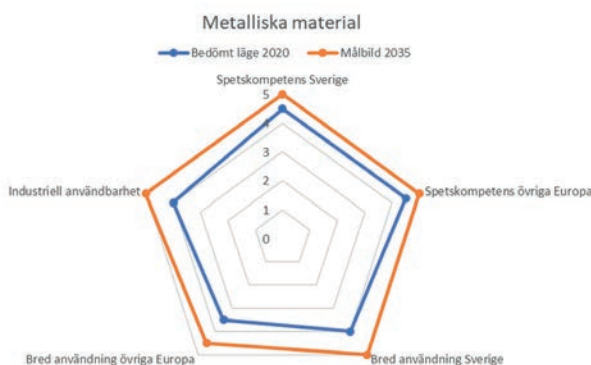
Staten, myndigheter och offentliga forskningsfinansiärer

- Skapa långsiktiga strategiska satsningar där hela ekosystem knyts ihop från forskning till avnämare, tillsammans med satsningar i test- och demoanläggningar med möjlighet till framtida uppskalning, gärna i Vinnväxt-liknande satsningar.

Gemensamt, på nationell nivå

- Skapa fler forum för möten mellan materialforskare och företag, stora som små.
- Skapa möjlighet till utbildning inom material för såväl investerare som styrelseledamöter.

6.1 Metalliska material för hållbart samhälle



Inom svensk metallindustri finns världsledande förmåga att framställa högkvalitativa stål från råmaterial såväl från gruvor som från skrotbaserad produktion och användning av sekundärstål. Tekniskt kunnande inom metallurgi och andra materialvetenskaper är i flera fall i världsklass. Flera högst relevanta produktkategorier – däribland lastbilar, bilar, möbler, kläder/textil och vitvaror – räknar svenska metallproducerande bolag bland de ledande producenterna.

För att vi ska få en hållbar användning av metalliska material behöver hela kedjan från gruva till produkt och konsument hanteras. De mest påtagliga, omfattande och avgörande utmaningarna för gruv- och metallindustrin är relaterade till omställning och nödvändigheten av ny teknik, nya metoder och arbetssätt samt nya cirkulära affärsmodeller. Samtidigt som mineral och metaller är en nödvändig möjliggörare för att uppfylla många av de globala målen, så är exempelvis energi- och klimatmålen samt hållbar produktion stora utmaningar för branschen som helhet.

Stora möjligheter men också stora utmaningar ligger i att effektivt använda sig av automation och digitalisering. Det finns idag tillgänglig teknik som kan införas för att uppfylla de övergripande målen. Dessa mål innefattar bland annat minimal påverkan på omgivningen, att vara konkurrenskraftig, branschledande och att vara en attraktiv arbetsgivare. Övriga områden som identifierats av gruv-, mineral-, och metallindustrin som viktiga för en omställning är mineraltillgång, resurseffektivitet och cirkularitet, effektiv och säker produktion, minskad klimatpåverkan och elektrifiering samt minskad miljöpåverkan. Industrin

vill också kunna ha ett kundnära samarbete vid produktframtagning och dessutom har skräddarsydda erbjudanden vad gäller produkttegenskaper, kvalitet och leverans.

Ny teknik kan sålunda förbättra kostnadseffektivitet, produktivitet och säkerhet, samt prospektering, karaktärisering, processeffektivitet och kvalitet. Automatisering kan också bidra till att eliminera farliga miljöer och allvarliga olycksfall. Utvecklingen inom big data analytics, artificiell intelligens, sakernas internet (IoT) och cyberfysiska system samt en högpresterande kommunikationsinfrastruktur är kritiska möjliggörare. Samtidigt är en bitvis obesvarad fråga hur de digitala verktygen ska integreras i de industriella processerna, och organisationerna och arbetssätten är stora utmaningar för branschen. En avgörande utmaning är hur man går till väga och hur man kan investera i ny teknik och nya system till låg kostnad för att dessa ska kunna integreras i existerande anläggningar. De olika leden i värdekedjorna behöver samordnas, och samarbetet mellan olika aktörer i hög grad automatiseras. Det krävs en fungerande spårbarhet genom någon typ av märkning som också kan visualiseras. De avancerade digitala lösningarna kräver dessutom en bitvis nya typer av kunskap samt ökad kompetens bland medarbetarna och stor omställning i produktionen.

Om vi – industrin och dess ekosystem – lyckas identifiera de nya tekniska lösningarna, och också har förmåga att införa dem, kan det starkt bidra till industriell konkurrenskraft och hållbar utveckling. Men det kräver både fortsatt materialutveckling och utnyttjande av digital teknik. Resurseffektivitet skapar fördelar genom att minska kostnader för framställning av metalliska material och genom att nya användningsområden för restprodukter identifieras. I detta perspektiv bör hela värdekedjan beaktas. Genom att använda rätt material, produktionsmetod och konstruktioner går det till exempel att minska vikten på fordon vilket leder till reducerat behov av energi. Detta kan uppnås till exempel uppnås genom att i ökande grad använda stål och aluminium i kombination med kolfiber eller avancerade ytbeläggningar.

Den snabba urbaniseringen skapar ett behov av att även framtidens byggnader byggs betydligt lättare än i dag, för att våra städer ska kunna byggas högre och tätare, ofta ovanpå befintlig infrastruktur som tunnelbanor, nedgrävda vägar och andra försörjningssystem. Parallellt behöver byggnadernas uppvärmnings- och kylbehov minska. Det är en kombination som kommer att kräva nya avancerade material som möjliggör nya funktioner.

Även vid produktion av energi behöver resurseffektiviteten ökas. Bättre material kan ge möjligheten att öka verkningsgraden i kraftverk. Det handlar om material som klarar högre temperaturer, har bättre hållfasthet, och kan bidra till att kunna producera energi i ogästvänliga miljöer än idag. Svensk metallindustris satsningar på höghållfasta, värmetåliga rostfria stål, avancerade gjutna komponenter, aluminium- och nickellegeringar spelar här redan en nyckelroll som kan fortsätta utvecklas. Industrin är dock också medveten om kundernas behov av att ta hänsyn till existerande lösningar och material, speciellt

då nya material kräver ändringar i infrastrukturer och därmed investeringar i ny utrustning och ny kompetens.

Genom att Sverige är ett land med väl utvecklade värdekedjor inom metallindustrin finns goda möjligheter till samverkan mellan olika sektorer. Sverige har unika möjligheter att skapa innovativa, resurseffektiva sätt att nå olika, komplexa funktioner. Dessutom kan forskningen och metodutvecklingen kring alltifrån koldioxidsnål framställning av råjärn till konstruktion av lätta produkter med resurssnål användning ge förutsättningar för viktiga exportprodukter och dessutom bidra till investeringar i Sverige. Den teknik som är generell och som i stora delar är gemensam med andra delar av svensk industri baserar sig på informations- och kommunikationsteknologier.

REKOMMENDATIONER:

Gruv- och metallindustrin

- Vidareutveckla digitala tvillingar och processkontrollsystem som möjliggör systemoptimering
- Skapa nya övervakningsmetoder för bergmekanik, seismik och underhåll genom att anpassa användningen av sensortekniker
- Utveckla tillförlitlig IT-infrastruktur med realtidsfunktioner och hundraprocentig täckning dygnet runt.
- Vidareutveckla automatiserad och smart utrustning till exempel för gruvor och för alla enhetsoperationer.
- Digitalisera förädlingsanläggningar med online-analys och karaktärisering, sensorteknik och dataanalys med hjälp av AI.
- Utveckla nya metoder för övervakning och kontroll av arbetsmiljön samt nya iterativa ramverk för planering av attraktiva arbetsplatser.
- Genomför miljöriskhantering genom on-line miljöövervaknings- och datahanteringssystem
- På lite längre sikt behövs ytterligare utveckling av övergripande systemintegration för system och utrustning i hela produktionsprocessen, 100% kontinuerlig on-line processkontroll och styrning, automatiserad utrustning som optimerar processen med hjälp av AI, och utvecklad mätteknik samt metoder för att behandla stora datamängder kopplade till metallurgiska reaktioner

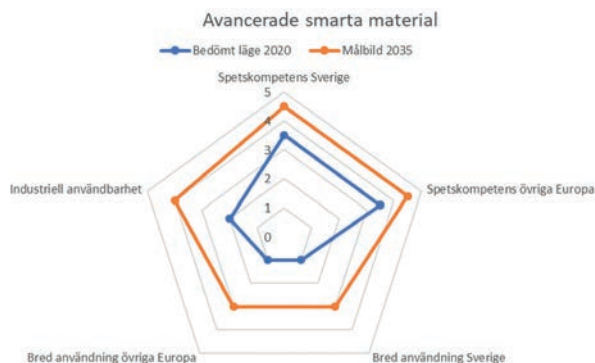
Gemensamt, på nationell/internationell nivå

- Säkra kompetensförsörjningen, skapa attraktionskraft. Den nya tekniken i kombination med den komplexa gruv- och metallindustrin gör att det krävs hög kompetens inom denna industri.

Staten, myndigheter och offentliga forskningsfinansiärer

- Snabba upp hanteringen av tillståndsgivning. Den tid det tar för att erhålla ett miljötillstånd i Sverige är mycket längre än i övriga länder vilket påverkar investeringsviljan i Sverige hos företag som har alternativa lokaliseringsmöjligheter. Den svenska miljölagstiftningen, som framför allt i tillståndprocessen är unik i Europa, medför dessutom att vi står för särskilda utmaningar vid implementeringen av EU:s industriemissionsdirektiv.

6.2 Avancerade smarta material



Utvecklingen av avancerade smarta material ger möjligheter och kan påverka all industri. Vissa grundfunktioner och teknologier ger möjlighet till nya innovationer för alla typer av produkter och system. En bred definition är att dessa material är multifunktionella och har en eller flera egenskaper som kan förändras genom en mindre yttre påverkan. En bil kan till exempel ha en yta som fungerar som en solfångare men som vid regn fungerar som vattenavvisare.

Flera av de teknologier som tagits fram och som finns tillgängliga idag har inte kommit i bred användning. Ett exempel är grafen vars egenskaper kan leda till hållbara, effektiva och flexibla funktioner i produkter. Här finns flera spännande svenska startups, däribland Graphmatech vars material kan användas för exempelvis hållfasta, elektriskt och termiskt ledande polymerkompositer eller tåliga metallkompositer för slitstarka kontaktdon.

Längre fram ser vi att det kommer att kunna finnas fler typer av tvådimensionella material (material som i likhet med grafen består av ett enda atomlager) som kan kombineras och ge nya egenskaper. Forskning pågår för att dessa material ska kunna användas i olika applikationer som halvledare och elektronik utan kisel, komponenter för energiskördning med mera. Det skulle till exempel ge möjlighet att ta fram flexibla "wearables" som smidigt kan integreras i kläder. Ett applikationsområde för detta kan vara inom sjukvården för att lättare kunna övervaka hälsotillstånd hos patienter. Ett annat exempel som kan vara användbart för industritillämpningar är smart mekatronik som integrerar sensorer, små motorer, elektronik och programvara.

För att från början säkerställa att vi får hållbarhet och cirkularitet för dessa material krävs bland annat nya fogningsmetoder, inklusive metoder för att separera material då produkter ska återvinnas. Det behövs även modeller för att göra det effektivt att konstruera processer baserade på materialblandningar som i utvecklingsprocessen inkluderar hållbarhetsaspekten. Vi ser ett behov av en kombination av material- och processutveckling som har stöd av avancerad simulering.

Långsiktigt kommer de avancerade smarta materialen kunna ha funktioner som gör att de kan reparera den produkt de ingår i. Ett exempel är att repor och sprickor i ytor på mobiler och klockor kommer att kunna bli "självläkande".

REKOMMENDATIONER:

Gemensamt

- Skapa fler arenor där storföretag, forskare och specialiserade startups kan mötas för ömsesidig nytta.
- Stärk ESS och MAX IV vad avser samarbete med svenska stora och små företag och andra svenska intressenter, i syfte att stärka den nationella attraktionskraften.

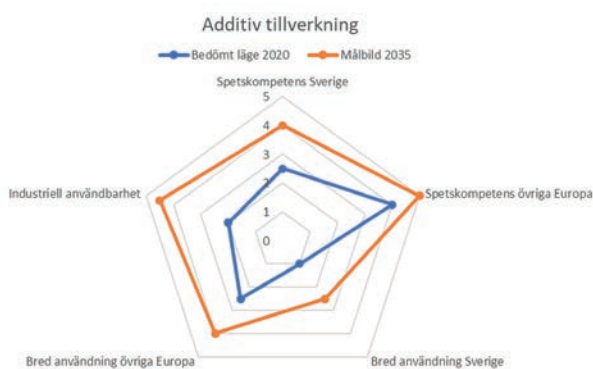
Industriföretag

- Skapa interna strategier för hur avancerade smarta material kan och bör integreras i kommande produkter och tjänster.

Akademi och institut

- Utred återanvändbarheten för avancerade smarta material ur ett återvinnings- och cirkularitetshänseende.

6.3 Additiv tillverkning



Additiv tillverkning, ofta även kallat 3D-printning, är en av de disruptiva teknologier som spås påverka den tillverkande industrin mest. Med additiv tillverkning går det att ta fram helt nya strukturer som ökar hållfastheten, minskar vikten, minimerar materialåtgången och ger helt nya möjligheter till kortare ledtider, snabbare prototypframtagning, sänkta komponentkostnader och helt ny kundanpassning. Svensk industri anammar additiv tillverkning i metall i ökande grad med Siemens turbintillverkning i Finspång och Saab Dynamics i Linköping som två ledande aktörer bland användarna och Höganäs och Sandvik som världsledande leverantörer av metallpulver. Wallenbergfären stöder AM-utvecklingen genom det av Wallenbergföretag samägda bolaget Amexci, och ett antal andra små och medelstora företag har etablerats i branschen för exempelvis designtjänster, legotillverkning och service. Svenskt kunnande finns också vad gäller elektronstrålebaserade produktionmaskiner för AM, kanske främst genom bolaget Arcam, grundat 1997 i Mölndal och sålt till General Electric år 2016.

Inom industrin uppskattas att drygt 400 personer jobbat med additiv tillverkning i metall i Sverige år 2018¹¹⁾, tre gånger så många som 2015. Detta anses dock bara vara en modest början – den strategiska forskningsagenda som togs fram 2018 på uppdrag av Amexci, stödd av många stora och små AM-företag i Sverige, beskriver AM-utvecklingen som en tsunami¹²⁾. ”Simma mot vågen – förbered dig efter bästa förmåga – eller spring mot bergen och hitta

något annat att göra. Men stå inte stilla på stranden och låtsas att allt är som vanligt” var budskapet i den skriften. Den agendan uppskattar att det inom tio år behövs omkring 5 000 personer med kompetens inom additiv tillverkning i landet.

En annan indikator på branschens tillväxt är att mängden metallpulver som används i industrin globalt har ökat med mer än 40% de senaste fem åren, och branschen som helhet spås växa med 28% årligen framöver¹³⁾.

I Sverige bedrivs en hel del forskning på området. Fram till år 2023 har den svenska forskningen hittills beviljats drygt en halv miljard kronor, varav Vinnova stått för en tredjedel. Årets forskningsanslag uppgår till cirka 120 miljoner kronor¹⁴⁾. Forskningen äger rum på dryga tioalet olika universitet och institut, delvis samordnat genom ett antal strategiska innovationsprojekt – SIP:ar – Metalliska Material, Produktion2030, LIGHTer samt INNOVAIR. Likväl har bristen på gemensamt fokus och samordning mellan forskningsgrupperna påpekats av industrin i flera sammanhang, exempelvis den av Amexci framtagna strategiska forskningsagendan för industrin¹²⁾.

Utmaningarna på området poängteras aningen olika av forskarsamhället och av industrin. Projektet Ramp-Up4, finansierat av Vinnova och utfört av dåvarande Swerea (idag Swerim) i samarbete med industrin år 2017 identifierade sju fokusområden för forskningen – material, komponent- och systemdesign, processtabilitet och processkvalitet, produktion, miljö med hälsa och säkerhet, standard och certifiering samt kunskap och utbildning. Amexcis forskningsagenda lyfte fram tre områden – utbildning, kvalitet och produktivitet samt arbetsmiljö – som mest trängande behov.

För företagen i industrin innebär rekommendationerna här att investera i AM-utbildning för de anställda, att bygga tvärfunktionella team med kompetens inom såväl design som produktion som affärsutveckling, att skapa kritisk massa inom huset eller med partners – allt för att på några års sikt kunna använda AM i samma utsträckning och med samma naturlighet som vilken annan produktionsmetod som helst. Syftet är förstås att dra nytta av AM:s möjligheter, vilket i vissa fall kräver investeringar i egna AM-maskiner och i andra fall kan betyda närmare samarbete med specialiserade AM-företag.

De nämnda forskningsbehoven gäller främst på kort och medellång sikt, för att lösa dagens utmaningar med produktion där det handlar om monomaterial – någon metall eller polymer. Andra material som forskningen siktar på är till exempel trä, glas och även mat.

De affärsmässiga anledningarna att anamma additiv till-

¹¹⁾ ”Koordinering av forskning inom additiv tillverkning av metall”, Swerim 2019 (MEF-18121).

¹²⁾ ”The Strategic Research Agenda for the Swedish Additive Metal Manufacturing Industry”, Amexci 2018.

¹³⁾ Wohlers Report 2019, <https://wohlersassociates.com/2019report.htm>.

¹⁴⁾ ”Research Needs and Challenges for Swedish Industrial Use of Additive Manufacturing”, 2016-03898 – Research Needs and Challenges – Version 2, 2017.

verkning varierar i industrin. Möjligheten att göra en produkt lättare genom smartare design uppskattas inte minst av flygindustrin. Möjligheten till individuellt designade element med höga krav på hållfasthet och temperatur var drivkraften för Siemens stora AM-satsning i Finspång. Andra ser främst möjligheten att reducera antalet komponenter genom att kombinera funktioner i element som inte kan göras utan AM som den viktigaste orsaken. Att på kort tid kunna tillverka enskilda reservdelar, komponenter eller verktyg för att slippa lager och transport kan också vara ett affärscase.

Vissa regulatoriska hinder finns även i denna nisch. Exempelvis föreskriver EU:s tryckkärlsdirektiv¹⁵⁾ att sådana kärl kan tas fram med ett antal olika tekniker, dock inte additiv tillverkning. Så tryckkärl framtagna med AM får sålunda inte säljas i Europa oavsett egenskaper. Dock går det utmärkt att sälja sådana tryckkärl i andra länder.

På längre sikt finns nya utmaningar, då fler än ett material ska kunna användas i samma produkt. Bland de lägre hängande frukterna där nämns isolerande och ledande material i samma additiva process. Än längre fram finns visioner om "4D-printning" – av produkter som innehåller komponenter som på ett styrbart sätt ändrar sin geometri eller andra egenskaper med tiden, ljuset eller temperaturen, exempelvis genom element av hydrogel, minnespolymerer eller metall. Experiment görs också med så kallad M43D – multi-material multi-metod 3D-printning, som med hjälp av olika 3D-tekniker kan inkorporera hydrogel, ledande bläck, elastomerer och minnespolymerer. Hur och om detta kommer att tillämpas i svensk industri återstår att se – tekniken är synnerligen omogen idag men framsteg görs kontinuerligt.

REKOMMENDATIONER:

Industriföretag

- Investera i AM-utbildning för de anställda.
- Bygg tvärfunktionella team med kompetens inom såväl design som produktion som affärsutveckling.

Akademien, institut och utbildningsaktörer

- Fokusera forskningen inom kvalitet och produktivitet
- Utveckla forskning även inom AM:s hälsoaspekter
- Ta höjd för ökat utbildningsbehov inom AM

Staten, myndigheter och offentliga forskningsfinansiärer

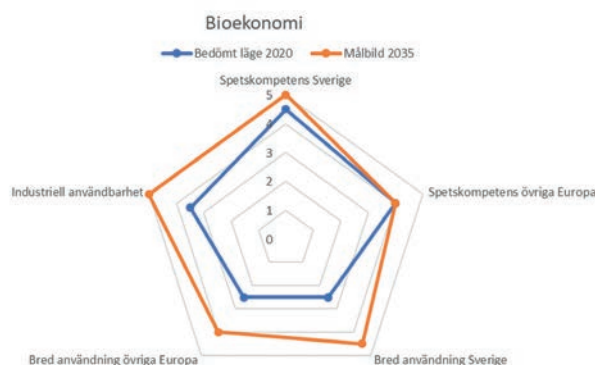
- Samordna den svenska forskningen så att inte flera aktörer springer på samma bollar.
- Utred och ta vid behov bort regulatoriska hinder för AM-användning. Tryckkärlsdirektivet är ett exempel på reglering som behöver ses över.

6.4 Bioekonomi – biobaserade material, produkter och kemikalier

Skall vi klara de tuffa klimatmålen behöver vi snabbt och effektivt ställa om från ett fossilbaserat samhälle till ett biobaserat. Med biobaserade produkter, material och kemikalier kan vi minska användningen av miljöbelastande olja, kol och plast.

Sveriges skogar, åkrar och vatten producerar rikligt med råmaterial för utveckling av en biobaserad samhällsekonomi. Bioekonomi har potential att öka Sveriges självförsörjningsgrad, bidra till ett kolneutralt samhälle och kan lägga grunden för starkare ekonomisk tillväxt. Skogen står redan idag för en betydande del av vår export och kan efter en omställning ha ännu större betydelse. Genom bioekonomi har Sverige möjlighet att minska beroendet av fossila bränslen, öka andelen förnyelsebar energi och samtidigt skapa arbetstillfällen. Forskningsrådet Formas har definierat begreppet biobaserad samhällsekonomi eller bioekonomi så här¹⁶⁾:

"Omställningen till en biobaserad samhällsekonomi innebär en övergång från en ekonomi som till stor del baseras på fossila råvaror till en resurseffektivare ekonomi grundad på förnybara råvaror producerade genom en hållbar användning av ekosystemtjänster från mark och vatten."



En biobaserad samhällsekonomi bygger på både produktion och förädling:

- En hållbar produktion av biomassa för att möjliggöra en ökad användning inom en rad olika samhällssektorer. Syftet är att minska klimatpåverkan och användningen av fossila råvaror.
- Ett ökat förädlingsvärde av biomassa, samtidigt som energiåtgången minimeras och näring och energi tas tillvara från slutprodukterna. Syftet är att optimera ekosystemtjänsternas värde och bidrag till ekonomin.

Transformationen till ett fossilfritt samhälle kräver kraftig tillväxt inom bioekonomin. Det förutsätter en ökad produktion av biomassa, konkurrenskraftiga villkor för näringen och satsningar inom forskning och utveckling samt tillgång till mer kompetens. Omställning kräver både utveckling av nya produkter som kan ersätta existerande men också helt nya innovationer. Det finns idag möjlighet att göra till exempel plast baserat på biomaterial, men höga kostnader och omogna processer gör att dessa lösningar har svårt att klara konkurrensen från existerande produkter.

Mer forskning krävs för att de biobaserade materialen ska bli starkare, säkrare och mer formbara, så att produkterna de ingår i ska få rätt egenskaper. Flera av framtidens marknader för dessa produkter kommer sannolikt att uppstå i gräns-

¹⁵⁾ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&from=EN>

¹⁶⁾ Forsknings- och innovationsstrategi för en biobaserad samhällsekonomi, Formas, Rapport R2:2012

ytorna mellan olika områden, som kommer att tas fram i gränssnitten mellan tekniska och vetenskapliga discipliner.

Vi behöver också utveckla kostnadseffektiva processer och teknik som kan utgå från en varierande kvalitet i bioråvaran och säkra en stabil produktkvalitet som svarar mot kundernas behov. Till exempel behöver vi ta tillvara det spill som idag uppstår vid förädling av biobaserade råvaror. De lösningar som har tagits fram måste skalas upp vilket i sin tur gör att det behövs pilotanläggningar och demonstrationsprojekt.

Genom att kombinera ett effektivt utnyttjande av råvaror och bra system för cirkularitet kan till exempel produkterna som bygger på träfiber återvinnas flera gånger och därefter användas till bioenergi för transport, elproduktion eller uppvärmning.

I Sverige pågår flera initiativ kring att göra bränslen och produkter med stora volymer från biobaserad råvara. Inom området "specialkemikalier" ligger produkter med högt värde men mindre volymer, vilket kräver andra insatser. I många fall kan det, delvis eller helt, kräva nya processer vilket är utmanande att utveckla. Ny industriell bioteknik är ett område där svensk forskning har en del nischer och där möjligheter finns. Centralt för specialkemikalier är ofta kostnadseffektiv teknik för separation, så att produkten kan renas fram, vilket gör separationsteknik till en nyckelteknologi.

Centralt för att använda förnybara råvaror är att processteknologin utvecklas så att tekniken tål dessa förnybara råvaror. Ett exempel är skogsrester som har högre halter syre i sig, vilket kan påverka katalysatorer, separationsteknik och annan utrustning.

De finns behov av utveckling inom kemiområdet eftersom det finns behov av additiver och kemikalier för olika funktioner – som ytbehandling och sammanfogning – men som idag är begränsat tillgängliga. Antingen måste nya lösningar tas fram eller tillgången bli bättre.

Om vi kan ta hand om dessa utmaningar finns en mängd innovationer som är biobaserade. För att säkerställa att dessa verkligen är hållbara behöver man göra en analys av hela livscykeln. Ett exempel är textilframställning baserat på råvaror från naturen. Dessa är inte nödvändigtvis hållbara eftersom produktionsprocesserna i många fall inte är utvecklade med hållbarhet som mål. De kan vara energislukande, kräva stora mängder vatten vid tillverkning och genom kemikalieanvändning påverka miljön negativt. Det finns dock intressanta och bra lösningar. Lyocell är ett sådant exempel på material som idag används i kläder och är träbaserat, framställs i miljöanpassade processer och med låg energiåtgång.

Ett annat synnerligen intressant material är kolfiber – superstarkt, lätt och idag använt i exempelvis racingbilar och segelduk. Dagens kolfiber är baserat på fossilt kol men kan numera göras biobaserat med lignin, en restprodukt från pappersmassatillverkning. Ett exempel på ersättning som redan idag används är tallolja, en restprodukt från pappers-tillverkning som kan användas för tillverkning av diesel.

Nanogel är en typ av material som går att använda i smink, läkemedel och lågkalorimat och som kan baseras på biomaterial. Med nanoteknik går det att framställa cellulosa material som är hållfasta, lätta, miljöanpassade

och billiga. Tekniken bygger på att träfibrerna demonteras i sina minsta beståndsdelar och sätts ihop igen till nya material. Nanocellulosa kan få användning i avancerade elektronikprodukter och för framtidens sensorer. Den testas som konstgjorda blodkärl och som filter som kan filtrera viruspartiklar. Materialet kan även användas i bilar och flygplan – enligt entusiasterna är dessa produkter bara ett stenkast bort. Även traditionella produkter som papper kommer att få nytt liv med hjälp av nanocellulosa, exempelvis "optisk transparens", alltså genomskinligt papper. Ett sådant genomskinligt, starkt och fukttåligt papper kan vara ett bra barriärmaterial i förpackningar för exempelvis livsmedelsindustrin.

Det finns således redan en uppsjö av klimatsmarta material och kemikalier som redan är utvecklade men ännu inte tillräckligt utprovade genom värdekedjan för att komma till användning. Ytterligare exempel är smarta tillsatsmedel som minskar klimatpåverkan från cement, färger och lim. Dessa kan redan tas fram utifrån förnybara råvaror, men kan användas bättre. Mer effektiva isoler-material som kan bidra till klimateffektivare byggnader, smarta båtfärger som kan minska friktionen för fartyg och bionedbrytbara plastpåsar för insamling av matavfall som kan öka mängden biogas är andra exempel.

Lönsamhet i befintliga processer och produkter är nödvändigt för konkurrenskraft och för förmågan att utveckla framtidens fossilfria produkter i en cirkulär bioekonomi. AI och digitalisering är nödvändiga möjliggörare för den cirkulära bioekonomin och kommer att öppna nya möjligheter för samarbeten från råvara till avnämare. Det behövs digitaliserad information i strukturerade system genom hela värdekedjan, för att kunna spåra och använda data genom produktens hela livslängd. För att snabba på teknikutvecklingen behövs också simuleringsmiljöer för att kunna kombinera material- och processutveckling.

Skogsindustrin betonar behovet av långsiktiga forskningssatsningar – som Treeseach – framför en större mängd mindre satsningar. Centralt för utvecklingen av den biobaserade sektorn är att statlig medfinansiering finns långsiktigt tillgänglig även för genomförandefasen för att säkra implementeringen och nyttiggörandet av resultaten.

REKOMMENDATIONER:

Gemensamt och nationell/internationell nivå

- Nyttja Sveriges starka samverkanstruktur – med kluster och inkubatorer för teknikutveckling för materialomställning – för att etablera en ledande position för utveckling av affärsmässiga cirkulära materialsystem med materialvärdeökning av bland annat sekundära material.
- Stärk leverantörs- och kundnära samarbeten i produktframtagningen för teknologi- och materialutveckling med resurseffektiva klimatsmarta lösningar.
- Utveckla simuleringsmiljöer för att kunna kombinera analyser av material- och processutveckling.

Industriföretag

- Genomför strategiarbete för a) omställning från fossilbaserade material till biobaserade, b) nyttjande av lokala material och c) lokal produktion.

- Utveckla kompetens kring strategisk cirkulär bioekonomi för ökat värdebevarande och övergång till processer som baserar sig på biobaserade råvaror.
- Se över möjligheter för materialbyten/ersättningsmaterial och gå från linjära till cirkulära materialflöden med materialvärdeökning av sekundära material, biobaserade material och återvunna material, allt för att återvinna så högt materialvärde som möjligt.
- Utveckla biomassa med högre förädlingsvärde och utveckla hållbara produktionsprocesser för biomassa.
- Utveckla kostnadseffektiva processer och teknik som kan utgå från en varierande kvalitet i bioråvaran och säkra en stabil produktkvalitet som svarar mot kundernas behov.
- Utmana slöseri och arbeta aktivt med hur spill som uppstår vid förädling kan omvandlas till värde, både inom den egna verksamheten, men även i nya typer av produkter/nya marknader
- Utveckla förmågan att genomföra kvalificerade livscykelanalyser i samverkan med aktörer i värdekedjan.

Akademien, institut och utbildningsaktörer

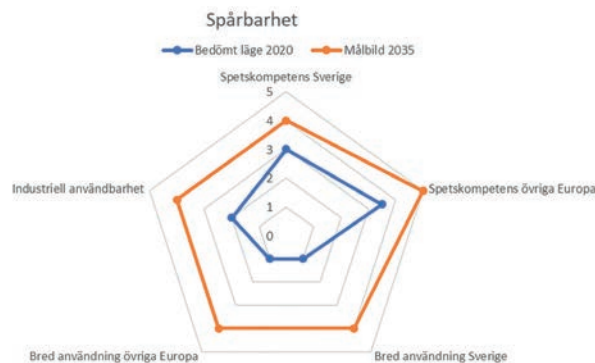
- Integrera materialomställningsområdet i olika delar av utbildningssystemet.
- Stärk kunskaper och forskning om biobaserade råvarors roll i det hållbara samhället, och hur de kan ersätta fossilbaserade.
- Utveckla forskningen runt standardisering av begrepp och dataflöden för att nå en effektiv och obruten kommunikation både genom och mellan olika värdekedjor och aktörer.
- Stärk kunskapsspridning och forskning om marknadsfrågor och nya affärsmodeller för att skapa kunskapsnoder som kan nyttjas av den biobaserade näringsintressenter.

Staten, myndigheter och offentliga forskningsfinansiärer

- Stärk långsiktiga forskningssatsningar kring biobaserade material och nya tillämpningsområden där forskning behöver ske i samverkan med tekniska och vetenskapliga discipliner.
- Stärk FoU inom kemiområdet då det finns behov av additiver och kemikalier för olika funktioner som ytbehandling och sammanfogning, men som idag är begränsat tillgängliga.
- Stärk FoU-pilotanläggningar och demonstrationsprojekt för utprovning och tester i hela värdekedjan. Exempel kan vara cirkularitet i olika loop-perspektiv, nanoteknik för framställning av biobaserade ersättningsmaterial i hela värdekedjan, digitaliseringstekniker för spårbarhet, simulering och avancerade analyser.

6.5 Spårbarhet

Spårbarhet – av material, komponenter, programvara och förbrukningsvaror – är en förutsättning för att den cirkulära affärsmodellen ska fungera. Man måste helt enkelt veta vad som ingår i en produkt och varifrån dessa ingående delar kommer, för att kunna återanvända, renovera eller återvinna den på ett hållbart sätt. För komplexa produkter kräver spårbarheten stora datamängder, som i sin tur kan kräva ordentliga investeringar i spårbarhetssystem.



Det finns flera sätt att arbeta med spårbarhet. För mätinstrument är det självklart att arbeta med exempelvis journaler med kalibreringsresultat. Tillverkare av komplexa tekniska produkter för produktjournaler där varje ingående komponent kan spåras till detaljer i processen och till komponenttillverkare, och de kräver detsamma av sina underleverantörer. För förbrukningsvaror finns ibland certifikat som visar exempelvis vilken tillverkningsbatch den kommer ifrån, var ingående mineraler är brutna eller var malmen kommer ifrån.

I spårbarhetssammanhang nämns ofta blockchain eller dess nära släkting "distributed ledger", som en lösning. Med sådan teknik lagras alla transaktioner som skett utan möjlighet att ändra historiken, vilket är perfekt för kryptovalutor som Bitcoin.

Men huruvida blockchain är tillämpligt för storskalig spårbarhet i syfte att gynna cirkularitet ifrågasätts av forskare. Någon storskalig tillämpning har veterligen inte kommit igång ännu. Att kostnaderna – både i pengar och energi – för närvarande ser ut att vara högre än vinsterna pekas ut som ett av hindren. Och den stora poängen med blockchain – omutbarheten och därmed tilliten – lyfts som mindre nödvändig i detta sammanhang. Mer pragmatiska lösningar, som certifikat och produktjournaler, skulle kunna vara mer effektiva, i synnerhet i länder som Sverige där tilliten till såväl företag som kontrollmyndigheter är relativt hög. Ett väl digitaliserat certifieringsförfarande med hög nivå på datasäkerheten kan mycket väl vara både enklare och billigare än blockchain.

Så är dagsläget. Men mycket forskning pågår, och vilken roll blockchain kommer att spela för spårbarhet i cirkulära ekonomier är i dagsläget oklart. På kort till medellång sikt ser dock väl digitaliserade men konventionella metoder ut att vara mer kostnadseffektiva.

REKOMMENDATIONER:

Gemensamt

- Utveckla nya funktioner som behövs för den dataanalys som är nödvändig för spårbarheten.

Industriföretag

- Hitta lösningar för spårbarhet tidigt i diskussion med kunder och andra intressenter i ekosystemet, anpassade efter värdekedjan.

Akademi och institut

- Vidmakthåll fokuset på Blockchainforskningen samtidigt som mer energi- och kostnadseffektiva lösningar bör befraskas.

7. **Nödvändiga förmågor för Sveriges konkurrenskraft**



Den kontinuerliga digitaliseringen och införandet av nya material som beskrivits i föregående kapitel är nödvändiga för att svensk industri ska bibehålla och stärka sin konkurrenskraft i ett hållbart samhälle. Men teknik räcker inte. Lika viktigt är att stärka själva förmågan till transformation. Detta gäller varje företag och även andra aktörer i samhällssystemet, något som lyfts fram av en lång rad företrädare för såväl industrin som institut, industriföreningar och andra industrins vänner.

De förmågor som poängteras tydligast är omvärldsförståelse, kompetensförsörjning, förmåga att utveckla och tillämpa nya affärsmodeller, att arbeta agilt och med innovation i hela organisationen, för att svara upp mot ändrade kundpreferenser och förändrad omvärld. Förmågan att skapa en dynamisk, responsiv organisation kan inte underskattas. "Det är inte de stora som äter upp de små, utan de snabba som äter upp de långsamma", som en av respondenterna uttryckte det.

De förmågor som beskrivs i detta kapitel ligger helt i linje med vad som krävs för att driva den hållbara affärslogiken som beskrivs i avsnitt 7.3 framåt.

7.1 Kompetensstrategi

Kompetensfrågan inom industrin och hela samhällssystemet har pekats ut som helt avgörande för landets fortsatta position och har på olika sätt belysts av alla som intervjuats i detta färdplansarbete. Att ett av regeringens nya samverkansprogram ska fokusera helt och hållet på kompetens och livslångt lärande ger förhoppningar om att dessa frågor kommer att få det fokus de förtjänar, till fromma för industrins konkurrenskraft. Oron över utvecklingen kring kompetensförsörjningen och bristen på kompetenslyft är nämligen stor hos snart sagt alla företag och samhällsaktörer, och oron gäller utvecklingen på både kort och lång sikt.

På kort sikt gäller det att möta det skriande behovet av kompetens inom såväl existerande teknik- och industridomäner som vad gäller nya teknologier och angränsande områden. Företag belägna utanför universitetsområdena är speciellt utsatta.

Jämte teknisk kompetens behövs ökad kompetens inom hållbarhet – ekonomisk, ekologisk och social, och hur de kompletterar varandra för ökad konkurrenskraft. Såväl teknik- som ekonomiutbildningarna behöver kompletteras med insikten att ny teknik – inklusive material och kemikalier – möjliggör hållbara lösningar och nya affärsmodeller, och att detta kan bli en stark motor i hållbarhetsarbetet. För att lyckas krävs kunskap om hur man driver innovation och transformativa processer, så kallad "transformation management".

Mer långsiktigt understryker industrin vikten av att suc-

cessivt bygga upp forsknings- och innovationsförmåga i industriell internationell branschöverskridande samverkan, i den bästa av världar med en politisk blocköverskridande "industriöverenskommelse" över flera mandatperioder. Ett viktigt element här är att utveckla en nationell övergripande kompetensstrategi, alltså en strategi för att både locka utländska topptalanger till Sverige och för att behålla dem som redan finns här. I arbetet med att ta fram en sådan strategi bör ingå att identifiera vilka kompetenser som behöver förstärkas inom landet, vilka som behöver attraheras, samt hur dessa kan behållas och utvecklas. Med en sådan strategi kan de orimliga utvisningar av kompetenta arbetskraftsinvandrare som tyvärr förekommit i Sverige under de senaste åren undvikas.

Nya Zeeland och Kanada nämns återkommande som två länder att inspireras av vad gäller talangstrategi. Som nation kan Sverige komplettera den inspirationen med incitament för att stanna kvar, exempelvis skattelättnader och hjälp med familjefrågor som skolor och dagis. Tillgångar som demokrati, jämlikhet och den svenska naturen bör också ingå i positioneringen av Sverige.

Att frågan om kompetensstrategi är viktig råder inga tvivel om. Forskaren Carlota Perez vid University College London uttrycker vikten både drastiskt och väl: "Tekno-ekonomiska paradigmskiften kan göra att samhällen går under om de inte möter behovet av att utveckla och behålla talanger", konstaterar hon.

Bland industrins förslag på förbättringar ingår att utbildningsväsendet i större utsträckning bör utgå från de behov industrin prioriterar, men även välja de områden där vi har en forskningsmässig spets, och som identifierats som strategiskt viktiga. Industrin understryker att dessa spetsgrupper är viktiga att fånga upp, då både spets och bredd – i symbios – behövs för industriell konkurrenskraft. Kompetensfrågan inom industrin och hela samhällssystemet har pekats ut som helt avgörande för landets fortsatta position och blivit ett av de mest belysta och kommenterade ämnena i färdplansarbetet. Att ett av de nya samverkansprogrammen ska fokusera helt och hållet på kompetens och livslångt lärande välkomnas av industrin. Oron över utvecklingen kring kompetensförsörjningen och bristen på kompetenslyft nämns som akut av snart sagt alla företag och även av andra aktörer. Sverige kan svårligen bli den mest attraktiva platsen för industriell FoU utan säkerställd kompetensförsörjning, och att denna kompetens når industrin.

Individer som väljer att växla mellan akademi och industri under sin karriär behöver också uppmuntras mer, från båda hållen. Industriell erfarenhet och kompetens bör kunna vara akademiskt meriterande, menar industrin. I dagsläget missgynnas också individer som valt att dela

sina tjänster mellan akademi och industri genom att deras pensioner försämrats jämfört med heltidsanställning på endera sidan.

Glappet mellan industrin och akademien är uppenbart, och pekas ut som en rejäl utmaning – på flera håll är gnisslet rejält. Flera industrirepresentanter har poängterat svårigheter att komma i kontakt med akademi och forskare. De har lyft frågor som: Hur gör man för att få kontakt? Vad kan man göra tillsammans och hur går det till? Vad krävs för att komma med på en forskningsarena? Detta kan upplevas som paradoxalt av akademiföreträdare som kämpar för att få med fler industripartner i sina forskningsprojekt. Båda sidor illustrerar tydligt behovet av fler bryggor och mötesplatser, kanske i mjukare och mer tillgängliga varianter än vad som står till buds idag.

Även akademins forskningsparadigm utmanas, bland annat från fordonsindustrin. "Inom vissa fält går utvecklingen så fort att gamla sanningar inte längre gäller. Ta till exempel självkörande fordon – där finns inte tid för basforskning. Man bör fråga sig när det finns utrymme för traditionellt tänk, och när man måste tänka nytt," konstaterade en ledande företrädare för en svensk fordonstillverkare.

Att någon form av AI-kompetens, manne även block-chain och spårbarhet, och även cybersäkerhet borde bli obligatorisk på tekniska högskolor är andra återkommande synpunkter. Lika viktigt är att kunskap om affärs- och organisationsmodeller lärs ut i större omfattning, liksom förändrings- och transformationsledning. Utan sådan kompetens kan företagen inte dra full nytta av digitaliseringens möjligheter.

Även grund- och gymnasieskolan behöver utvecklas, menar industriföreträdare. Flera konstaterar att eleverna i Sverige läser sådant som slöjd, hemkunskap och musik, men skolan nämner knappt digitalisering, uppkoppling, dataanalys, maskininlärning, mjukvaruutveckling eller cybersäkerhet. Skolans kunskap om industrins utveckling och behov är ett område som helt klart behöver utvecklas. Att AI även kan användas för att fylla detta gap och till att individualisera utbildningen är något som inte syns i dagens skola, trots att tekniken ger möjlighet att möta varje elev där hen är och utveckla dennes potential.

7.2 Förmågor för transformation

Jämte teknikutveckling, materialutveckling och kompetensutveckling torde förmågan till transformation vara den viktigaste nyckeln för konkurrenskraft. Att utveckla sin organisation i riktning mot att bli mer dynamisk och mer responsiv gentemot förändringar i omvärlden är något som många företag jobbar intensivt med. Detta kräver såväl omvärldsbevakning och omvärldsförståelse som arbete med den interna kulturen. Resultatet blir i bästa fall en bättre förståelse för det ekosystem man verkar i, de nya konkurrensvillkor som organisationen kontinuerligt ställs inför och vilka nya kundpreferenser som dyker upp.

Transformation – en strategisk förflyttning av verksamheten med fokus på att ta tillvara exempelvis digitaliseringens positiva möjligheter genom en ny affärsmodell

– kan rätt genomförd ge företaget betydligt bättre positionering genom tillämpandet av ny affärslogik, ökad produktivitet och ökad närhet till kund. Väl genomförd har en transformation potential att ge företaget en helt ny och mer konkurrenskraftig position och identitet.

Transformation är en strategisk fråga, av samma dignitet som hållbarhetsutveckling och digitalisering. Frågan hör sålunda hemma på styrelsenivå.

Ska transformationen bli av godo krävs åtminstone tre saker – god omvärldsförståelse, en "sense of urgency" och handlingsförmåga. Många företag, såväl stora som små, lägger avsevärda resurser på omvärldsbevakning, men långt ifrån alla gör det i tillräckligt hög utsträckning. En samlad bedömning från industriföreträdare ger också vid handen att den omvärldsbevakning som görs i stor utsträckning fokuserar på Europa och USA, vilket gör att influenser från Asien riskerar att hamna under radarn. Industrin påpekar också att en stor del av den information som faktiskt finns inte når ut till företagen – det gäller såväl brett insamlad information från exempelvis Tillväxtanalys, RISE och IVA som domänspecifik information från exempelvis branschorganisationer, industrikuster och forskningsprojekt. Att sova bland all tillgänglig information i dagens samhälle är förvisso inte det lättaste, men om en starkare "sense of urgency" kan etableras bland företagen så ökar sannolikheten för att den tillgängliga informationen verkligen efterfrågas och når ut. Om denna "sense of urgency" därtill möts upp med ökade ansträngningar från berörda parter att söka upp företagen på deras villkor, inte bara "runt Stureplan", så kan stora steg mot den nödvändiga bättre omvärldsförståelsen och handlingskraften tas i hela samhället.

Mycket av logiken bakom organisationstransformation bygger på digitalisering och kundförståelse, som i sin tur hänger ihop med varandra. Utan digitalisering av verksamheten går det svårt att åstadkomma den tjänstefiering, de plattformar eller de andra mål som transformationen siktar på. Digitaliseringen hjälper också i hög grad till att öka kundförståelsen. Kundförståelsen behövs för att med entreprenöriell förmåga driva transformationen i rätt riktning. När kompetenser inom digitalisering, hållbarhet, affärsmodellering, affärskultur och entreprenörskap samverkar kan resultatet bli att även stora industriföretag disrupterar sig själva och får en helt ny självbild och marknadspositionering.

En uppenbar utmaning i sammanhanget är att kunna bedriva både den gamla och nya affären parallellt, vilket är helt nödvändigt. Som en CTO på ett av Sveriges största industriföretag uttryckte det: *"Vi disruptar oss själva. Vi förstör vår gamla affärsmodell genom att bygga upp helt nya, samtidigt som vi håller resultatet uppe med den gamla affärsmodellen"*. Managementkonsulten Cordial uttrycker fenomenet väl: *"Gemensamt för företag som framgångsrikt genomgår digitala transformationer är att de lyckas digitalisera affärsmodellen utifrån flera dimensioner och nyttjar digitaliseringens disruptiva, effektiva och kommunikativa kraft för att förbättra företagets affärslogik och prestanda såväl internt som externt. Digital transformation är alltså själva*

förflyttningen för att genomföra omfattande digitaliseringar av befintliga affärsmodeller, alternativt utveckla helt nya.”

Ett extremt exempel på digital transformation kan hämtas från Kina, där vitvarukoncernen Haier nått en omsättning kring 40 miljarder dollar och en dominerande position i flera vitvaru- och konsumentelektroniksegment. Företaget var relativt okänt utanför Kina fram till 2016 då man köpte General Electrics kyl- och vitvarudel för 5,4 miljarder dollar. Grundaren, tillika vd och styrelseordförande Zhang Ruimin har skapat en egen managementmodell som fått namnet Rendanheyi som fritt översatt betyder ungefär ”producent-kund-integration”. De cirka 100 000 anställda har delats in i 4000 självstyrande mikroföretag varav ett flertal kallas ”användare” och har som främsta uppgift att ha kontakt med kund. De övriga kallas ”noder” och förser ”användarna” med komponenter, delsystem och tjänster som HR, finans och IT. En konsekvens är att antalet chefslager skurits ner drastiskt, vilket minskat antalet anställda med 45% samtidigt som antalet människor som sysselsätts i Haiers ekosystem ökat till närmare 1,9 miljoner personer. Målet är ”tre nollor” – noll distans till kunderna, noll distans till upplevelse och noll signeringar i processen.

Haier kan tyckas vara ett extremt exempel, hämtat från en del av världen som inte alltid uppmärksammas för sina transformativa managementfilosofier. Poängen med exemplet är att lyfta fram ett företag som dragit nytta av den tekniska utvecklingen, organiserat sin verksamhet på ett sätt som driver innovation och entreprenörskap, och som kontinuerligt byggt in förändring i sin kultur.

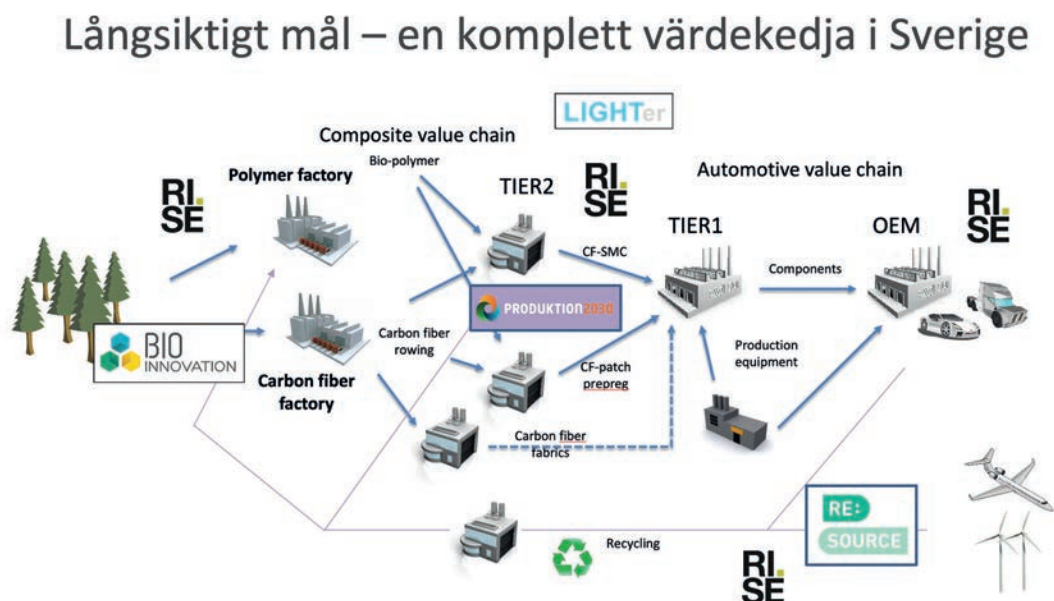
Digital transformation är förvisso inte enkel, vilket lyfts i flera intervjuer och workshops. En rad hinder finns på vägen och flera forskare har pekat ut dessa. En internationell studie av 46 tillverkningsföretag identifierade 17 barriärer för digital transformation, indelade i fem grupper – avsaknad av kompetens, tekniska barriärer, individuella barriärer, organisationsbarriärer och omgivningens barriärer.

Kompetensbristen kan gälla såväl IT som annan teknologi, liksom processer för transformation. De tekniska

barriärerna kan bestå av avsaknad av nödvändig infrastruktur, bristande datasäkerhet eller beroende av andra teknologier. Bland de individuella barriärerna nämns tidsbrist, rädsla för att tappa kontroll över data och rädsla för att bli av med jobbet. Organisationsbarriärer innefattar bland annat ovilja till risktagande, brist på vision och strategi, konservatism kring roller och principer, och ett allmänt motstånd mot kulturell förändring. Omgivningens barriärer är ofta kopplade till lagar och regleringar.

Företag som trots alla hinder lyckas med sin digitala transformation finner ofta att de linjära värdekedjor de tidigare orienterat sig efter kompletterats med helt nya ekosystem, där nya former av samarbete uppstått, ofta med partner som man tidigare inte befryndat sig med. Men ekosystem kan också byggas nerifrån och upp.

Ett aktuellt svenskt exempel är Composite Center Sweden som har ambitionen att utveckla nya kolfiberbaserade materialanvändningar genom att ta ett helhetsgrepp med alla aktörer från forskning, test- och demoanläggning och uppskalningsanläggning till leverantörer av råmaterial till den som slutligen säljer eller levererar tjänsten (kan vara aktörer från hela trippel-helix). Genom att involvera aktörer från ett helt ekosystem kommer det att finnas en större möjlighet att redan i en tidig fas utveckla material som har en direkt tillämpning i industrin. För att tex ersätta ett befintligt material inom bilindustrin behöver man ofta komma in redan i design- och konstruktionsprocessen. Kompositmaterial med kolfiber ger möjlighet till nya frihetsgrader så som att styra egenskaper och integrera andra delar, exempelvis kablage i bilar. Då tar man bort en del andra delar i produktion, vilket kräver ett tidigt samarbete. I denna samverkan har man ett livscykelperspektiv och då är det viktigt att hållbarhetsaspekterna börjar i materialets ursprung (fossilt versus bio) samt exempelvis vilken energi som går åt för att ta fram materialet eller i tillverkningsprocesserna, samt hur mycket CO₂ som släpps ut. Nedan visas en skiss över aktörsnätverkets långsiktiga målsättning.



7.3 Ny affärslogik

Teknik- och materialutvecklingen, tillsammans med förståelsen att göra något med dem, ligger till grund för att driva den hållbara affärslogiken framåt. Som tidigare nämnts skapar digitaliseringen – ofta med AI – förutsättningar för tjänstefiering och lägger grunden för nya affärsmodeller som kan möta den ökade efterfrågan av hållbara produkter och tjänster. Tjänstefieringen flyttar incitamentet för effektivisering från kund till producent när producenten behåller ägandeskapet av de fysiska produkterna. Detta i sin tur driver – där så är tillämpligt – på den cirkulära ekonomin och vidare nya innovationer. Resurseffektiviseringen maximeras redan på designbordet genom att produkten utvecklas för att vara så resurs- och materialeffektiv som möjligt och för att återvinnas med så högt materiellt värde som möjligt i alla delar. Därmed tas steg mot ökad hållbarhet – ekonomisk, ekologisk och social.

Digital affärsmodellinnovation handlar om hur ett företag kan använda digitala teknologier för att omvandla sin affärsmodell för att skapa nya intäktsströmmar samt värdeproducerande möjligheter i industriella ekosystem.

Tre viktiga element som särskiljer dessa affärsmodeller:¹⁷⁾

- Förändring krävs bortom företaget för att involvera hela ekosystemet.
- Alla delar av affärsmodellen påverkas, det vill säga hur man skapar, levererar och fångar värde. (Viktigt blir då att kunna identifiera, specificera och mäta värdet.)
- Möjligheten till att hitta nya sätt att uppnå hållbarhetsmålen.

Misslyckas man med att införliva teknik som möjliggör nya sätt att koppla ihop olika funktioner kommer man inte heller att kunna dra nytta av viktiga digitala möjligheter och nya möjligheter till värdeskapande och resurseffektivisering.

För företag kan fyra viktiga frågeställningar urskiljas. För det första gäller det att se bortom teknologin till att kritiskt utvärdera hur denna teknologi skapar värde och intäkter. För det andra krävs omvandling av processer för värdeskapande, exempelvis genom att utnyttja digitala analysverktyg. För det tredje ställer digitala affärsmodeller krav på förändrad organisationskultur och ökat stöd till individuell kompetensutveckling. Slutligen krävs förändrade partnerskap, där företag i allt högre grad behöver fundera på hur man orkestrerar relationerna med partner i sitt industriella ekosystem.¹⁷⁾

Ofta måste företag hantera de "gamla" affärsmodellerna parallellt med att de nya, baserade på digitala möjligheter, realiserar. Detta kan i sig vara en stor utmaning.

När det gäller övergången från produkter till tjänster finns flera intresseväckande svensktutvecklade exempel. Idag skiljer vi ofta mellan produktion och produkt, men med ökad digitalisering kommer den gränsen att bli suddigare. Ett exempel är Scania, där de uppkopplade fordonen ser ut att förändra bolaget från att producera produkter till att bli ett tjänsteföretag. Digitaliseringen blir en

centrala möjliggörare för att gå från att enbart sälja lastbilar, reservdelar och reparationer till att sälja transportlösningar. Ett annat exempel är Volvo Cars senaste delningstjänst för bilar kallad "M", som riktar sig till personer som vill köra men inte äga bil. Ett tredje svenskt exempel är Saab, som tagit upp konkurrensen med amerikanska molngiganter genom att börja sälja insynsfri datalagring i form av den egna molntjänsten Egira. Målgruppen här är främst svenska bolag och myndigheter som hanterar säkerhetsklassad information.

Att digitalt drivna plattformar som Google, Facebook, Alibaba, Uber, Amazon, AirBnB och Spotify har förändrat den svenska industrins syn på gångbara affärsmodeller är knappast någon nyhet. Business Sweden konstaterar i en analys¹⁸⁾ att många plattformsföretag växer snabbt, ger hög avkastning på investerat kapital och har stora vinstmarginaler (eller trovärdiga löften därom), vilket attraherar investerare. Plattformarnas skalbarhet ger möjlighet till global närvaro, och reducerade kostnader för att utöka antalet affärspartner. "Den kanske största konkurrensfördelen är att framgången för en plattform ofta blir större ju lägre priser på de erbjudanden som plattformen förmedlar, eftersom aktivitetsnivån på plattformen oftast är den viktigaste framgångsparametern" skriver Business Sweden.

Skillnaden i affärsmodell mellan ett traditionellt produktföretag och ett plattformsföretag ligger i sättet på vilket värdeskapandet sker. För ett rent produktföretag är värdeskapandet någorlunda linjärt, från tillverkning i fabrik, distribution, marknadsföring till konsument. För plattformsföretag kan man, något förenklat, säga att värdeskapandet sker i två riktningar. Kring plattformsföretagen skapas det ekosystem som många företag är en del av, men också slutkunder som efterfrågar produkterna. Ett svenskt exempel här är ABB Ability, en digital plattformslösning där kunderna kan ta del av företagets senaste digitala lösningar och innovationer. Det kan handla om stöd till utveckling av processer för att hantera prestandahantering, styrsystem, fjärrövervakning och en mängd andra. Ytterligare ett exempel är Northvolt, där utveckling sker för spårbarhet av batterier i hela livscykeln. Företaget tar hjälp av AI och optimering för minimal miljöpåverkan i hela värdekedjan.

Trenden att utveckla industriella plattformar är i hög grad internationell. Ett kinesiskt exempel värt att uppmärksammas är Alibaba Cloud, även känd som Aliyun, en IoT-plattform som erbjuder molntjänster till företag tillsammans med Alibaba's egna e-handelsekosystem.

Efterfrågan av hållbara lösningar tillsammans med utvecklingen av ny teknik och nya material driver fram nya affärsmodeller som bygger på värde, funktion och delning. Att sälja tjänst av en funktion kan dessutom öka kundlojaliteten då det öppnar upp för regelbunden kundkontakt som gör att man kan sälja premium- och kringtjänster, samtidigt som det ofta ökar effektivitetsincitamentet och möjligheter till resurseffektivisering kraftigt. Detta i synnerhet då incitamentet att effektivisera övergår från köparen av produkten till skaparna av värde. Om

¹⁷⁾ Vinit Parida i Ny Teknik, 2019-04-11, Experterna: Så växer företag med digitala affärsmodeller, www.nyteknik.se

¹⁸⁾ Business Sweden, Tjänste-revolutionen en global möjlighet för Sverige och svenska företag, sid 5, 10

producenten får betalt per användning, per månad eller kvartal för funktionen av en produkt, tex ett kylrum, en bil eller en cykel, driver det producenten mot att utveckla produkter som skall hålla över tiden för att på så vis öka lönsamheten genom sänkta kostnader.

Intrycket just nu är att svensk industri under våren 2020 i allt högre grad anammat poängerna med detta tankesätt, och är i färd att hitta affärscase där mer hållbara affärsmodeller kan valideras. En allt vanligare sådan affärsmodell för hållbarhet är den så kallade cirkulära affärsmodellen.

Cirkulär ekonomi handlar om att använda, och återanvända resurser på ett smartare sätt. Det kan tyckas självklart både ur ett ekonomiskt och ett miljömässigt perspektiv, men trots det fastnar många företag i linjära flöden som inte är hållbara över tid. En cirkulär affärsmodell ändrar incitamentsmodellen och driver viljan att göra uppgraderbara, långlivade produkter.

För näringslivet finns stora möjligheter i att tänka mer cirkulärt. Enligt forskaren Mats Williander på RISE finns tre huvudargument för att företag ska ta frågan på allvar – ekonomisk stabilitet, miljöhänsyn och nya affärsmodeller¹⁹⁾.

Det ekonomiska argumentet går ut på att en mer cirkulär verksamhet minskar företagets beroende av råvaror och därmed gör det mindre känsligt för prissvängningar på resurser, i synnerhet sådana det råder brist på. Dessutom finns möjligheten för företag att hitta nya marknader genom att introducera återanvända, återtillverkade eller renoverade produkter.

Det miljömässiga argumentet bottnar i att mänsklighetens totala miljöavtryck idag är ohållbart. Och genom att använda mer resurseffektiva system där cirkulär ekonomi är ett exempel så kan mänskligheten framöver verka inom planetens gränser. Argumentet är också socialt, då vi solidariskt i den industrialiserade delen av världen måste minska våra ekologiska fotavtryck för att ge utrymme åt de miljarder människor som strävar efter att uppnå vår ekonomiska standard.

Nya affärsmodeller, det tredje argumentet, bygger på att en mer cirkulär affärsmodell ofta knyter kunden närmare säljaren, exempelvis genom erbjudanden som innehåller såväl produkt som underhåll eller andra tjänster. Detta kan ge svenska företag konkurrensfördelar gentemot länder med låga löne- och produktionskostnader.

De cirkulära modellerna kan delas in i fem olika nivåer beroende på när i flödet i cirkeln sluts. Första nivån för cirkularitet är att använda tillgångar optimalt genom att till exempel dela dem med andra, och därmed minska produktionen genom delningsekonomi. Istället för att erbjuda ägandeskap erbjuds tillgång. Uthyrning av jordbruksmaskiner och bilpooler är exempel på verksamheter som har delningsekonomi som affärsmodell. Nästa nivå handlar om att förlänga livstiden på en produkt genom underhåll eller erbjuda produkter som tjänster. Här finns många exempel på företag som börjat sälja "hål" istället för "borrar".

Den tredje nivån är att återanvända hela eller delar av pro-

dukter. På den fjärde nivån tillvaratas den gamla produkten när den inte längre är användbar som den är. Genom renovering, utbyte av delar eller genom att ta tillvara på komponenter i nytillverkning kan resurser användas effektivt.

Fungerar ingen av de fyra första nivåerna så är återvinning den sista nivån i ett cirkulärt flöde. De förbrukade delarna kan bli till nya material eller komma till nytta på annat sätt. Här finns behov av att arbeta med återvinning baserad på värde snarare än volym eller vikt, så som alltför ofta är fallet idag.

Trots alla positiva egenskaper som cirkulära affärsmodeller har i teorin så är de hittills inte så vanliga i industrin, och man kan med fog fråga sig varför. Forskarna Johan Frishammar och Vinit Parida har identifierat vanligt förekommande barriärer som hindrar övergången till cirkulära affärsmodeller²⁰⁾.

Barriärerna beskrivs på tre nivåer: Företagsnivå, ekosystemnivå och policynivå. Barriärerna på företagsnivå och ekosystemnivå tenderar att ha en huvudsaklig tyngdpunkt mot någon av affärsmodellens tre delar: Att skapa värde, att fånga värde, eller att leverera värde, medan barriärer på policynivå har en påverkan på helheten.

En vanlig barriär på företagsnivå är höga initiala investeringskostnader, exempelvis för att skapa prototyper för avancerade tjänstelösningar eller för att skapa nätverk av partners. Många företag tycks därtill ha en bristande förståelse för sin existerande affärsmodell, exempelvis kring vilket specifikt värde som kunderna ser i det som levereras. Ett starkt fokus på intern produktutveckling av hårdvara kan också försvåra övergången till en cirkulär affärsmodell, eftersom den förutsätter gemensamt värdeskapande ihop med kunder. Denna barriär förvärras ofta av bristfällig kommunikation mellan avdelningar och funktioner, och då speciellt mellan FoU (som ofta finns i Sverige) och enheter för tjänsteleverans (som ofta finns på internationella marknader).

Att skapa en cirkulär affärsmodell kan också leda till en "kannibaliseringseffekt" där den traditionella produktförsäljningen tar stryk. Nytillverkning kan därtill anses vara billigare än återbruk av produkter och delar, som är centralt i cirkulära affärsmodeller, och därtill är många företags nuvarande produkter inte designade för cirkularitet och återbruk. En annan vanlig barriär på företagsnivå är kultur; om denna är alltför produktcentrerad och bygger på produktförsäljning försvåras skapandet av en cirkulär affärsmodell. Detta uppkommer ofta i kombination med felaktigt utformade mätetal för prestanda – KPI:er – där företagets strategi kan vara att gå mot ökad cirkularitet och tjänsteförsäljning medan man fortsätter att mäta prestationsutfall i form av produktförsäljning.

Cirkulära affärsmodeller kräver samarbete över företags gränser, och att effektivt dela information, kunskap och tillfälligt ledig kapacitet i ett nätverk av samverkande företag och organisationer är en central barriär. Bristfällig kund- och leverantörssamverkan är också vanligt förekommande, speciellt då företag säljer internationellt och har

¹⁹⁾ Teknikföretagen, Cirkulär ekonomi: "Ett nytt sätt att skapa värden"

²⁰⁾ <http://mgmt.imit.se/nummer/nr-4-december-2019/#att-lyckas-med-cirkulara-affarsmodeller>

kunder i olika delar av världen med olika behov. Många kundföretag upplevde också bristfällig tillförlitlighet gällande tjänstelösningars funktion och livslängd vilket till del förklaras av att många företags inköpsfunktioner är betydligt mer vana vid produkt- än vid tjänsteinköp.

En annan viktig barriär är själva processen att hitta rätt partner, exempelvis underleverantörer eller leverantörer av komplementära tjänster. Många företag beskrev processen med att hitta rätt partner som tidskrävande och svår då en cirkulär affärsmodell har en högre grad av komplexitet än en traditionell och "linjär" dito. Därtill saknades ofta rutiner för återtagande och återbruk av produkter och delar.

En speciellt viktig barriär är bristfällig incitamentsstruktur i partnerkonstellationen, och svårigheten att skapa en affärsmodell som är "win-win" för alla som deltar. Därtill fanns rädslan att kunderna kan missbruka en viss tjänstelösning, exempelvis genom att överanvända eller inte ta hand om den hårdvara som ofta utgör kärnan i en avancerad tjänstelösning.

Lagar och regler är något av ett tveeggat svärd. Å ena sidan kan ny lagstiftning vara en primär drivkraft mot ökad cirkuläritet och hållbarhet; å andra sidan kan lagar och regelverk utgöra barriärer. Exempel på sådana barriärer är handelsavtal och överenskommelser som inte styr mot ökad cirkuläritet, otydligheter i regelverket för återbruk på EU-nivå, eller olika landsspecifika standarder och regler vilket motverkade en cirkulär affärsmodells potential till uppskalning. Därtill kommer institutionell osäkerhet samt det faktum att nuvarande lagar, regelverk och samhälleliga mätetal ofta är anpassade för en linjär snarare än en cirkulär ekonomi.

REKOMMENDATIONER:

Gemensamma satsningar, nationellt och internationellt

- Definiera hållbara digitala affärsmodeller som en ny svensk paradgren och ge stöd och förutsättningar till akademi och institut, jämte inkubatorer och science parks för att stödja utvecklingen.
- Utveckla program för digitala hållbara affärsmodellslyft (industri)/"värdeskapandelyft" (offentlig sektor/akademi)
- Starta ett nytt innovationsprogram med syfte att accelerera transformation av industrin, eventuellt inom någon av EU:s innovationshubbar.
- Test- och demoanläggningar för återanvändning, reparation och återvinning av material, produkter och kemikalier med sikte på att återvinna värde och inte primärt vikt eller volym.
- De strategiska innovationsprogrammen och andra industriella plattformar kan i högre utsträckning arbeta med temat hållbara digitala affärsmodeller.
- Höga miljökrav på produktion av råvaror i internationella samarbeten. Den cirkulära ekonomin är global fråga – arbeta genom EU.

Staten/myndigheter

- Ta bort policys som försvårar eller förhindrar finansiella institut att bidra till fossila investeringar.

- Eliminera samhälleliga subventioner till fossilindustrin.
- Etablera en blocköverskridande strategi för klimatsmart, resurseffektiv, hållbar, livscyklifokuserad och innovationsdriven offentlig investeringar.
- Satsa på strategisk upphandling i offentlig sektor, med fokus på innovativa, hållbara affärslösningar. Säkerställ att innovativa små och medelstora företag har möjlighet att delta i dessa upphandlingar, exempelvis genom att minska köparens risk om ett företag i uppskalningskede inte lyckas leverera de kvantiteter som krävs.
- Intensifiera regeringsarbetet med regelförbättring och förenkling med fokus på vad som ska uppnås istället för hur.
- Stimulera nya hållbara lösningar genom att flytta subventioner som upprätthåller mindre hållbara produkter och tjänster till subventioner av nya cirkulära produkter och tjänster. Ett exempel är kollektivtrafik och bilpooler som skall konkurrera med privatägda bilar och hyrbilar.
- Utred vilka europeiska lagar och regler som bör revideras för att gynna mer cirkulära och hållbara lösningar med frihandel som utgångspunkt.
- Utveckla hållbarhetsrapporteringen och internationella standarder för att driva utvecklingen mot användning av återvunnet material.

Industrin/branschorganisationer/föreningar

- Öka kunskapen om digitaliseringens möjligheter och hur de digitaliseringen öppnar upp för nya digitala och hållbara affärsmodeller och synliggör lyckade exempel.
- Utbilda och sprid kunskapen om hur nya affärsmodeller arbetas fram tillsammans med kunskap om transformationsprocessen för hur ett företag går från konventionella affärsmodeller till digitala. Här behöver transformation av industrin ingå i högre utbildning, gärna kombinerat med korta universitetskurser riktade till olika målgrupper på arbetsmarknaden.
- Testdesign för utvärdering av nya affärsmodeller inom områden som inte utgör företags kärnverksamhet, och spridning av resultat.
- Studera barriärerna för cirkulära affärsmodeller och analysera ett rimligt förhållningssätt till dessa, inom företaget, inom ekosystemet och på policynivå.

Akademi/institut/utbildningssektorn

- Stärk FoU och testbäddar som ökar kunskapen kring kopplingen mellan teknik- och materialutveckling till hållbarhet från ett systemperspektiv, och då samtidigt beaktar ekonomisk, ekologisk och social hållbarhet.
- Utbildningsväsendet bör i större utsträckning utgå från de behov industrin prioriterar. Transformation av industrin bör ingå i högre utbildning, gärna kombinerat med kortare akademiska kurser riktade mot olika målgrupper på arbetsmarknaden. Ökad kunskap om vad som sker i Asien inom transformation management står också på listan.
- Utveckla bryggor och mötesplatser, kanske i mjukare och mer tillgängliga varianter än vad som står till buds idag mellan akademi och industri.

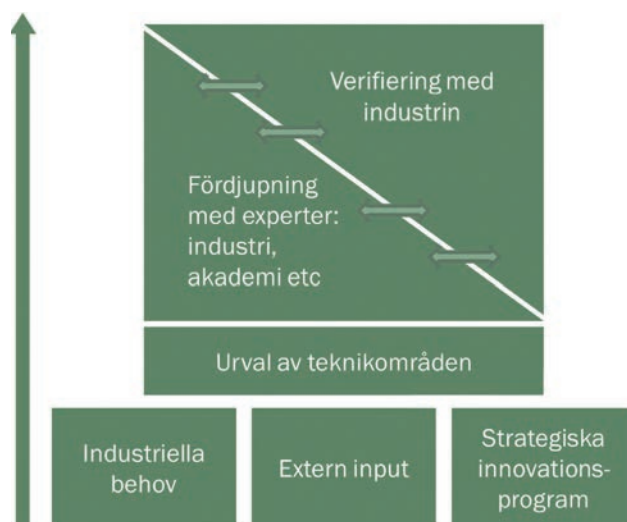
8. Metod och medverkande

I samband med avslutningen av förra regeringens samverkansprogram som bedrevs mellan 2016 och 2018 så identifierades olika möjligheter att driva vidare arbetet med de prioriteringar som samverkansgruppen pekat ut. Konkret har detta inneburit att Vinnova, Teknikföretagen och RISE samverkat i ett projekt för att ta fram en färdplan för svensk industri.

Ett av resultaten från detta projekt är denna Färdplansrapport. Syftet är att beskriva industrins behov av ny teknik och stärkta förmågor, och i och med detta peka på de områden som är lämpade för gemensamma satsningar dels inom industrin, dels i samverkan mellan industri och samhälle.

För att säkerställa en bred förankring och samtidigt hög kvalitet har projektet under 2019 genomfört ett antal workshopar, intervjuer och arbetsmöten i mindre grupper för att identifiera och dokumentera industrins behov samt deltagarnas syn på den tekniska och samhällsliga utvecklingen. Projektet har också haft specifika workshops med flera av de strategiska innovationsprogrammen – SIP:arna – eftersom dessa jobbar nära den svenska industrin med fokus på sina specifika områden. Parallellt med detta har ett stort antal externa källor använts som underlag. Under arbetet har vi strävat efter bred representation men inser att endast en liten del av svenskt näringsliv har varit direkt involverad. Vi är övertygade om att de flesta förslagen och konklusionerna som förs fram har en generell tillämpning men det innebär också att vi ser projektets leverabler som ett första steg i en kontinuerlig process.

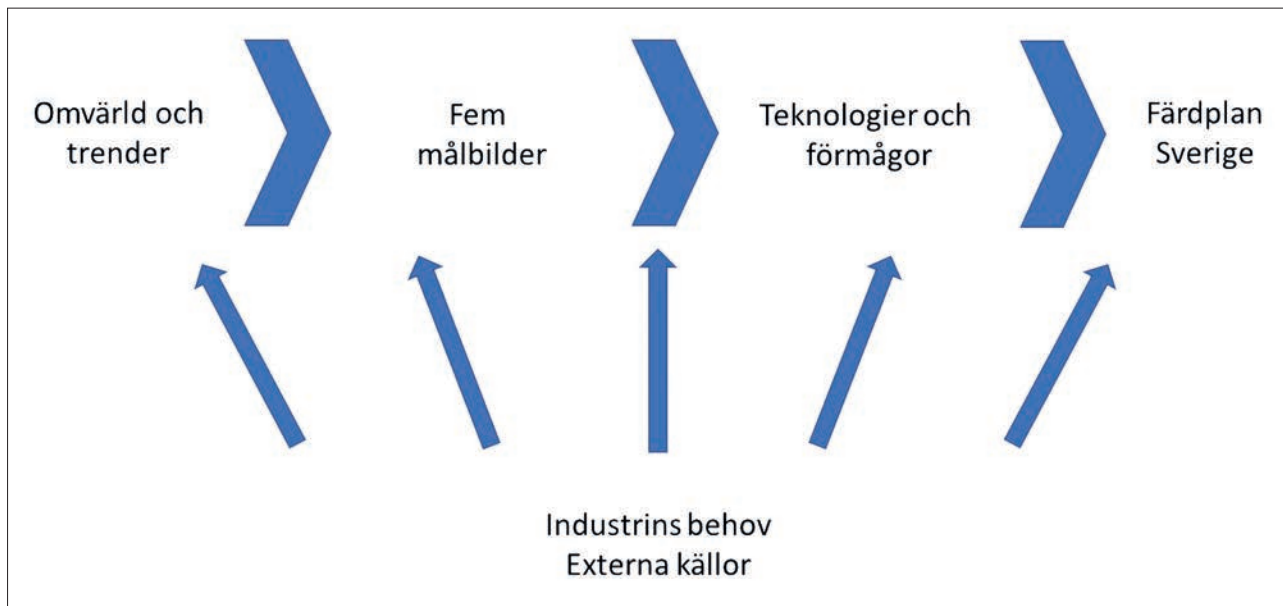
Under den första perioden av projektet låg fokus på att hitta möjliggörande teknologier som är viktiga för svensk industri nu och de närmaste femton åren. Detta gjordes genom workshops och insamling av trender från externa källor där projektet gick igenom över 200 dokument. Dessa var en blandning av rapporter av olika karaktär, presentationer och websidor. Projektets initiala resultat var baserat på denna informationsinsamling och resulterade i att ett antal teknikområden identifierades. Baserat på detta material genomfördes ett trettiotal intervjuer med industri-, organisations- och akademirepresentanter.



Genom dessa konstaterade projektet att för att kunna tillgodogöra sig den nya tekniken behöver industrin också vässa ett antal förmågor.

För att säkerställa kvaliteten på resultaten har projektet anordnat workshopar i slutet av 2019 samt gett möjlighet till återkoppling på den preliminära rapporten i början på 2020. På detta sätt har industri, organisationer, institut och akademi haft möjlighet att kommentera och komplettera det som projektet kommit fram till.

I analysarbetet och i författandet av färdplansrapporten har projektgruppen strukturerat informationen så att bakgrund och målbilder presenteras först för att sedan beskriva de teknikområden och förmågor som framkommit som möjliggörare för att vi ska kunna nå det övergripande målet med att ha en konkurrenskraftig industri i ett hållbart samhälle. I projektarbetet har dock detta flöde vuxit fram genom ett antal iterationer eftersom de olika stegen påverkar varandra och att inflödet av information är kontinuerligt – både samhällsutvecklingen och teknikutvecklingen tar stora, snabba steg kontinuerligt. Detta pekar också på att denna typ av arbete behöver göras fortlöpande, och att en färdplan av denna typ behöver vara levande.



Projektet har haft stor hjälp av sin styrgrupp för att hitta rätt inriktning och avgränsningar i arbetet. I styrgruppen har följande personer deltagit, dels via styrgruppsmöten, dels via återkoppling på preliminära resultat från projektet. (Vid vissa möten har dessa personer representerats av ersättare):

Jan-Eric Sundgren, styrgruppsordförande
Charlotte Brogren, ALIMAK
Johan Carlstedt, IVA
Mikael Dahlgren (Stefan Thorburn), ABB
Erik Ekudden (Mats Nilsson), ERICSSON
Kajsa Hedberg (Lena Strömberg), SISP
Tord Hermansson, LINDHOLMEN SCIENCE PARK
Torbjörn Holmström, AB VOLVO
Lars Henrik Jörnving (Hans Olofsson), SCANIA
Anna Hultin Stigenberg, RISE
Åsa Sundqvist, LKAB
Aleksandar Zuza, IF METALL

I det löpande arbetet har en ledningsgrupp med representanter från Vinnova, Teknikföretagen och RISE samt styrgruppens ordförande coachat projektet, stöttat med kontakter och kommunikation samt säkerställt att projektet haft rätt angreppssätt och fokusering. Ledningsgruppen har bestått av:

Jan-Eric Sundgren, styrgruppsordförande
Andreas Aurelius, Vinnova
Margaretha Groth, Vinnova
Peter Johansson, Teknikföretagen
Per-Olof Sjöberg, RISE

Projektgruppen på RISE som sammanställt materialet och författat rapporten har bestått av Stig Larsson (projektledare), Ulrika Harlin, Susanna Winzenburg och Adam Edström. Projektgruppen har fått gott stöd av Lena Nilsson, Sten Grahn, Anders Wikström och Linda Olofsson.