



# Additive Manufacturing

i praksis


sdu.dk



SDU



Resultater af en  
spørgeskemaundersøgelse  
blandt danske små og  
mellemstore produktions-  
virksomheder



Forfattere:  
Jan Stentoft,  
Kent Adsbøll Wickstrøm  
Anders Haug  
Kristian Philipsen

**Forfattere:**

Jan Stentoft

Kent Adsbøll Wickstrøm

Anders Haug

Kristian Philipsen

**Design & layout:**

Liselotte Baardesø Hansen,  
Grafisk Center, SDU

**Korrektur:**

Tina Højrup Kjær

© Forfatterne, august 2020

ISBN nr. 978-87-91070-92-1

# Indhold

<b>Sammenfatning</b> .....	4
<b>Forord</b> .....	6
<b>Indledning</b> .....	7
<b>Teoretisk referenceramme</b> .....	9
AM-teknologi og printtyper .....	9
SLA.....	9
SLS .....	9
SLM .....	9
FDM.....	10
MJP .....	10
AM-anvendelsesområder og -fordele .....	10
Særlige karakteristika ved SMV'er .....	12
Teknologiparathed.....	12
Modenhedsmodel .....	15
Barrierer for brug af AM .....	15
Teknologiske barrierer .....	16
Strategiske barrierer.....	16
Organisatoriske barrierer .....	16
Driftsmæssige barrierer.....	16
Eksterne/supply chain barrierer .....	16
<b>Metode</b> .....	17
<b>Analyse</b> .....	20
Printmaterialer blandt respondenterne.....	20
Formål med brug af AM-teknologi .....	23
Opfattet AM-parathed.....	31
Barrierer for brug af AM .....	32
Teknologiske barrierer .....	33
Strategiske barrierer.....	34
Organisatoriske barrierer .....	34
Driftsmæssige barrierer.....	36
Eksterne/supply chain barrierer .....	37
Samarbejde i netværk .....	38
Former for videntilførsel.....	38
Fordele ved samarbejde om AM i virksomhedsnetværk .....	39
Ulemper ved samarbejde om AM i virksomhedsnetværk .....	40
AM-modenhed .....	40
Performance .....	41
<b>Sammenfatning af resultater</b> .....	43
<b>Ledelsesmæssige udviklingsbehov</b> .....	44
<b>Konklusion</b> .....	47
<b>Referencer</b> .....	49
<b>Om forfatterne</b> .....	52

# Sammenfatning

Denne rapport behandler resultaterne af en landsdækkende spørgeskemaundersøgelse, der har fokus på Additive Manufacturing (AM)-praksis blandt danske små og mellemstore virksomheder (SMV'er). I alt har 157 respondenter bidraget med svar i undersøgelsen, der er gennemført for at afdække AM-praksis blandt danske små og mellemstore produktionsvirksomheder. AM-praksis er f.eks. 3D-printning af reservedele, robotter der erstatter manuelt arbejde, og at produkter bliver intelligente og via dataopsamling giver konkrete forslag til, hvornår der bør foretages service. Dertil har 55 virksomheder, udover de 157, svaret, at de er i proces med at afklare mulighederne med AM.

Specifikt søger rapporten svar på følgende spørgsmål (se sammenfatning af svarene under punkterne):

1. Hvilke typer 3D-print anvendes af respondenterne?
2. Hvad bruges AM-teknologien til?
3. Hvad er den opfattede parathed til at bruge AM?
4. Hvilke barrierer ser respondenterne for brug af AM?
5. Hvilke muligheder ser respondenterne i at samarbejde i virksomhedsnetværk omkring AM?
6. Hvor AM-modne opfatter respondenterne sig selv?
7. Hvordan er virksomhedernes performance relateret til brug af AM?
8. Hvilke ledelsesmæssige udviklingsbehov kan der peges på omkring brug af AM?

## 1. Printtyper

Undersøgelsen viser, at FDM er den printtype, som det største antal respondenter bruger (90 virksomheder). Dernæst kommer SLS med 59 virksomheder og SLA med 37 virksomheder. 19 virksomheder bruger henholdsvis SLM og MJP.

## 2. Anvendelsesformål

Data viser, at 152 ud af de 157 respondenter bruger AM til Rapid Prototyping. Dernæst kommer formålet med produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte med 127 respondenter. 88 respondenter bruger AM til produktproduktion.

## 3. Parathed til brug af AM

To parathedsparemetre opnår gennemsnitsscorer over 3,5, hvilket er for den nødvendige støtte fra topledelsen, og at medarbejderne har den rette motivation til at arbejde med AM. Disse to parathedsparemetre er væsentlige forudsætninger for succes med AM. Medarbejderkompetencer og til-

strækkelig AM-viden scorer modsat kun gennemsnitsværdier på 3,03 og 2,90, hvilket indikerer, at der er behov for kompetenceløft på dette område i de danske SMV'er.

#### **4. Opfattede barrierer for brug af AM**

Undersøgelsen identificerer en række barrierer for brug af AM fordelt i fem grupper som svar på spørgsmålet om, hvad respondenterne opfatter som barrierer for brug af AM. De fire undersøgte teknologiske barrierer opnår gennemsnitsværdier fra 3,11 til 2,53, hvilket indikerer, at teknologien som sådan ikke opfattes som den store barriere. Det samme mønster gør sig gældende for de tre undersøgte strategiske barrierer, der opnår gennemsnitsværdier fra 3,16 til 2,16.

Gennemsnitsværdierne for de fem organisatoriske barrierer ligger i intervallet fra 2,86 til 1,53, hvilket indikerer, at disse barrierer ikke opfattes som væsentlige. Hvad angår de driftsmæssige barrierer, opnås der her højere gennemsnitsværdier, specielt for at de nuværende emner ikke passer til AM, og at der er for lav produktionshastighed. For den sidste gruppe omkring eksterne/supply chain barrierer er det kun den ene af fire barrierer, der i nogen grad opfattes som en barriere, nemlig at kunderne ikke har efterspurgt AM-kapabiliteter.

#### **5. Muligheder for samarbejde i AM-virksomhedsnetværk**

Generelt opnås der lave gennemsnitsværdier for forskellige former for AM-videntilførsel med værdier under 3,00. Der ligger således et udviklingspotentiale for SMV'erne i at blive bedre til at få tilført viden om AM. Respondenterne ser generelt en lang række fordele ved at samarbejde om AM i virksomhedsnetværk, hvor syv ud af 10 listede fordele opnår gennemsnitsværdier over 3,50. Hvad angår de listede ulemper ved samarbejdet i virksomhedsnetværk, opnås der lavere gennemsnit (fra 3,04 til 2,29), hvilket indikerer, at ulemperne ikke opfattes som værende stærke.

#### **6. Opfattet AM-modenhed**

Der tegner sig et billede af AM-umodne virksomheder med gennemsnitsværdier under 3,00 (fra 2,81 til 1,98). Dette peger også tydeligt på potentielle udviklingsområder.

#### **7. Virksomhedsperformance og brug af AM**

AM's relation til virksomhedernes performance viser en svag sammenhæng til produktinnovation, procesinnovation, lønsomhed og erhvervelse af nye kunder. Dette kan hænge sammen med en relativt svag strategisk tilgang til AM blandt respondenterne. Også de fem listede konkurrencemæssige fordele opnår lave gennemsnitsværdier (fra 2,99 til 1,99), hvilket indikerer et behov for at linke AM bedre til virksomhedernes konkurrencekraft.

#### **8. Ledelsesmæssige udviklingsbehov for brug af AM**

Undersøgelsen peger på, at der bør opnås en større bevidsthed for et forretningsmæssigt og et designmæssigt fokus for AM i stedet for en overvægt på et teknisk fokus, samt at der skal opnås bedre balance i virksomhederne mellem drift og udvikling.

# Forord

Denne rapport har til formål at tage temperaturen på danske små og mellemstore produktionsvirksomheders brug af AM-teknologi. Forfatterne har i mere en 10 år gennemført forskningsprojekter med særlig fokus på små og mellemstore virksomheders (SMV'ers) vilkår og praksis for at sikre konkurrencekraft og arbejdspladser. Siden 2011 har medarbejdere fra Institut for Entreprenørskab og Relationsledelse på Syddansk Universitet i Kolding udbudt en fagpakke i IT og forretningsudvikling i SMV'er under uddannelsen Master i IT ved IT-Vest. Denne undervisning har givet et særligt indblik, via interaktion med studerende med erhvervs erfaring, i de udfordringer, SMV'er har med at erkende nødvendigheden af IT, beslutningsprocesser omkring anskaffelse af IT, konkret implementering af IT og at praktisere forretningsudvikling ved brug af IT.

Ligeledes har forfatterne løbende gennemført forskningsprojekter om SMV'ers IT-anvendelse for at sikre faglig udvikling af fagpakken, der bygger på forskningsbaseret undervisning. Senest har forfatterne fokuseret på SMV'ers brug af nye digitale teknologier – også omtalt som Industri 4.0-teknologier. Dette er sket gennem landsdækkende spørgeskemaundersøgelser samt case-studier baseret på kvalitative interviews. Resultaterne er bl.a. publiceret i flere internationale tidsskriftpublikationer med emner som 'drivkræfter og barrierer for brug af Industri 4.0' (Stentoft et al., 2020a); 'motivation og udfordringer med udbredelse af additive manufacturing gennem virksomhedsnetværk' (Stentoft et al., 2020b); 'informationsteknologiens indflydelse på produktinnovation blandt SMV'er' (Haug et al., 2020) og 'omkostningsmotiveret relokalisering af produktion under indflydelse af Industri 4.0' (Stentoft et al. 2020c).

Denne rapport fokuserer specifikt på en af de såkaldte Industri 4.0-teknologier – nemlig Additive Manufacturing (AM). AM er ikke en ny teknologi, men indenfor de seneste år har vi set en vækst i teknologiens anvendelse – ikke kun blandt store virksomheder, men også indenfor SMV'er.

Der rettes en stor tak til alle respondenterne i denne undersøgelse. Jeres tid og svar er meget værdsat i vores bestræbelser på at skabe ny viden om muligheder og udfordringer med at arbejde med AM-teknologi blandt små og mellemstore produktionsvirksomheder.

Der rettes en tak til Per Lynnerup fra Teccluster, Thomas Tønnesen fra Protech Danmark og Karsten Friis Hansen fra NEXTTECH for kommentering af de første udkast til spørgeskemaet, som denne rapport bygger på. Endelig skal der rettes en stor tak til vores kollega Tina Højrup Kjær for grundig korrekturlæsning og koordinering af layout og opsætning af rapporten.

August 2020

*Jan Stentoft, Kent Adsbøll Wickstrøm, Anders Haug og Kristian Philipsen*

# Indledning

Danske produktionsvirksomheder har gennem den seneste årrække skullet forholde sig strategisk til en række nye digitale teknologier, der udvikles, og som potentielt kan have stort forretningspotentiale. Den digitale omstillingsproces er for alvor i gang. Dette gælder alle typer af organisationer – offentlige som private på tværs af brancher og størrelser. En samlebetegnelse for de nye digitale teknologier er Industri 4.0, som er et begreb udviklet i Tyskland i 2011 i forbindelse med et politisk initiativ til at styrke konkurrenceevnen i den tyske fremstillingsindustri (Hermann et al., 2015; Kagermann et al., 2013).

Industri 4.0 kan opfattes som den tekniske integration af Cyber-Physical Systems med fysiske fremstillings- og logistikprocesser ved brug af Internet of Things. Et eksempel er brugen af sensorer, der overvåger og opsamler forbrugsdata, som der efterfølgende handles på (f.eks. maskindata om hastighed, farveforbrug, energiforbrug, opholdstid til brug for forebyggende og forudseende vedligehold) (Stentoft, 2020). Den præcise opgørelse af hvor mange sådanne teknologier, der findes og deres præcise navngivning, er uklar. Det skyldes bl.a. en hurtig teknologisk udvikling, som udfordrer et robust begrebsapparat.

Eksempler på Industri 4.0-teknologier er Additive Manufacturing (AM), Big Data & Analytics, Autonom robotter, Internet of Things (IoT), Augmented Reality, Cloud teknologi, kunstig intelligens og cyber security. Brugen af de nye digitale teknologier giver nye muligheder for værdiskabelse, udvikling af nye eller ændring af eksisterende forretningsmodeller samt hvorledes arbejdet organiseres. Man taler i denne sammenhæng også om, at teknologierne giver *disruptions* – dvs. forstyrrelser i eksisterende forretningsmodeller. Et eksempel på dette er AM-teknologi, der giver mulighed for selv at printe reservedele, robotter der erstatter manuelt arbejde, og at produkter bliver intelligente og via dataopsamling, f.eks. ved brug af sensorer, giver konkrete forslag til, hvornår der bør foretages service.

Fremkomsten af sådanne digitale teknologier giver som nævnt produktionsvirksomheder en række nye muligheder, men samtidig også en række nye udfordringer. Forskere fra Institut for Entreprenørskab og Relationsledelse ved Syddansk Universitet i Kolding har gennem de sidste 10 år haft fokus på forskningsaktiviteter omkring små og mellemstore virksomheders (SMV'ers) brug af digitale teknologier. Undersøgelser peger på, at SMV'er til en vis grad er bevidste om relevansen af brugen af de nye digitale teknologier, men at der samtidig eksisterer en række barrierer for, at teknologierne bringes i anvendelse. Sådanne barrierer har Stentoft et al. (2017), Stentoft et al. (2020a) og Stentoft & Rajkumar (2020) bl.a. sammenfattet til:

- Mangel på viden om Industri 4.0-teknologierne
- Mere fokus på drift end på udvikling af virksomheden

- Mangel på forståelse af den strategiske vigtighed af Industri 4.0
- For få kvalificerede medarbejdere
- Efteruddannelse af medarbejdere

Ikke alle teknologier er lige relevante for alle virksomheder (Stentoft et al., 2020a). Derfor bør virksomheder først sikre den nødvendige forståelse af de processer, de evt. ønsker at effektivisere ved brug af Industri 4.0-teknologier. Dette kan ske gennem kortlægning af arbejdsgange i såvel administrative processer som i produktionsprocesser. En sådan kortlægning kan hjælpe til med at identificere hvilke teknologier, det giver mening at undersøge nærmere.

Nogle løsninger kan være kostbare at kaste sig ud i, hvorfor teknologiernes fordele bør sammenholdes med de omkostninger, det kræver for at gøre brug af teknologierne. Man bør også have for øje, at den digitale omstilling bør anses som en samarbejdsopgave for ledelse og medarbejdere. Inddragelse af nøglemedarbejdere er helt centralt for at sikre organisatorisk parathed samt for at skabe løsninger, der reelt giver konkurrencemæssige fordele (Stentoft, 2020).

Denne rapport har fokus på én af teknologierne under Industri 4.0-paraplyen, nemlig AM. Som sådan vil det være forkert at benævne AM som én blandt de nye digitale teknologier, idet dens introduktion kan føres tilbage til 1984, hvor Charles Hull opfandt en billedbehandlingsproces, der er kendt som stereolitografi (Attaran, 2017).

På trods af teknologiens alder og modenhed finder brugen primært sted i store virksomheder og i begrænset omfang blandt SMV'er, desuagtet dens potentialer til at skabe konkurrencemæssige fordele. Forfatterne bag denne undersøgelse har tidligere fokuseret generelt på Industri 4.0-teknologier, hvilket dermed også har givet generelle resultater.

Ambitionen i den undersøgelse, der afrapporteres her, er at dykke specifikt ned i en enkelt teknologi med henblik på at opnå mere detaljeret viden om den konkrete brug, herunder virksomheders parathed og oplevede barrierer. Specifikt søges der svar på følgende spørgsmål:

1. Hvilke typer 3D-print anvendes af respondenterne?
2. Hvad bruges AM-teknologien til?
3. Hvad er den opfattede parathed til at bruge AM?
4. Hvilke barrierer ser respondenterne for brug af AM?
5. Hvilke muligheder ser respondenterne i at samarbejde i virksomhedsnetværk omkring AM?
6. Hvor AM-modne opfatter respondenterne sig selv?
7. Hvordan er virksomhedernes performance relateret til brug af AM?
8. Hvilke ledelsesmæssige udviklingsbehov kan der peges på omkring brug af AM?

Undersøgelsen bidrager med ny viden på et område, hvor der ikke er meget empirisk forskningsbaseret viden, og den komplementerer Blichfeldt et al. (2020), vis undersøgelse identificerede 46 virksomheder, der bruger AM, hvor denne undersøgelse har identificeret 157 virksomheder.



# Teoretisk referenceramme

Dette afsnit har til formål at give en kortfattet beskrivelse af centrale begreber, der behandles i denne rapport. Afsnittet er struktureret i fem delafsnit. Det første afsnit skaber et kort overblik over AM samt fem udbredte AM-teknologier. Dernæst følger et afsnit, der beskriver de særlige karakteristika ved SMV'er. Herefter følger afsnit, der dels beskriver en model for teknologiparathed og dels, hvordan man kan arbejde med Industri 4.0-modenhed. Det sidste afsnit har fokus på barrierer, der opleves ved AM.

## AM-teknologi og printtyper

Additive Manufacturing (AM) beskriver teknologier, som bygger 3D-objekter baseret på lag-på-lag påføring af materialer. Sådanne materialer omfatter blandt andet plastik, metal og beton – og endda menneskeligt væv. AM omfatter forskellige anvendelser såsom 3D-print, Rapid Prototyping (RP), Direct Digital Manufacturing (DDM), lagdelt fremstilling og additiv fabrikation (Attaran, 2017). Der findes derfor forskellige typer af 3D-printerteknologier, hvor nogle af de mest udbredte er SLA, SLS, SLM, FDM og MJP.

### SLA

SLA er en forkortelse af 'Stereolithography Apparatus', som er en high-end 3D-printteknologi. Den mest almindelige form for proces med denne teknologi er, at der bruges UV-laser på et bassin af photopolymerharpiks (plastmateriale). Photopolymerharpiks er et flydende materiale, som ændrer egenskaber, når det udsættes for lys. UV-laseren tegner en form på overfladen af photopolymerharpiksen, som derved bliver til et lag af fast materiale. Derpå sænkes platformen, og processen gentages lag for lag, indtil 3D-objektet er færdigt.

### SLS

SLS er en forkortelse af 'Selective Laser Sintering'. Denne 3D-printteknologi benytter en kraftig laser til at fusionere små partikler i pulverform. Materialerne kan være plast, metal, keramik, nylon og glaspulver – men er dog typisk nylon eller plast (polymer). Teknologien ligner SLM men adskiller sig ved, at materialet (metal) i SLM smeltes i højere grad end sintres (sammenbindes) som i SLS. SLS er en relativ ny teknologi, som indtil nu primært har været benyttet til RP.

### SLM

SLM er en forkortelse af 'Selective Laser Melting', som også går under betegnelserne 'direct metal laser melting' (DMLM) og 'laser powder bed fusion' (LPBF). Denne teknologi bruger en kraftig laser til at smelte og binde metallisk pulver sammen. Processen starter med, at en 3D-datamodel konverteres til meget tynde lag i form af 2D-billeder. Herefter distribueres fine lag af metalpulver



på en plade og belyses med laseren. Dette gøres lagvist indtil 3D-objektet er færdigt. SLM producerer stærke og holdbare metaldele, som kan bruges både som prototyper og slutprodukter.

### **FDM**

FDM er en forkortelse af 'Fused Deposition Modeling', som også går under betegnelsen 'Fused filament fabrication' (FFF). I denne teknologi fødes en plasttråd fra en spole gennem en opvarmet dyse. Plasttråden smeltes og ekstruderes i dysen, før den appliceres horisontalt eller vertikalt. Plastmaterialet appliceres i små punkter i lag. FDM er en relativt billig 3D-printteknologi, hvilket er en medvirkende faktor til, at den er den mest populære 3D-printteknologi til hobbybrug målt på antallet af maskiner.

### **MJP**

MJP er en forkortelse af 'Multi Jet Printing' og beskriver processen, hvor flydende fotonpolymer (plastmateriale) behandles ved brug af inkjet-teknologi. I MJP har 3D-printeren et printhead, der påfører flere typer af materiale i et tyndt lag. Herefter hærdes materialerne af en UV-laser, og processen gentages lag for lag indtil 3D-objektet er færdigt. Udover plastmateriale udskiller printheadet en voks, der fungerer som support til emnet. Denne voks fjernes efterfølgende gennem varmebehandling.

### **AM-anvendelsesområder og -fordele**

Overordnet set finder AM-anvendelsen sted i forhold til RP, Tooling og Manufacturing.

*Rapid Prototyping* (RP) giver virksomheder muligheder for hurtigt at kunne designe og producere prototyper til produkter, dele eller komponenter. En væsentlig fordel er, at man hurtigt kan få noget konkret at forholde sig til i egen og/eller fælles udviklingsfase med kunden.

*Rapid Tooling* finder sted, når AM bruges til at producere værktøjer eller støbeforme. Der skelnes mellem *direct tooling*, hvor støbeforme bruges direkte i traditionelle fremstillingsprocesser og *indirect tooling*, hvor støbeforme udarbejdes til brug for at skabe den endelige støbform. Fordelene er bl.a. hastighed og omkostningsbesparelser.

*Rapid Manufacturing* finder sted, når AM bruges til at producere det færdige produkt. Fordelene er bl.a., at det kan bidrage til reduktion af lead-time og produkt- og procesfleksibilitet.

En mere uddybende specificering af AM-anvendelsesområder og tilhørende fordele fremgår af tabel 1 på næste side.

**Tabel 1: Fordele ved AM**

Anvendelsesområde	Fordele
Rapid Prototyping (RP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Reducere time to market gennem accelereret prototyping</li> <li>→ Reducere omkostninger forbrugt til produktudvikling</li> <li>→ Gøre virksomheder mere effektive og konkurrencedygtige gennem innovation</li> </ul>
Produktion af reservedele	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Reducere reparationstid</li> <li>→ Reducere lønomkostninger</li> <li>→ Undgå dyrt lager</li> </ul>
Fremstilling i små seriestørrelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Små seriestørrelser kan produceres omkostningseffektivt</li> <li>→ Eliminere investeringer i værktøjsudrustning</li> </ul>
Kundetilpassede unikke emner	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Muliggøre mass customization til lave omkostninger</li> <li>→ Hurtig produktion af præcise og kundetilpassede dele på forbrugsstedet</li> <li>→ Eliminere ulemper ved re-design</li> </ul>
Meget komplekse arbejdsemner	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Producere meget komplekse arbejdsemner til lave omkostninger</li> </ul>
Fremstilling af værktøjer	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Reducere lønomkostninger</li> <li>→ Undgå dyrt lager</li> <li>→ Muliggøre mass customization til lave omkostninger</li> </ul>
Rapid Manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Direkte fremstilling af færdige komponenter</li> <li>→ Relativ billig produktion af et lille antal dele</li> </ul>
Komponentfremstilling	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Muliggøre mass customization til lave omkostninger</li> <li>→ Forbedre kvalitet</li> <li>→ Forkorte forsyningskæden</li> <li>→ Reducere udviklingsomkostninger</li> <li>→ Hjælpe med at reducere overskydende dele</li> </ul>
Fremstilling af kundetilpassede ombytningsdele på forbrugsstedet og når behov indtræffer	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Eliminere lager- og transportomkostninger</li> <li>→ Besparelser er gennem reduceret nedetid</li> <li>→ Reducere reparationsomkostninger betragteligt</li> <li>→ Forkorte forsyningskæden</li> <li>→ Behovet for store lagre reduceres</li> <li>→ Kan forlænge produktlivscyklussen</li> </ul>
Rapid Repair	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Betydelig reduktion af reparationstid</li> <li>→ Mulighed for at modificere reparerede komponenter til det seneste design</li> </ul>

Kilde: Attaram (2017, s. 682).

### Særlige karakteristika ved SMV'er

SMV'er har ifølge EU Commission (2015, p. 10) mellem 10 og 250 ansatte, en omsætning på mellem 10 og 50 millioner Euro og en balancesum på mellem 10 og 43 millioner Euro. Målt i antal udgør SMV'erne 6,7% af alle virksomheder i EU, de bidrager med 35,9% til samfundsøkonomien og beskæftiger 37% af arbejdsstyrken.

SMV'er har i forhold til store virksomheder typisk færre ressourcer og har mindre erfaring i ledelse af nye teknologier, deres administrerende direktører er typisk involveret i den daglige drift, de har ofte en reaktiv tilgang til strategi, og de er domineret af et driftsfokus på bekostning af udviklingsorienterede aktiviteter (Ghobakhloo, 2018; Löfving et al., 2014; Zach et al., 2014).

SMV'er anses for at spille en afgørende rolle i integrationen af forsyningskæder ved brug af Industri 4.0-teknologier (Müller et al., 2018). Yderligere karakteristika ved SMV'er er sammenfattet i tabel 2.

**Tabel 2: Karakteristika ved SMV'er**

Begrænsede finansielle og menneskelige ressourcer
Synlig og aktiv topledelse
Få ledelseslag
Centraliseret beslutningstagning
Kortsigtede beslutningshorisonter
Intuitive beslutningsprocesser
Simpel, fladere og mindre kompleks organisationsstruktur
Lavere grad af specialiserede medarbejdere
Mere fleksible og agile processer
Uformelle regler og procedurer
Lav grad af standardisering og formalisering
Begrænset viden om IT
Begrænset strategisk planlægning med inddragelse af IT

Kilde: Baseret på Zach et al. (2014).

### Teknologiparathed

'Teknologiparathed' (technology readiness) er et begreb, som beskriver en virksomheds forudsætninger for at implementere en ny teknologi. Med andre ord: teknologisk parathed fortæller noget om chancerne for, at implementeringen af ny teknologi vil lykkes.

Der findes forskellige modeller, som behandler dette fænomen. En af disse, som er udviklet af to af forfatterne til denne rapport (Haug og Stentoft), beskriver teknologi-parathed på tre niveauer;



virksomhedsniveau, ledelsesniveau og medarbejderniveau (Haug et al., 2011)<sup>1</sup>. Hvert af disse tre niveauer er opdelt i to dimensioner.

På virksomhedsniveau er den første dimension ”pres for at ændre eksisterende processer”. Et sådant pres kan komme fra forskellige aktører såsom konkurrenter, leverandører, kunder, offentlige institutioner, konsulenter og sælgere. Den anden virksomhedsrelaterede dimension er ”plads til risici”. Denne dimension vedrører ressourcerne, virksomheden har til rådighed (primært finansielle), samt virksomhedens risikovillighed.

Den første ledelsesmæssige dimension er ”teknologikendskab”, som handler om, at begrænset viden om en teknologi fra ledelsens side kan gøre den vanskelig at implementere. Den anden ledelsesmæssige dimension er ”projektstøtte”. Da lederne i en virksomhed er ansvarlige for at tildele ressourcer til implementeringen af en teknologi, er støtte til projektet fra involverede ledere i en virksomhed af afgørende betydning.

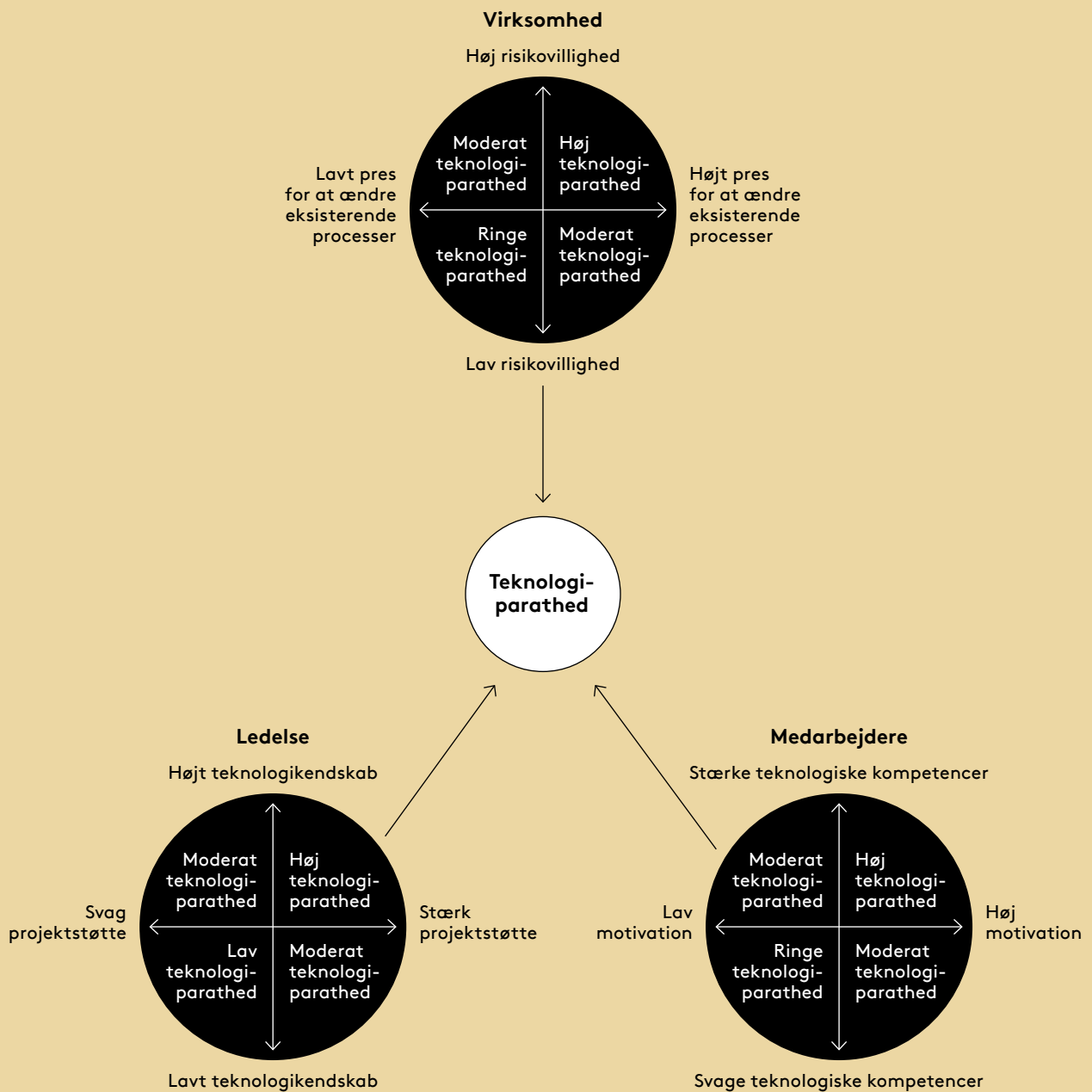
Den første medarbejderrelaterede dimension er ”teknologiske kompetencer”. Sådanne kompetencer omhandler færdigheder og fortrolighed med brugen af teknologien. Den anden medarbejderrelaterede dimension vedrører medarbejdernes ”motivation”. Eksempelvis kan der være modstand mod implementeringen af teknologier, hvis medarbejderne ikke forstår teknologien, er usikre på hvordan teknologien vil påvirke deres jobrutiner, eller hvis de frygter afskedigelser som følge af teknologien.

I figur 1 på næste side ses teknologiparathedsmodellen.

---

<sup>1</sup>Modellen fokuserer primært på informationsteknologi, men den kan også anvendes i forbindelse med andre teknologier, herunder AM.

**Figur 1: Teknologiparathedsmode**



Kilde: Baseret på Haug et al. (2011).

### Modenhedsmodel

Et koncept, som minder en del om parathed, er 'modenhed'. Forskellen på 'parathed' og 'modenhed' er, at parathedsvurderinger er noget, som sker, før man går i gang med et projekt, mens modenhedsvurderinger sigter på at beskrive modningsstatus undervejs i et projekt. Modenhedsmodeller kan bruges som et instrument til konceptualisering og måling på både organisatorisk-, afdelings- og forretningsprocesniveau.

Der findes forskellige modenhedsmodeller, herunder nogle rettet mod Industri 4.0, hvorunder AM er en af teknologierne. En sådan model er udviklet af Schumacher et al. (2016) som vist i tabel 3. De forskellige dimensioner analyseres ved at opstille en række udsagn til hver dimension, som respondenterne scorer ud fra en fem-punkts Likert-skala. I alt er de ni dimensioner opdelt i 62 spørgsmål (Schumacher et al., 2016).

**Tabel 3: Modenhedsmodel for Industri 4.0**

Dimension	Forklaring
Strategi	Implementering af Industri 4.0-køreplan, gør ressourcer tilgængelige til realisering, tilpasning af forretningsmodeller osv.
Ledelse	Villighed hos ledere, ledelseskompetencer og -metoder, tilgængelighed af central koordinering af Industri 4.0 osv.
Kunder	Udnyttelse af kundedata, digitalisering af salg/services, kunders digitale kompetencer osv.
Produkter	Individualisering af produkter, digitalisering af produkter, produktintegration i andre systemer osv.
Drift	Decentralisering af processer, modellering og simulering, samarbejde på tværs af afdelinger osv.
Kultur	Videnedveksling, åben innovation og samarbejde på tværs af virksomheder, værdier omkring IT i virksomheden osv.
Mennesker	Medarbejderes IT-kompetencer, medarbejderes åbenhed overfor nye teknologier, autonomi i organisationen osv.
Styring	Arbejdsbestemmelser for Industri 4.0, egnethed til teknologiske standarder, beskyttelse af intellektuelle rettigheder osv.
Teknologi	Brug af moderne IT, anvendelse af mobile enheder, brug af maskine-til-maskine-kommunikation osv.

Kilde: Baseret på Schumacher et al. (2016).

### Barrierer for brug af AM

Et studie af den akademiske litteratur omkring AM-teknologi har identificeret en række barrierer for at tage teknologien til sig. En barriere kan opfattes som "omstændigheder eller forhindringer til en konkret implementering og udbredelse af teknologien" (Durach et al., 2017). Baseret på et omfangsrigt litteraturstudie har Stentoft et al. (2020b) klassificeret barrierer for brug af AM i fem



grupper: 1) teknologiske barrierer, 2) strategiske barrierer, 3) organisatoriske barrierer, 4) driftsmæssige barrierer og 5) eksterne/supply chain barrierer.

#### **Teknologiske barrierer**

Teknologiske barrierer vedrører de teknologiske begrænsninger ved teknologien. Det handler f.eks. om variation i materialer, styrke, færdiggørelsesgrad, performance, konsistens, produktionshastighed og størrelse på emner (Baumers et al., 2016; Berman, 2012).

#### **Strategiske barrierer**

Sådan barrierer vedrører, hvordan AM linkes til produkt- og markedskaraktistika (Mellor et al., 2014). Virksomheder må forstå de konkrete fordele ved AM og på denne basis definere en konkret strategi for dets anvendelse.

#### **Organisatoriske barrierer**

Organisatoriske barrierer har at gøre med samspillet mellem AM-teknologi og den organisation, der skal arbejde med det. Det handler f.eks. om konkrete færdigheder til at kunne arbejde med teknologien og den nødvendige forandringsparathed.

#### **Driftsmæssige barrierer**

Driftsmæssige barrierer har at gøre med de udfordringer, der er for at gennemføre de daglige driftsopgaver. De er også et resultat af teknologiske og organisatoriske barrierer, som påvirker kvalitet og effektivitet.

#### **Eksterne/supply chain barrierer**

Denne gruppe af barrierer handler om eksterne forhold såsom kunder, leverandører, konkurrenter og lovkraft. Der kan f.eks. være tale om trusler mod intellectual property rights (IPR).



# Metode

Denne undersøgelse om afdækning af AM-praksis blandt danske små og mellemstore produktionsvirksomheder er gennemført som en landsdækkende spørgeskemaundersøgelse. Der er gennemført udtræk fra virksomhedsdatabaserne Bisnode og Orbis af produktionsvirksomheder fra 20 op til 250 medarbejdere. Disse udtræk gav en bruttoliste på 1.328 virksomheder, som ikke har reklamebeskyttelse. Listen blev rensset for bagere (af uranselige årsager kommer de med i søgningen) og virksomheder, som ikke mere er aktive, hvilket gav en nettoliste på 1.166, der er blevet kontaktet via e-mail.

Virksomhedens CEO har været den primære kontaktperson, og hvis kontaktdata på denne ikke har været tilgængelig, er e-mails sendt til den øverste ansvarlige for teknik, produktion eller supply chain. Ved nogle virksomheder er kontakt skabt ved at udfylde kontaktformular på virksomhedens hjemmeside eller ved at skrive til virksomhedens generelle e-mailadresse. I mailen til virksomhederne blev der kort redegjort for formålet med undersøgelsen, og de blev spurgt, om de ville svare på den fremsendte e-mail med angivelse af A, B eller C:

<b>A</b>	Ja, vi bruger additive manufacturing enten via egne printere eller ved brug af underleverandører
<b>B</b>	Nej, vi bruger ikke additive manufacturing, men er i en proces, hvor det overvejes
<b>C</b>	Nej, vi bruger ikke additive manufacturing

Af de 1.166 kontaktede virksomheder er der opnået svar fra 686 (svarende til en besvarelsesprocent på 58,8%), som fordeler sig således:

<b>A</b>	216
<b>B</b>	55
<b>C</b>	415

Af de 216, der anvender AM, har 181 indvilliget i at deltage, og 157 har leveret komplette besvarelser (svarende til en besvarelsesprocent på 13,5% målt ud fra de 1.166 kontaktede og 72,7% målt fra de virksomheder, der har angivet, at de arbejder med AM). Tabel 4 giver et overblik over, hvilke brancher de 157 respondenter repræsenterer.

Respondenterne blev bedt om at tage stilling til en række udsagn ud fra en fem-punkts Likert-skala,

hvor 1 udtrykker en ”meget lav grad af enighed” eller ”meget uenig”, og hvor for 5 udtrykker ”meget høj grad enighed” eller ”meget enig”. I denne rapport anses gennemsnitsværdier på 3,5 og derover at udtrykke en betydende virkning, hvad angår det specifikke udsagn. Jo større gennemsnitsværdi fra 3,5, jo større betydende virkning. Det konkrete spørgeskema blev pilottestet af tre fagfolk inden for AM, hvilket dels gav anledning til justeringer i formuleringerne af nogle af spørgsmålene, dels genererede det nye spørgsmål.

**Tabel 4: Respondenternes fordeling på brancher**

<b>Branche</b>	<b>Antal</b>
Fremstilling af fødevarer (10)	2
Fremstilling af drikkevarer (11)	0
Fremstilling af tobaksprodukter (12)	0
Fremstilling af tekstiler (13)	3
Fremstilling af beklædningsartikler (14)	0
Fremstilling af læder og lædervarer (15)	0
Fremstilling af træ og varer af træ og kork, undtagen møbler (16)	2
Fremstilling af papir og papirvarer (17)	0
Trykning og reproduktion af indspillede medier (grafiske industri) (18)	0
Fremstilling af koks og raffinerede mineralolieprodukter (19)	0
Fremstilling af kemiske produkter (20)	0
Fremstilling af farmaceutiske råvarer og farmaceutiske præparater (21)	2
Fremstilling af gummi- og plastprodukter (22)	24
Fremstilling af andre ikke-metallholdige mineralske produkter (23)	0
Fremstilling af metal (24)	0
Jern- og metalvareindustri – undtagen maskiner og udstyr (25)	25
Fremstilling af computere, elektroniske og optiske produkter (26)	22
Fremstilling af elektrisk udstyr (27)	19
Fremstilling af maskiner og udstyr (28)	42
Fremstilling af motorkøretøjer, påhængsvogne og sættevogne (29)	2
Fremstilling af andre transportmidler (30)	4
Fremstilling af møbler (31)	2
Anden fremstillingsvirksomhed (32)	6
Reparation og installation af maskiner og udstyr (33)	2
<b>I alt</b>	<b>157</b>

*Note: Tal i parentes er NACE branchekoder.*

Stentoft et al. (2020a) viser i deres undersøgelse af drivkræfter og barrierer for brug af Industri 4.0-teknologi blandt SMV'er, at der er forskel i parathed og anvendelse, jo højere R&D (research & development) intensivitet en virksomhed har ved brug af OECD's klassifikation (Galindo-Rueda & Verger, 2016, s. 10). Respondenterne er således inddelt efter denne klassifikation i tabel 5.

**Tabel 5: Respondenter fordelt efter R&D intensivitet**

R&D intensivitet	Eksempler	Respondenter
Høj R&D intensive brancher	Fly- og rumindustri (30) Farmaceutisk industri (21) Computer, elektroniske og optiske produkter (26)	24
Medium-høj R&D intensive brancher	Våben og ammunition (25.2) Motorkøretøjer, trailere og semi-trailere (29) Læge- og dentale instrumenter (32.5) Maskiner og udstyr (28) Kemikalier og kemiske produkter (20) Elektrisk udstyr (27) Bane, militærkøretøjer og transport (30)	69
Medium-lav R&D intensive brancher	Gummi- og plastikprodukter (22) Skibs- og bådbyggere (30.1) Anden produktion undtagen medicinske og dentale instrumenter (32) Andre ikke metal mineralske produkter (23) Basale metaller (24) Reparation og installation af maskiner (33)	30
Lav R&D intensive brancher	Føde- og drikkevarer og tobak (10-12) Tekstiler (13) Beklædningsgenstande (14) Læder og relaterede produkter (15) Træ og varer af træ og kork, undtagen møbler (16) Papir og papirprodukter (17) Trykning og reproduktion af indspillede medier (grafiske industri) (18) Fremstilling af koks og raffinerede mineralolieprodukter (19) Jern- og metalvareindustri – undtagen maskiner og udstyr (25) Møbler (31)	34
<b>I alt</b>		<b>157</b>

Kilde: Baseret efter Galindo-Rueda & Verger (2016, s. 10).

Note: Tal i parentes er NACE branchekoder.

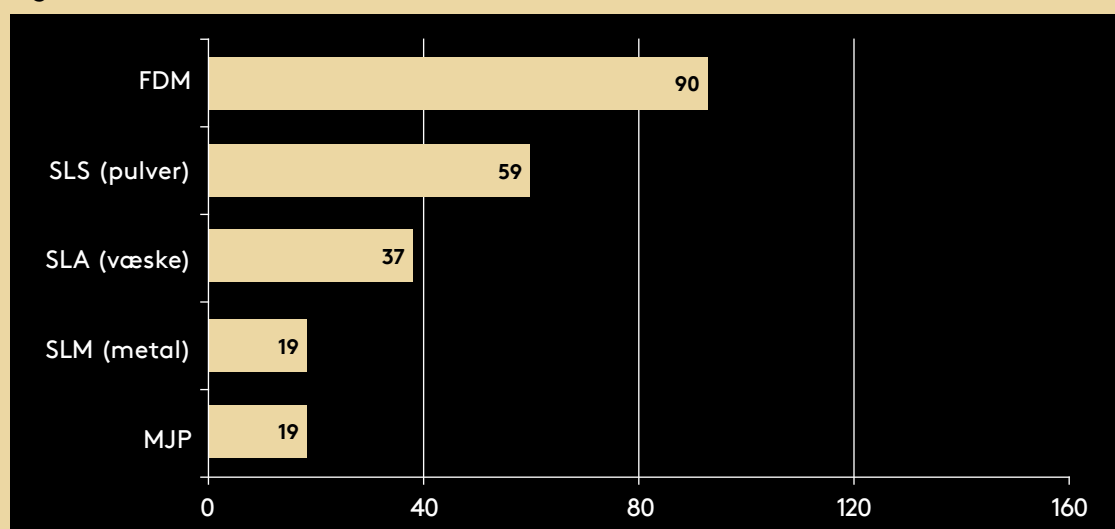
# Analyse

Denne del af rapporten indeholder analyser af de forskellige områder, som rapportens forskningsspørgsmål søger at give ny viden om. Afsnittet er disponeret i syv hovedafsnit. I første afsnit analyseres hvilke printmaterialer, de deltagende virksomheder anvender. Andet afsnit fokuserer på hvilket formål, AM-teknologien anvendes til (RP, hjælpeværktøjer/produktionsstøtte og produktproduktion). Tredje og fjerde afsnit behandler henholdsvis respondenternes opfattelser af deres AM-parathed og konkrete barrierer for at tage AM-teknologi til sig. Femte afsnit undersøger respondenternes opfattelser af former for tilførsel af viden og fordele og ulemper ved at samarbejde om AM i virksomhedsnetværk. Sjette og syvende delafsnit vedrører respondenternes vurderinger af deres AM-modenhed samt i hvilken grad, deres brug af AM-teknologi er linket til performance.

## Printmaterialer blandt respondenterne

Respondenterne i denne undersøgelse er blevet bedt om at svare på hvilke printmaterialer, de gør brug af. Brugen af printmaterialer kan enten ske via underleverandører eller med udstyr, der fysisk er placeret hos virksomhederne. Respondenterne har kunnet vælge flere end én type printmateriale i deres besvarelse af, hvad de konkret arbejder med. Derfor giver det samlede antal mere end 157 i figur 2. FDM er det mest anvendte blandt respondenterne, hvor 90 (57,3%) har svaret, at denne type anvendes. Derefter følger SLS og SLA med henholdsvis 59 (37,6%) og 37 (23,6%) markeringer. Sidst har 19 (12,1%) svaret, at de anvender SLM, og 19 har svaret MJP.

Figur 2: Printmaterialer



Tabel 6 viser, at respondenterne især kommer fra fem brancher: 1) fremstilling af maskiner og udstyr, 2) jern- og metalvareindustri – undtagen maskiner og udstyr, 3) fremstilling af gummi- og plastprodukter, 4) fremstilling af computere, elektroniske og optiske produkter og 5) fremstilling af elektrisk udstyr.

I disse fem brancher er FDM mest udbredt i 'fremstilling af computere, elektroniske og optiske produkter' samt 'fremstilling af maskiner og udstyr'.

Respondenter, der anvender SLS, er primært fra brancherne 'fremstilling af maskiner og udstyr i.a.n.', 'jern- og metalvareindustri – undtagen maskiner og udstyr', 'fremstilling af gummi- og plastprodukter' og 'fremstilling af elektrisk udstyr'. Hyppigheden er her højest indenfor 'fremstilling gummi- og plastprodukter' og 'fremstilling af elektrisk udstyr'. SLA anvendes specielt indenfor 'fremstilling af gummi- og plastprodukter' og 'fremstilling af maskiner og udstyr'. Her er hyppigheden ligeledes højest indenfor 'fremstilling gummi- og plastprodukter' og 'fremstilling af elektrisk udstyr'.

Respondenter, der anvender SLM og MJP er i undersøgelsen antalmæssigt højest indenfor 'jern- og metalvareindustri – undtagen maskiner og udstyr' og 'fremstilling af maskiner og udstyr'. For begge teknologier er udbredelsen blandt respondentgruppen størst inden for 'jern og metalvareindustri – undtagen maskiner og udstyr'.



**Table 6: Types of printers distributed by industry**

<b>Branche</b>	<b>FDM</b>	<b>SLS</b>	<b>SLA</b>	<b>SLM</b>	<b>MJP</b>
Fremstilling af fødevarer (10)	1	1	1	1	2
Fremstilling af drikkevarer (11)	0	0	0	0	0
Fremstilling af tobaksprodukter (12)	0	0	0	0	0
Fremstilling af tekstiler (13)	1	1	0	0	1
Fremstilling af beklædningsartikler (14)	0	0	0	0	0
Fremstilling af læder og lædervarer (15)	0	0	0	0	0
Fremstilling af træ og varer af træ og kork, undtagen møbler (16)	1	0	1	0	0
Fremstilling af papir og papirvarer (17)	0	0	0	0	0
Trykning og reproduktion af indspillede medier (grafiske industri) (18)	0	0	0	0	0
Fremstilling af koks og raffinerede mineralolieprodukter (19)	0	0	0	0	0
Fremstilling af kemiske produkter (20)	0	0	0	0	0
Fremstilling af farmaceutiske råvarer og farmaceutiske præparater (21)	2	1	1	1	1
Fremstilling af gummi- og plastprodukter (22)	12	11	10	2	2
Fremstilling af andre ikke-metallholdige mineralske produkter (23)	0	0	0	0	0
Fremstilling af metal (24)	0	0	0	0	0
Jern- og metalvareindustri – undtagen maskiner og udstyr (25)	13	9	4	7	3
Fremstilling af computere, elektroniske og optiske produkter (26)	16	6	3	0	2
Fremstilling af elektrisk udstyr (27)	9	8	5	2	1
Fremstilling af maskiner og udstyr (28)	25	16	9	5	4
Fremstilling af motorkøretøjer, påhængsvogne og sættevogne (29)	2	0	0	1	0
Fremstilling af andre transportmidler (30)	2	2	1	0	0
Fremstilling af møbler (31)	1	1	0	0	0
Anden fremstillingsvirksomhed (32)	4	2	1	0	3
Reparation og installation af maskiner og udstyr (33)	1	1	1	0	0
<b>I alt</b>	<b>90</b>	<b>59</b>	<b>37</b>	<b>19</b>	<b>19</b>

Tabel 7 viser antal respondenter fordelt efter grad af R&D (research & development) intensitet og brug af de enkelte printtyper. Et nærmere kig på tallene viser, at virksomheder i 'Høj R&D intensive brancher' anvender hyppigst FDM. For SLS er anvendelseshyppigheden lavest hos de 'Høj R&D intensive brancher'

**Tabel 7: Typer af printere fordelt efter R&D intensitet**

R&D intensivitet	FDM	SLS	SLA	SLM	MJP
Høj R&D intensive brancher	18	7	4	1	3
Medium-høj R&D intensive brancher	39	27	16	8	5
Medium-lav R&D intensive brancher	16	12	11	2	5
Lav R&D intensive brancher	17	13	6	8	6
<b>I alt</b>	<b>90</b>	<b>59</b>	<b>37</b>	<b>19</b>	<b>19</b>

### Formål med brug af AM-teknologi

I spørgeskemaet skulle respondenterne angive graden af anvendelse (1 = Slet ikke – 5 = I meget høj grad) indenfor 1) Rapid Prototyping (RP), 2) produktion af hjælpeværktøjer og 3) produktproduktion i forhold til deres generelle brug af AM-teknologi ud fra nedenstående fire typer:

<b>A</b>	Købt AM-teknologi stående i huset
<b>B</b>	Leaset AM-teknologi stående i huset
<b>C</b>	Køb af 3D-print hos eksterne leverandører
<b>D</b>	Køb af 3D-print hos netværksorganisation

Hvis respondenterne har svaret 1 ved hver af ovenstående fire typer, klassificeres de som 'at teknologien ikke anvendes til formålet' (henholdsvis RP, produktion af hjælpeværktøjer og produktproduktion). Hvis respondenterne har svaret mere end 1 i enten A eller B (købt eller leaset), og man samtidig har svaret 1 i både C og D (køb hos underleverandør og netværksorganisation), klassificeres respondenterne som 'bruger RP på udstyr i huset'. Hvis respondenterne har svaret 1 i både A og B og samtidig har svaret mere end 1 i enten C eller D, klassificeres respondenterne som 'bruger RP gennem underleverandører'. Hvis respondenterne har svaret mere end 1 i enten A eller B og samtidig har svaret mere end 1 i enten C eller D, bliver respondenterne klassificeret som 'bruger RP både på udstyr i huset og gennem underleverandører'.

Tabel 8 viser, at respondenterne mest anvender AM til RP (152 ud af de 157 respondenter svarende til 96,8%). Heraf bruger 30 virksomheder (19,7%) alene udstyr placeret hos dem selv, 50 (32,9%) bruger alene underleverandører, mens 72 (47,4%) bruger både eget udstyr samt underleverandører. 127 respondenter (80,9%) svarer, at de bruger AM til produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte. Heraf er der 47 virksomheder (37,0%), der bruger udstyr placeret i virksomheden, 35 (27,6%) bruger underleverandører, mens 45 (35,4%) bruger begge løsninger. 88 virksomheder

(56,1%) bruger AM til produktproduktion, hvoraf 26 (29,5%) virksomheder bruger udstyr placeret hos dem selv, 34 (38,6%) bruger underleverandører, mens 28 (31,8%) både bruger udstyr placeret hos dem selv samt underleverandører.

**Tabel 8: Brug af AM til Rapid Prototyping (RP), hjælpeværktøjer/produktionsstøtte og produktproduktion**

	Anvendes ikke	Bruger udstyr i huset	Anvender underleverandører	Bruger både udstyr i huset og underleverandører	I alt
Rapid Prototyping (RP)	5	30	50	72	157
Hjælpeværktøjer/produktionsstøtte	30	47	35	45	157
Produktproduktion	69	26	34	28	157

Tabel 9 giver en mere detaljeret indsigt i hvilke printmaterialer, der anvendes til RP, samt i hvilket omfang der benyttes udstyr i huset, eller det købes hos underleverandører. Af de 37, der bruger SLA til RP, er dette for 13 virksomheders vedkommende baseret på underleverandørarbejde, og 23 virksomheder bruger både eget udstyr og underleverandørarbejde. En virksomhed, der arbejder med SLA, benytter det ikke til RP. Af virksomheder, der anvender SLA, er der således ingen, der udelukkende selv foretager RP ved brug af AM. Hele 35,1% bruger udelukkende eksterne leverandører. For de resterende 62,2% understøttes RP delvist af eksterne leverandører. Blandt de 59 virksomheder, der har markeret, at de anvender SLS, er der to virksomheder, der bruger udstyr placeret i virksomheden, 30 der bruger underleverandører, og 27 der både anvender udstyr hos dem selv samt underleverandørarbejde. Der er ingen, der arbejder med SLM alene på udstyr placeret i virksomheden, men syv køber det hos underleverandører (36,8%), og 10 (52,6%) anvender både underleverandører og produktion i eget hus.

Ud af de 90 virksomheder, der svarer, at de arbejder med FDM, er der 26, der producerer på udstyr i virksomheden, 12 der bruger underleverandører, og 49 der bruger både underleverandører og egenproduktion. Endelig er der MJP, hvor to ud af de 19, der anvender denne printtype, bruger udstyr placeret i huset, fire bruger underleverandører, mens 12 bruger både underleverandører og udstyr placeret i virksomheden. En virksomhed ud af de 19 bruger ikke MJP til RP.





**Tabel 9: Rapid Prototyping (RP) og printtyper**

	Anvendes ikke til RP	Bruger RP på udstyr i huset	Bruger RP gennem underleverandører	Bruger RP både på udstyr i huset og gennem underleverandører	I alt
<b>SLA</b>					
Bruger ikke teknologien	4	30	37	49	120
Bruger teknologien	1	0	13	23	37
I alt	5	30	50	72	157
<b>SLS</b>					
Bruger ikke teknologien	5	28	20	45	98
Bruger teknologien	0	2	30	27	59
I alt	5	30	50	72	157
<b>SLM</b>					
Bruger ikke teknologien	3	30	43	62	138
Bruger teknologien	2	0	7	10	19
I alt	5	30	50	72	157
<b>FDM</b>					
Bruger ikke teknologien	2	4	38	23	67
Bruger teknologien	3	26	12	49	90
I alt	5	30	40	72	157
<b>MJP</b>					
Bruger ikke teknologien	4	28	46	60	138
Bruger teknologien	1	2	4	12	19
I alt	5	30	50	72	157

Tabel 10 indeholder data på spørgsmål om, hvorvidt de deltagende virksomheder arbejder med de fem forskellige printtyper til produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte. 28 ud af de 37 virksomheder, der arbejder med SLA, bruger også teknologien til produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte. Heraf anvender seks virksomheder udstyr, der er placeret i virksomheden, otte bruger underleverandører, mens 14 både bruger udstyr placeret i virksomheden og underleverandører. 28,6% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 50,0% understøttes delvist af eksterne leverandører.

Hvad angår SLS svarer 47 ud af de 59 virksomheder, der bruger denne printtype, at den bruges til produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte. 10 bruger udstyr placeret i virksomheden, 19 bruger kun underleverandører, mens 18 bruger både underleverandører samt egenproduktion i virksomheden. 12 svarer, at de ikke bruger teknologien til produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte. 40,4% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 38,3% understøttes delvist af eksterne leverandører.

Af de 19 virksomheder, der anvender SLM, er der fem virksomheder, der bruger underleverandører til dette formål, mens 10 virksomheder både bruger egenproduktion og underleverandører. Fire virksomheder bruger ikke SLM til produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte. 26,3% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 52,6% understøttes delvist af eksterne leverandører.

41 virksomheder bruger FDM til produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte på udstyr placeret i virksomheden. Ni bruger underleverandører, og 28 bruger både underleverandører og egenproduktion. 12 bruger ikke teknologien til dette formål. 22% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 68,3% understøttes delvist af eksterne leverandører.

Endelig er der 18 ud af de 19 virksomheder, der anvender MJP, som bruger det til produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte. Heraf er der fire virksomheder, som producerer det i huset, fire anvender underleverandører, mens 10 anvender både underleverandører og egenproduktion. 22,2% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 55,5% understøttes delvist af eksterne leverandører.



**Tabel 10: Hjelpeværktøjer (HV)/produktionsstøtte (PS) og printtyper**

	Anvendes ikke til HV og PS	Bruger udstyr i huset til HV og PS	Bruger underleverandører til HV og PS	Bruger både udstyr i huset og underleverandører til HV og PS	I alt
<b>SLA</b>					
Bruger ikke teknologien	21	41	27	31	120
Bruger teknologien	9	6	8	14	37
I alt	30	47	35	45	157
<b>SLS</b>					
Bruger ikke teknologien	18	37	16	27	98
Bruger teknologien	12	10	19	18	59
I alt	30	47	35	45	157
<b>SLM</b>					
Bruger ikke teknologien	26	47	30	35	138
Bruger teknologien	4	0	5	10	19
I alt	30	47	35	45	157
<b>FDM</b>					
Bruger ikke teknologien	18	6	26	17	67
Bruger teknologien	12	41	9	28	90
I alt	30	47	35	45	157
<b>MJP</b>					
Bruger ikke teknologien	29	43	31	35	138
Bruger teknologien	1	4	4	10	19
I alt	30	47	35	45	157

Tabel 11 indeholder data på respondenternes svar på spørgsmål om, hvorvidt de bruger de fem printtyper til decideret produktproduktion. 22 ud de 37 virksomheder, der anvender SLA, svarer at dette også sker til produktproduktion. Heraf bruger fire virksomheder udstyr placeret i virksomheden; otte bruger underleverandører, mens 10 både anvender underleverandører og egenproduktion. 36,4% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 45,5% understøttes delvist af eksterne leverandører.

35 ud af de 59, der bruger SLS, anvender det til produktproduktion. Fem virksomheder bruger udstyr til egenproduktion; 19 bruger underleverandører, mens 11 bruger både underleverandører og egenproduktion. 54,3% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 31,4% understøttes delvist af eksterne leverandører.

Hvad angår SLM er der 13 ud af 19 virksomheder, der bruger teknologien til produktproduktion. Én virksomhed bruger udstyr placeret i virksomheden; seks virksomheder bruger underleverandører og seks bruger både underleverandører og egenproduktion. 46,2% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 46,2% understøttes delvist af eksterne leverandører.

52 ud af de 90, der bruger FDM, anvender dette til produktproduktion. Heraf bruger 21 udstyr placeret i virksomheden; 11 bruger underleverandører, mens 20 virksomheder både benytter egenproduktion og underleverandører. 21,2% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 38,5% understøttes delvist af eksterne leverandører.

Sidst er der otte ud af 19 virksomheder, der anvender MJP til produktproduktion, hvoraf to bruger udstyr placeret i virksomheden; tre virksomheder bruger underleverandører og tre bruger både underleverandører og egenproduktion. 37,5% bruger altså udelukkende eksterne leverandører, mens 37,5% understøttes delvist af eksterne leverandører.

Umiddelbart tegner disse resultater et billede af, at langt de fleste SME har en høj grad af afhængighed af eksterne leverandører i deres brug af AM på tværs af forskellige printteknologier, når det gælder brug til såvel RP, hjælpeværktøjer og produktion. Mindst synes denne afhængighed dog at være for FDM-teknologien.



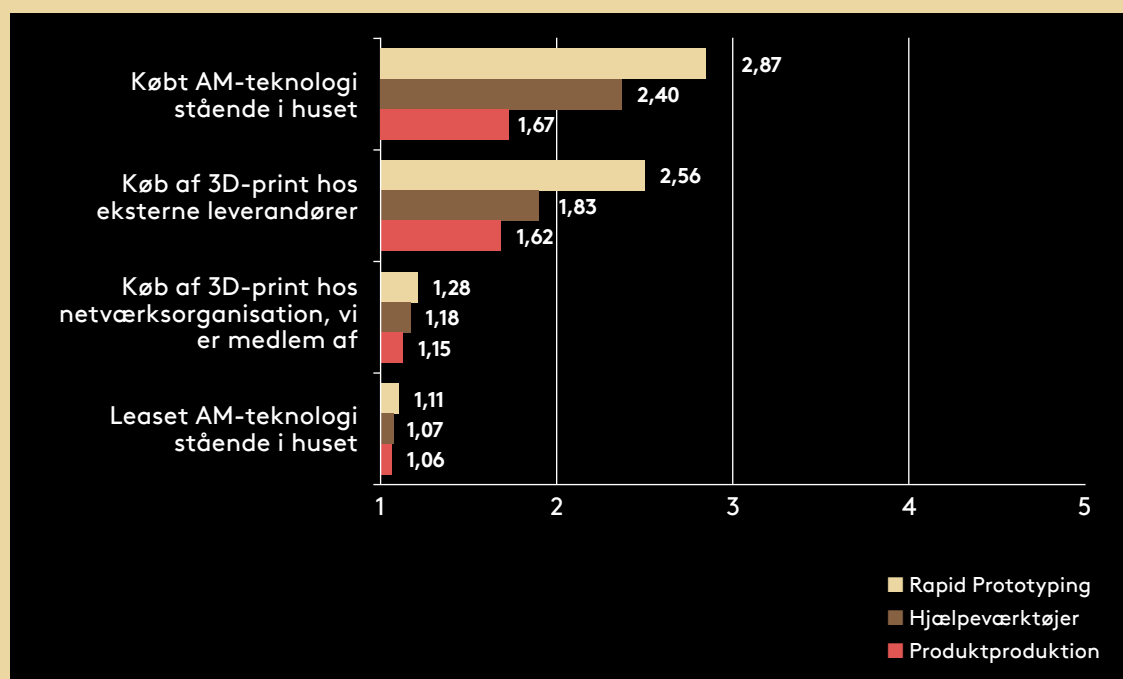
**Tabel 11: Produktproduktion (PP) og printtyper**

	Anvendes ikke til PP	Bruger udstyr i huset til PP	Bruger underleverandører til PP	Bruger både udstyr i huset og underleverandører til PP	I alt
<b>SLA</b>					
Bruger ikke teknologien	54	22	26	18	120
Bruger teknologien	15	4	8	10	37
I alt	69	26	34	28	157
<b>SLS</b>					
Bruger ikke teknologien	45	21	15	17	98
Bruger teknologien	24	5	19	11	59
I alt	69	26	34	28	157
<b>SLM</b>					
Bruger ikke teknologien	63	25	28	22	138
Bruger teknologien	6	1	6	6	19
I alt	69	26	34	28	157
<b>FDM</b>					
Bruger ikke teknologien	31	5	23	8	67
Bruger teknologien	38	21	11	20	90
I alt	69	26	34	28	157
<b>MJP</b>					
Bruger ikke teknologien	58	24	31	25	138
Bruger teknologien	11	2	3	3	19
I alt	69	26	34	28	157

Mere aggregerede resultater på anvendelsen af AM-teknologien til prototypeproduktion, hjælpeværktøjer/produktionsstøtte og produktproduktion fremgår af figur 3 baseret på respondenternes svar ud fra en fem-punkts Likert-skala.

Figur 3 viser, at de højeste gennemsnit opnås for brug af AM-teknologi til RP, uanset om det er baseret på udstyr, der er placeret i virksomheden, eller det er købt hos underleverandører. Derefter kommer produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte, og de laveste gennemsnit findes for produktproduktion. Figur 3 viser også, at de mest anvendte måder at bruge teknologien på, enten er via købt teknologi eller via brug af underleverandører.

**Figur 3: Brug af AM-teknologi til Rapid Prototyping, hjælpeværktøjer/produktionsstøtte og produktproduktion**

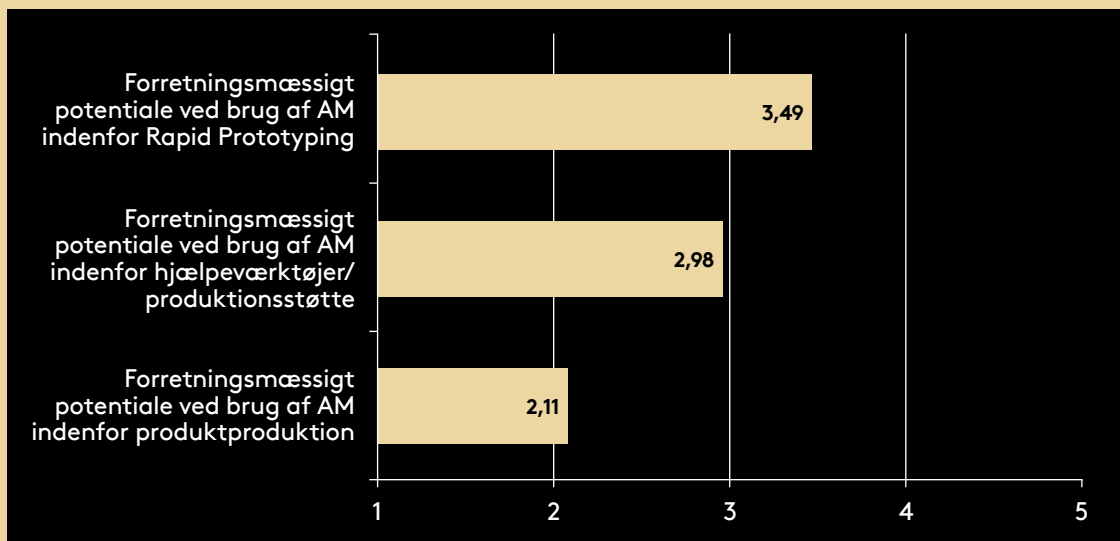


N=157

Respondenterne er blevet bedt om at vurdere, i hvor høj grad de ser et forretningsmæssigt potentiale i at bruge AM til henholdsvis RP, produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte og til produktproduktion (se figur 4). Generelt betragtet ser respondenterne et forretningsmæssigt potentiale i brugen af AM til RP-formål med et gennemsnit på 3,49.

Produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte har noget potentiale med et gennemsnit på 2,98, mens gennemsnittet for produktproduktion vurderes at have et relativt lavt potentiale med et gennemsnit på 2,11. Dette er jo et øjebliksbillede, hvorfor man kan forvente, at disse gennemsnitsværdier vil øges, efterhånden som AM-teknologi bliver mere udbredt blandt danske SMV'er.

Figur 4: Forretningsmæssigt potentiale for brug af AM

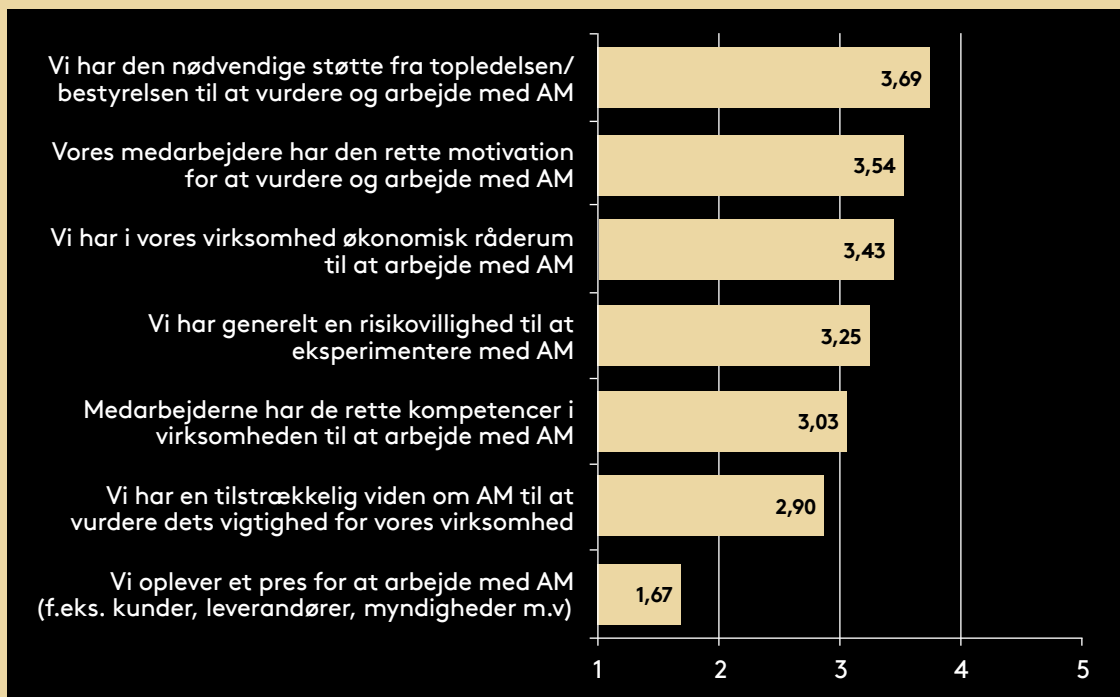


N=157

### Opfattet AM-parathed

Respondenterne har skullet tage stilling til syv udsagn omkring deres opfattede parathed til AM. Respondenternes gennemsnitsværdier på en fem-punkts Likert-skala, hvor 1 udtrykker 'i meget lav grad', og 5 udtrykker 'i meget høj grad' fremgår af figur 5.

Figur 5: Opfattet AM-parathed



N=157



Som det kan ses af figur 5, er respondenterne generelt af den opfattelse, at de har den nødvendige støtte fra topledelsen/bestyrelsen til at vurdere og arbejde med AM med en gennemsnitsscore på 3,69. Dette punkt er et vigtigt succeskriterie for virksomheders bestræbelser på at udforske og tage teknologien til sig (Mellor et al., 2014; Yeh & Chen, 2018).

Ligeledes opnår parathedselementet omkring den rette medarbejdermotivation et gennemsnit på 3,54, hvilket også er et centralt succeskriterie. Respondenterne svarer med gennemsnitsværdier på henholdsvis 3,43 og 3,25, at de har det nødvendige økonomiske råderum til at eksperimentere og arbejde med AM og den nødvendige risikovillighed. Disse to parathedselementer opnår gennemsnitsværdier under 3,50 og indikerer, at det er områder, virksomheder bør være mere opmærksomme på. Hvad angår AM-viden og -kompetencer peger resultaterne også på et gab, virksomhederne bør evaluere for at sikre, at de rette ressourcer er allokeret til sådanne formål. Opfattede medarbejderkompetencer til at arbejde med AM opnår et gennemsnit på 3,03 mens opfattelsen af tilstrækkelig viden om AM i de respektive organisationer kun opnår et gennemsnit på 2,90. Pres for at arbejde med AM fra f.eks. kunder, leverandører og myndigheder opleves i lav grad med et samlet gennemsnit på 1,67.

### **Barrierer for brug af AM**

Respondenterne er blevet bedt om at tage stilling til en række udsagn om deres opfattelser af barrierer for at anvende AM. Barriererne er inddelt i fem områder baseret på Stentoft et al. (2020b): 1) Teknologiske barrierer, 2) strategiske barrierer, 3) organisatoriske barrierer, 4) driftsmæssige barrierer og 5) eksterne barrierer.

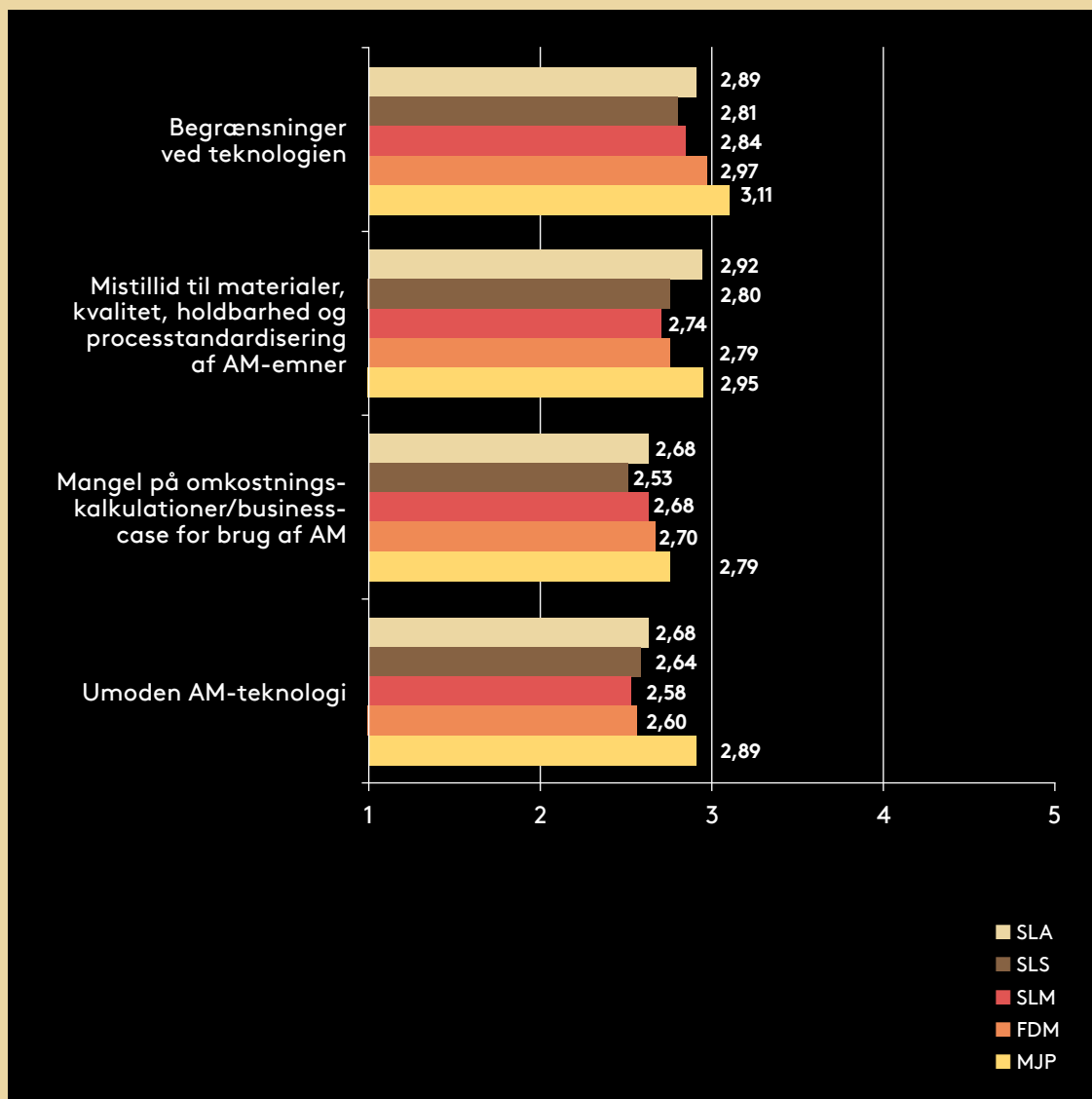


### Teknologiske barrierer

Figur 6 viser gennemsnitsværdierne for respondenternes opfattelser af teknologiske barrierer fordelt efter AM-printtype. Bemærk, at respondenterne kunne afkrydse, at de gør brug af flere printtyper, hvorfor det samlede antal bliver højere end de 157 respondenter. Generelt set opleves der ikke de store teknologiske barrierer, idet de alle ligger med gennemsnitsværdier under 3,00 (på nær "Begrænsninger ved teknologien" ved MJP med et gennemsnit på 3,11).

De samlede gennemsnitsværdier for de fire teknologiske barrierer er 2,92 for "Begrænsninger ved teknologien", 2,84 for "Mistillid til materialer, kvalitet, holdbarhed og processtandardisering af AM-emner", 2,68 for "Mangel på omkostningskalkulationer/business case for brug af AM" og 2,68 for "Umoden AM-teknologi".

Figur 6: Teknologiske barrierer

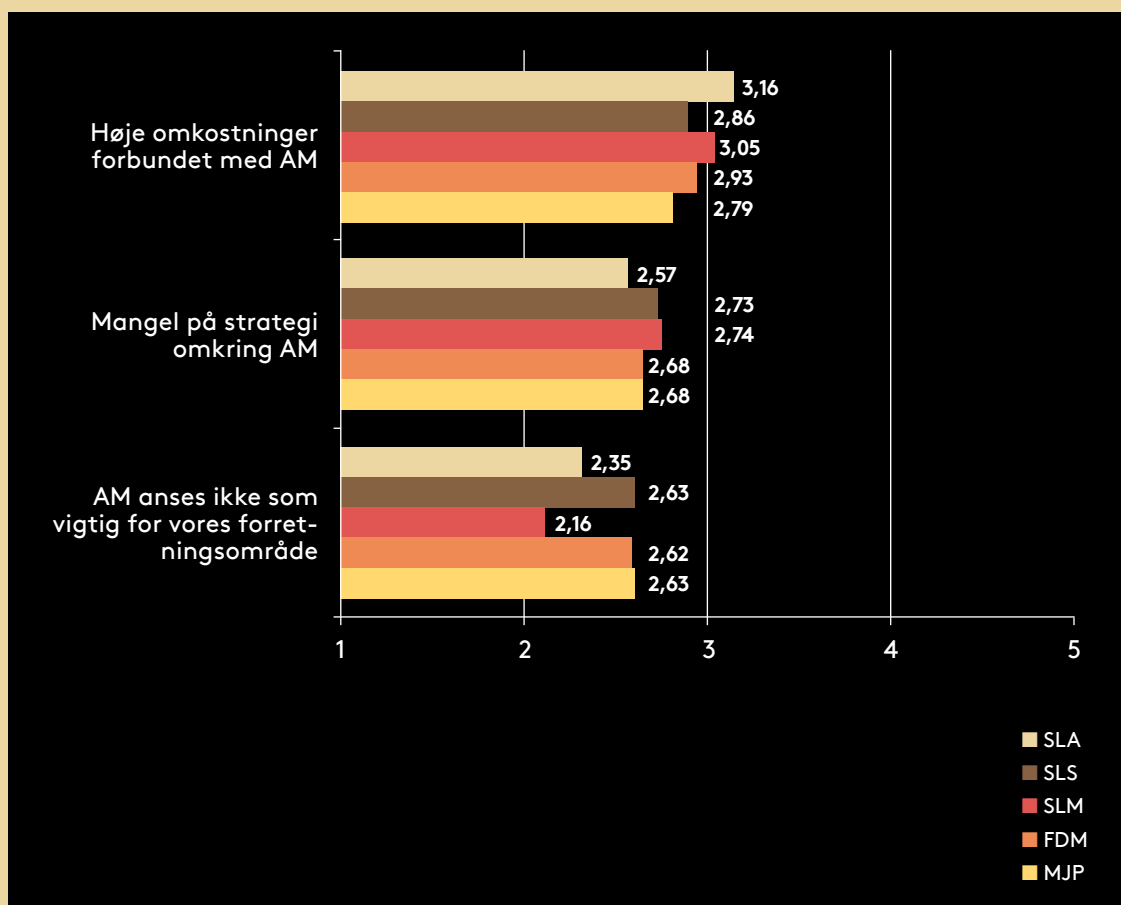


Note: N= 37 (SLA), 59 (SLS), 19 (SLM), 90 (FDM), 19 (MJP).

### Strategiske barrierer

Respondenterne har taget stilling til tre udsagn, der har fokus på strategiske barrierer for brug af AM. Resultaterne heraf fremgår af figur 7. Generelt set opnås der følgende gennemsnitsværdier for de tre strategiske barrierer: 2,96 for ”Høje omkostninger forbundet med AM”, 2,68 for ”Mangel på omkostningskalkulationer/business case for brug af AM” og 2,48 for ”AM anses ikke som vigtig for vores forretningsområde”. Hvad angår de opfattede høje omkostninger forbundet med AM opnår SLA det højeste gennemsnit på 3,16, men opnår samtidig det laveste gennemsnit på ”Mangel på strategi omkring AM”. Sammen med SLM opnår SLA de laveste gennemsnit på barrieren om, at AM ikke anses som vigtig for virksomhedernes forretningsområder.

Figur 7: Strategiske barrierer



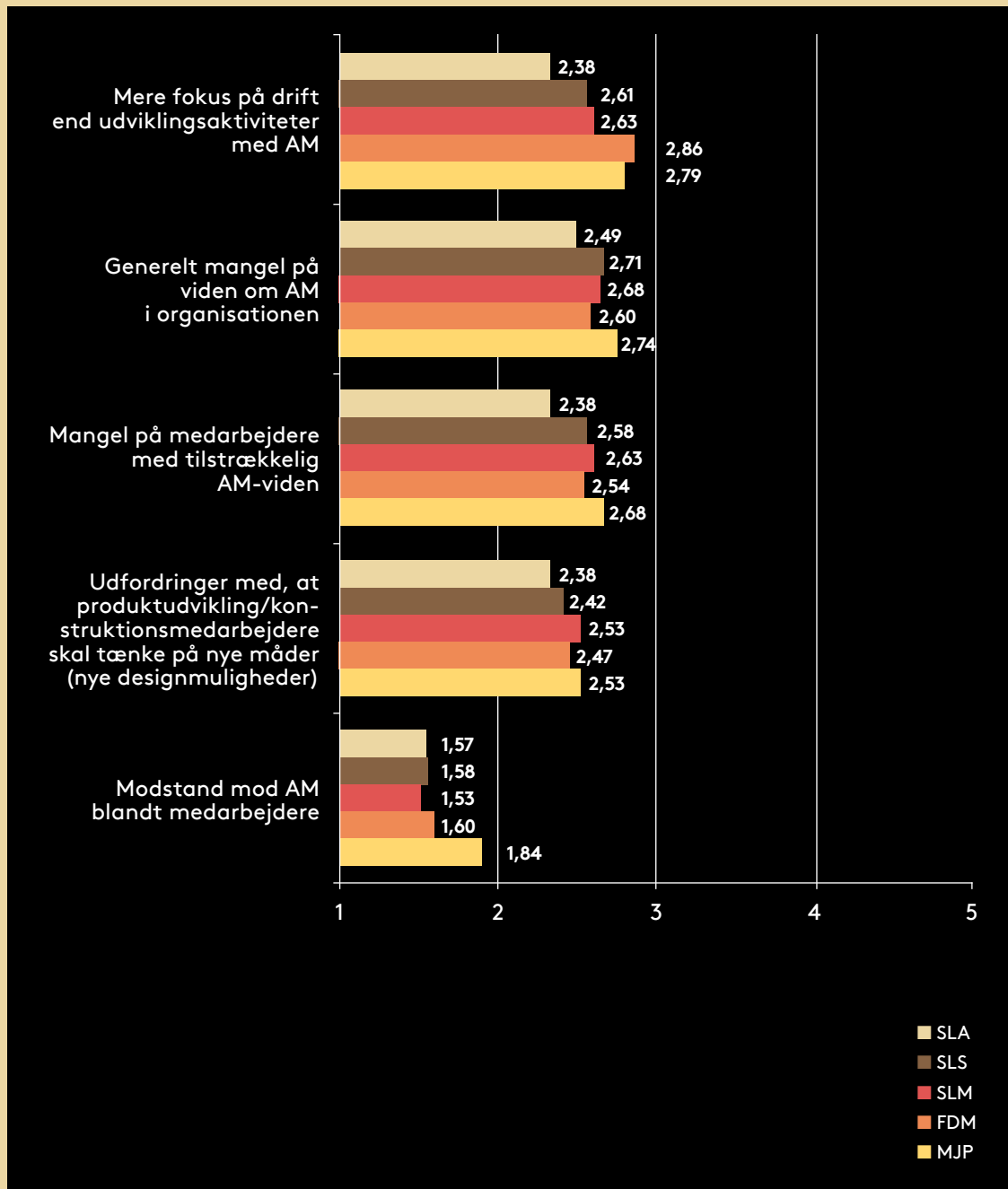
Note: N= 37 (SLA), 59 (SLS), 19 (SLM), 90 (FDM), 19 (MJP).

### Organisatoriske barrierer

Figur 8 indeholder resultater om gennemsnitsværdier for fem listede organisatoriske barrierer for AM fordelt på fem printtyper. Generelt opnår de fem barrierer følgende gennemsnitsværdier: 2,65 for ”Mere fokus på drift end udviklingsaktiviteter med AM”, 2,64 for ”Generelt mangel på viden om AM i organisationen”, 2,56 for ”Mangel på medarbejdere med tilstrækkelig AM-viden”, 2,47 for ”Udfordringer med, at produktudvikling/konstruktionsmedarbejdere skal tænke på nye måder

(nye designmuligheder)” og 1,62 for ”Modstand mod AM blandt medarbejdere”. Gennemsnitsværdierne indikerer generelt ikke særlige stærke organisatoriske barrierer med værdier under 3,00. De laveste gennemsnitsværdier opnås for SLA, der specielt viser sig ved drifts- kontra udviklingsaktiviteter og medarbejdere med tilstrækkelig viden. Der synes generelt ikke at være modstand blandt medarbejderne mod AM med gennemsnitsværdier under 2,00 for de fem printtyper.

**Figur 8: Organisatoriske barrierer**



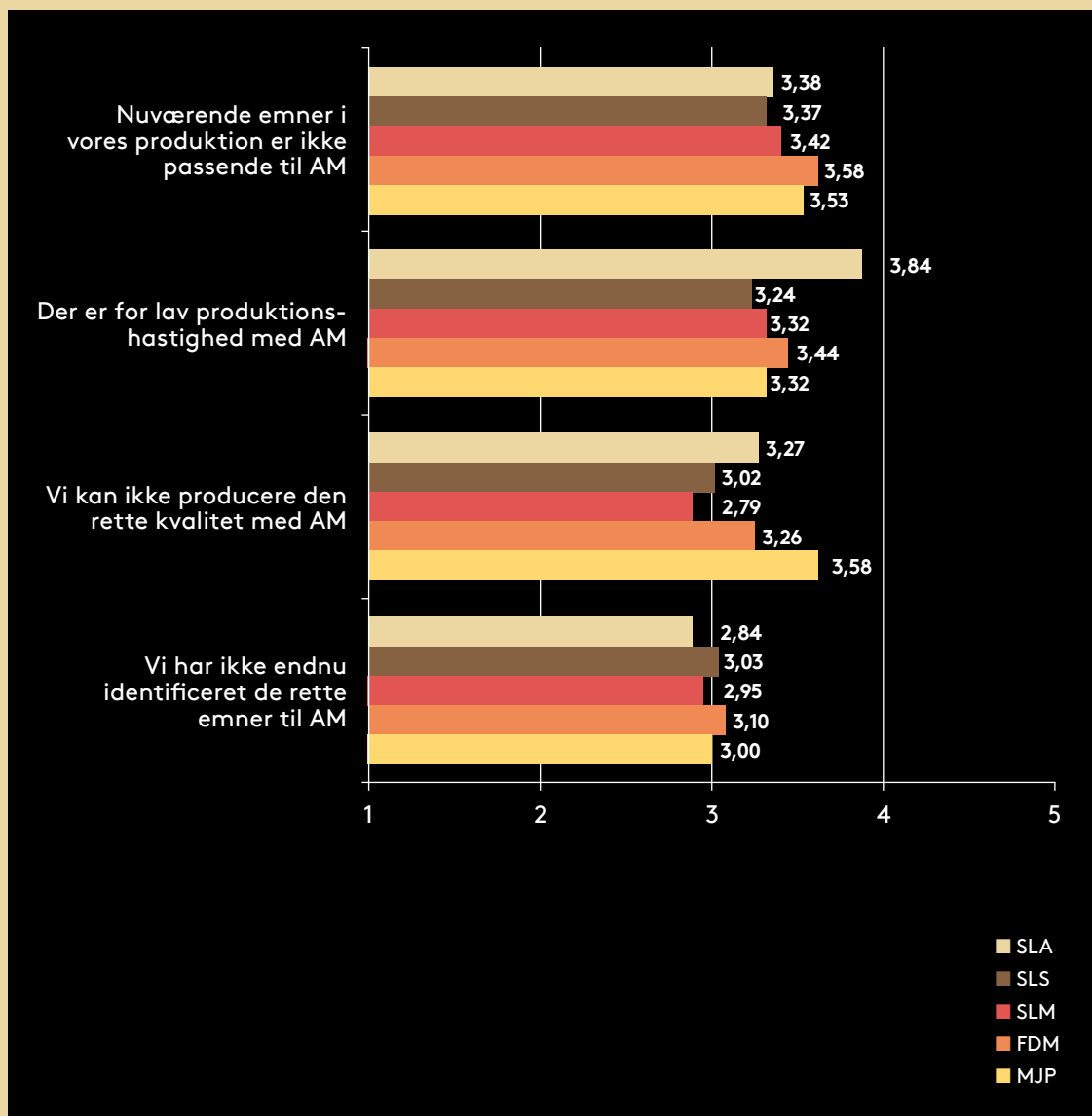
Note: N= 37 (SLA), 59 (SLS), 19 (SLM), 90 (FDM), 19 (MJP).

### Driftsmæssige barrierer

Respondenterne er blevet bedt om at vurdere en række udsagn om driftsmæssige barrierer for brug af AM (se figur 9). De samlede gennemsnitsværdier for de fire driftsmæssige barrierer er: 3,46 for ”Nuværende emner i vores produktion er ikke passende til AM”, 3,43 for ”Der er for lav produktionshastighed med AM”, 3,18 for ”Vi kan ikke producere den rette kvalitet med AM” og 2,98 for ”Vi har ikke endnu identificeret de rette emner til AM”.

Når gennemsnitsværdierne sammenlignes på tværs af de fem printtyper, viser der sig forskelle. ”Der er for lav produktionshastighed med AM” opnår et gennemsnit på 3,84 for SLA, hvilket er markant højere end de øvrige printtyper. ”Vi kan ikke producere den rette kvalitet med AM” opnår også markante forskelle i gennemsnitsværdier – specielt for SLM med et gennemsnit på 2,79 og MJP med et gennemsnit på 3,58.

Figur 9: Driftsmæssige barrierer



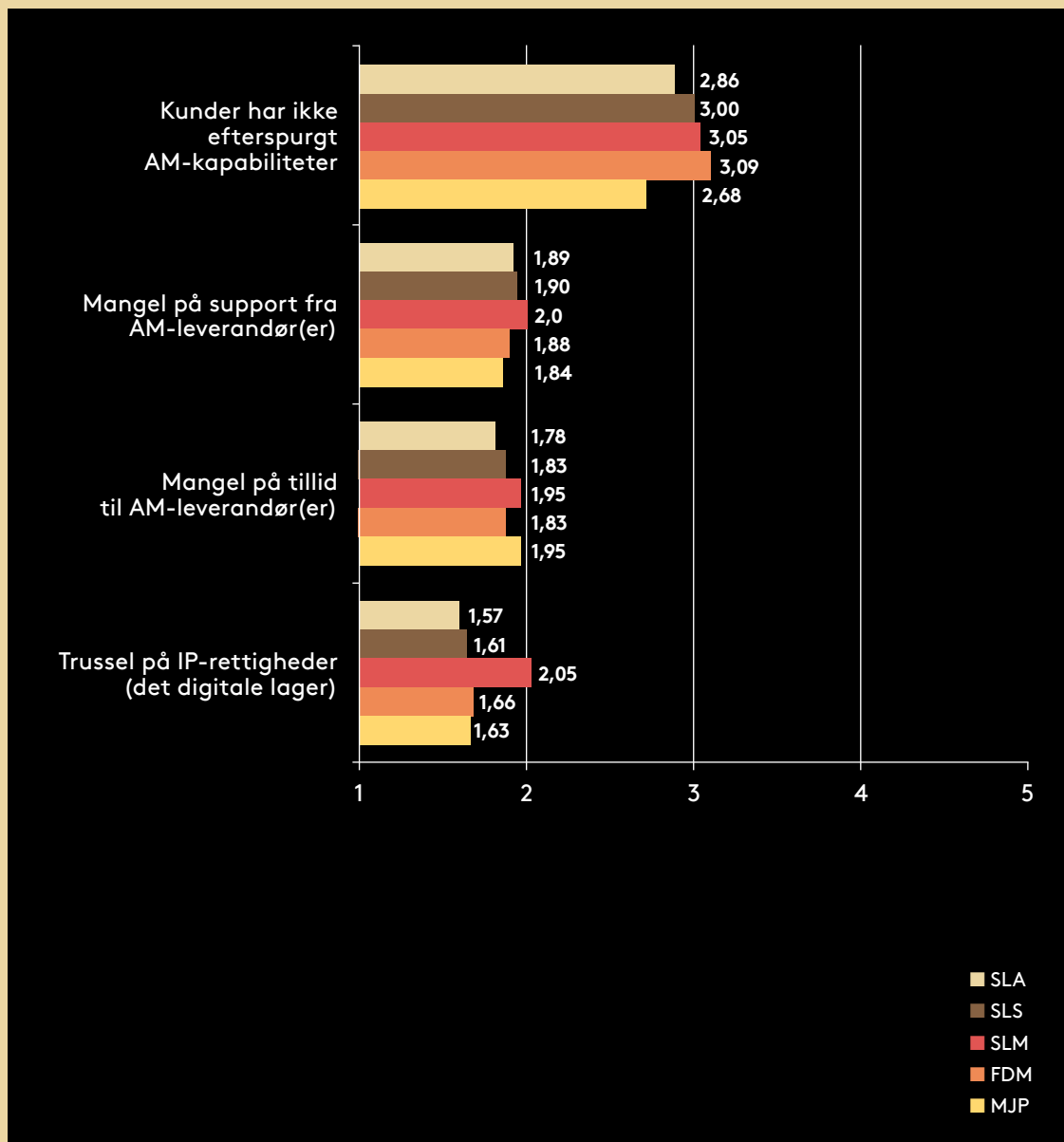
Note: N= 37 (SLA), 59 (SLS), 19 (SLM), 90 (FDM), 19 (MJP).

### Eksterne/supply chain barrierer

Figur 10 viser respondenternes svar på vurderinger af eksterne barrierer for brug af AM. De generelle gennemsnitsværdier er 2,94 for "Kunder har ikke efterspurgt AM-kapabiliteter", 1,90 for "Mangel på support fra AM-leverandører", 1,87 for "Mangel på tillid til AM-leverandør(er)" og 1,70 for "Trussel på IP-rettigeheder (det digitale lager)".

Hvad angår "Kunder har ikke efterspurgt AM-kapabiliteter" opnår MJP kun et gennemsnit på 2,68 efterfulgt af SLA med et gennemsnit på 2,86. De resterende gennemsnit ligger omkring 3,00. De tre øvrige barrierer opfattes ikke særligt udtalte med gennemsnit fra 1,57 til 2,05.

Figur 10: Eksterne-/supply chain barrierer



Note: N= 37 (SLA), 59 (SLS), 19 (SLM), 90 (FDM), 19 (MJP).

Overordnet set tegner resultaterne et billede af, at de undersøgte SMV'er har en forholdsvis høj grad af AM-parathed. Dette er ikke så overraskende, da alle de undersøgte virksomheder netop anvender AM i større eller mindre grad. Derfor vil paratheden ikke kunne ses som en indikation på danske SMV'ers AM-parathed generelt.

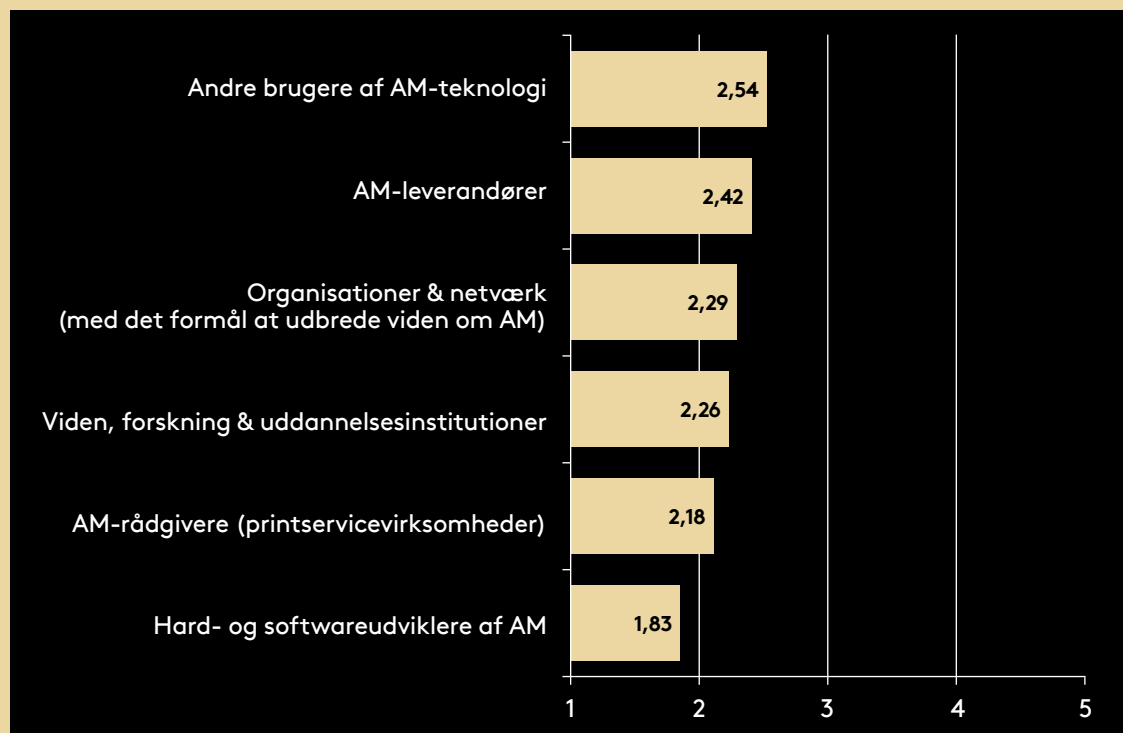
### Samarbejde i netværk

Dette afsnit rapporterer resultaterne af respondenternes opfattelser af deres brug af - og potentielle brug af samarbejde i virksomhedsnetværk om AM. Analyserne er inddelt i former for videntilførsel, fordele ved samarbejde om AM i virksomhedsnetværk og ulemper ved at samarbejde om AM i virksomhedsnetværk.

### Former for videntilførsel

Figur 11 sammenfatter gennemsnitsværdier for respondenternes opfattelser af, hvordan de i dag får videntilførsel om AM. Generelt ser det ud til, at der er rum for forbedring, idet gennemsnitsværdierne er lave gående fra 2,54 til 1,83. Højeste værdier opnås af "Andre brugere af AM-teknologi" og fra "AM-leverandører" med værdier på henholdsvis 2,54 og 2,42. Data viser, at der er en opgave både for organisationer, der gerne vil udbrede viden om AM samt virksomhederne med at skabe mere synlighed for de fordele, der kan opnås for SMV'er ved samarbejde i virksomhedsnetværk. Ligeledes kan "Viden, forskning og uddannelsesinstitutioner" samt "AM-rådgivere (printservicervirksomheder)" også i større grad bidrage til at tilføre SMV'erne mere AM-viden. Der er således både behov for et teknologi-push (fra leverandører, organisationer og forskning og uddannelsesinstitutioner) og et teknologi-pull (fra SMV'erne).

Figur 11: Former for AM-videntilførsel

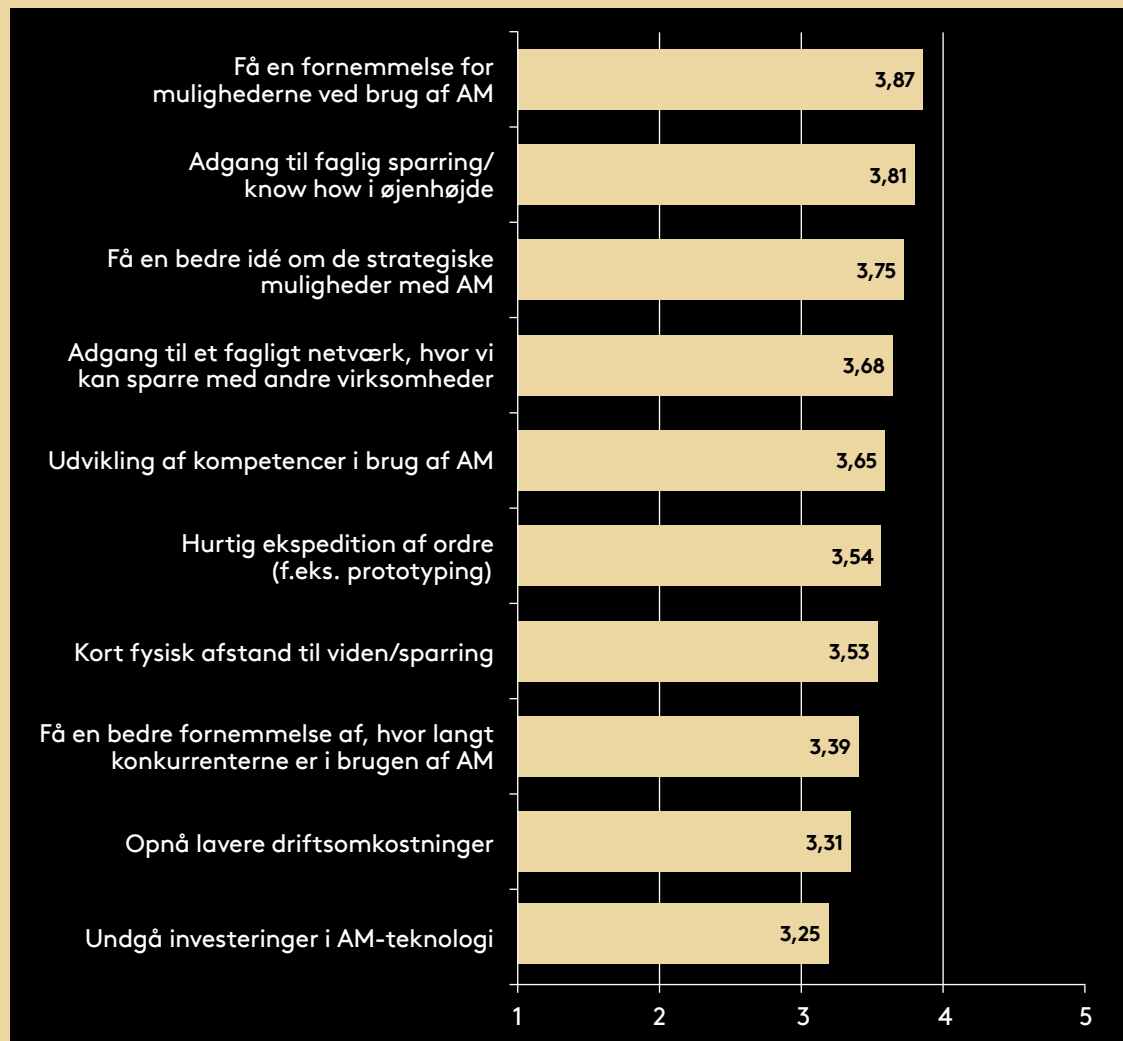


### Fordele ved samarbejde om AM i virksomhedsnetværk

Respondenterne er blevet bedt om at vurdere hvilke fordele, de kan se ved at samarbejde om AM i virksomhedsnetværk. Som det fremgår af figur 12, opfatter respondenterne, at der er en række fordele målt ud fra gennemsnitsværdier fra 3,87 til 3,25. Et virksomhedsnetværk kan give SMV'erne en bedre fornemmelse af mulighederne ved brug af AM (gennemsnit på 3,87), ligesom det giver adgang til faglig sparring/know how i øjenhøjde (gennemsnit på 3,81).

Dernæst kommer, at virksomhedsnetværk kan give SMV'erne bedre indsigt i de strategiske muligheder med AM (gennemsnit på 3,75), at der kan sparreres med andre (gennemsnit på 3,68), og at det giver mulighed for kompetenceudvikling (gennemsnit på 3,65). Endelig er der betydelige gennemsnit for hurtig ekspedition af ordrer og kort fysisk afstand til viden/sparring med gennemsnit på henholdsvis 3,54 og 3,53. Sammenfattende viser resultaterne, at SMV'er generelt ser en række muligheder for samarbejde i virksomhedsnetværk, hvilket er en måde at kompensere for en lavere adgang til ressourcer (manpower og finansielt) for SMV'er sammenholdt med store virksomheder.

Figur 12: Fordele ved samarbejde i virksomhedsnetværk



### Ulemper ved samarbejde om AM i virksomhedsnetværk

Respondenterne har også skullet tage stilling til en række udsagn om ulemper ved samarbejde om AM i virksomhedsnetværk (se figur 13). Generelt opleves der væsentlige ulemper med gennemsnitsværdier fra 3,04 til 2,29 for de otte listede udsagn. De tre barrierer med de højeste gennemsnit er mangel på ressourcer til deltagelse i virksomhedsnetværk (gennemsnit på 3,04), der arbejdes ikke med de teknologier, der er brug for (gennemsnit på 2,96), og der fås bedre viden fra andre kilder (gennemsnit på 2,88). Det er interessant at se, at et samarbejde i virksomhedsnetværk ikke synes at være begrænset af bekymringer for Intellectual Property Rights (IPR).

Figur 13: Ulemper ved samarbejde i virksomhedsnetværk

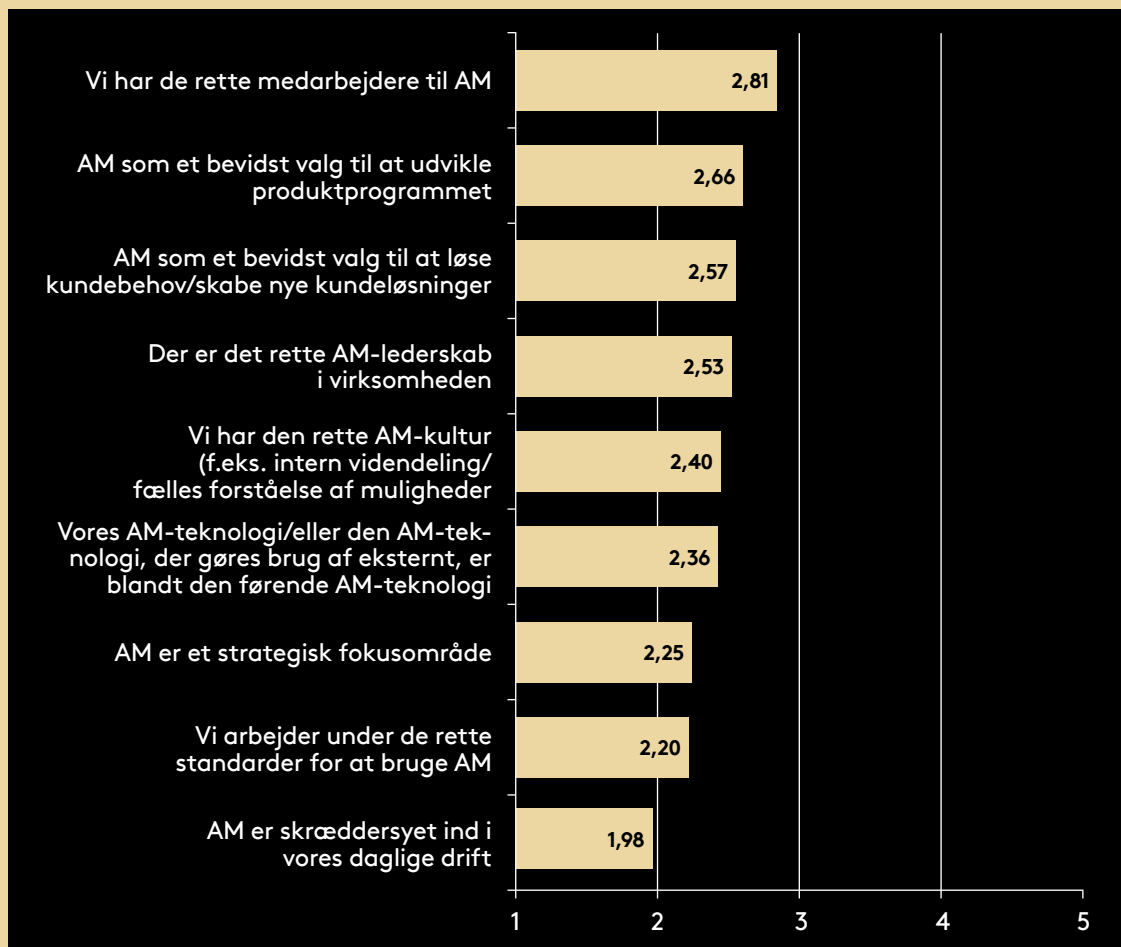


### AM-modenhed

Tidligere i rapporten har vi behandlet begrebet AM-parathed. I dette afsnit sætter vi fokus på AM-modenhed. Parathed og modenhed er som nævnt tidligere relaterede begreber, hvor parathed er noget, der fastsættes, før man har besluttet at anvende en teknologi, hvorimod modenhed fastsættes fra implementeringstidspunktet af teknologien og fremad (Schumacher et al. 2016). Vi har formuleret ni udsagn, der knytter sig til AM-modenhed. Resultaterne fremgår af figur 14.



Figur 14: AM-modenhed



Det er bemærkelsesværdigt, at der opnås lave gennemsnitscorer fra 2,81 til 1,98. Først peger resultaterne på, at man generelt mangler de rette medarbejdere til AM med et gennemsnit på 2,81. Det indikerer, at der er behov for mere fokus på AM i uddannelsessystemet (Dansk AM Hub, 2020, s. 12). Dernæst følger ”AM som et bevidst valgt til at udvikle produktprogrammet” og ”AM som et bevidst valg til at løse kundebehov/skabe nye kundeløsninger” med gennemsnit på henholdsvis 2,66 og 2,57. Disse resultater peger på en manglende strategisk tilgang til AM, hvilket også understøttes af det direkte udsagn om, at ”AM er et strategisk fokusområde”, der kun har opnået et gennemsnit på 2,25. Samlet set indikerer disse resultater, at der er en lav grad af AM-modenhed i de danske SMV’er.

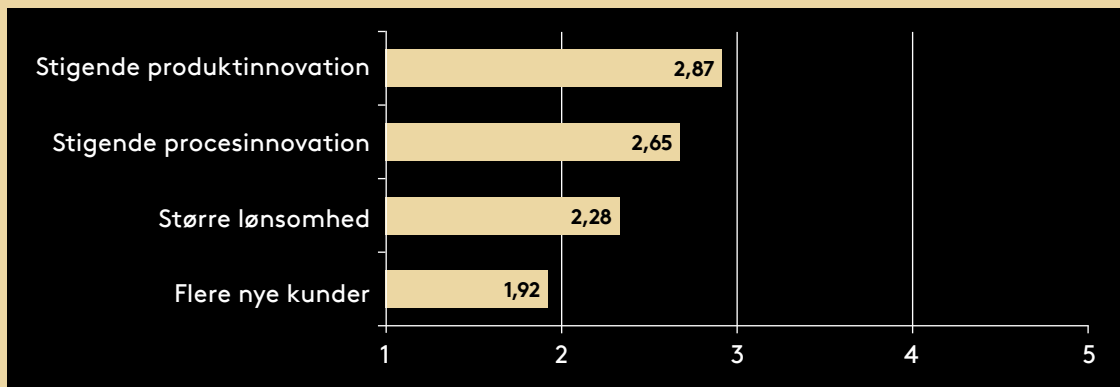
### Performance

Respondenterne er blevet bedt om at vurdere, i hvilken grad deres brug af AM har påvirket virksomhedens performance. Figur 15 indeholder resultater angående produkt- og procesinnovation, vækst i kundeportefølje og forbedret lønsomhed.

Generelt betragtet synes performance ikke være influeret af brugen af AM med gennemsnitsværdier fra 2,87 til 1,92. Produkt- og procesinnovation opnår de største gennemsnit på henholdsvis 2,87

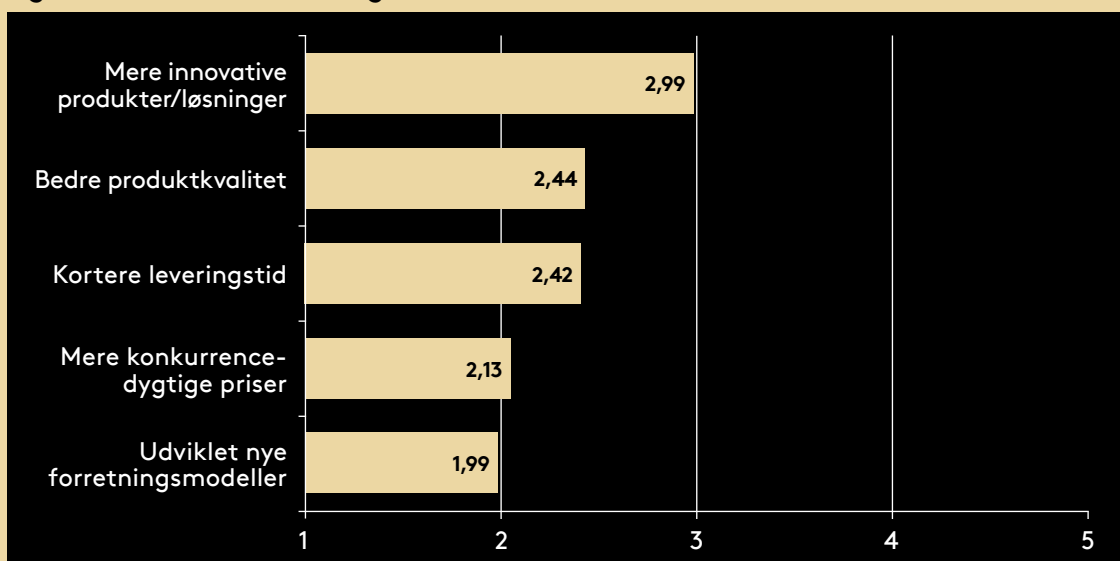
og 2,65. De relativt lave værdier kan skyldes, at det for respondenterne kan være svært direkte at skabe en sammenhæng mellem deres brug af AM og performance. Endvidere kan de lave værdier være forårsaget af, at det stadigvæk anvendes i et begrænset omfang ud af den samlede forretning, samt man har ikke har arbejdet med det så længe, at det har kunne vise en synlig effekt.

**Figur 15: Bidrag til innovation, vækst i kunder og øget lønsomhed**



Respondenterne har også skullet forholde sig til, hvorledes virksomhedens konkurrenceevne er påvirket af brugen af AM. Figur 16 viser gennemsnitsværdierne af opfattelserne af, hvordan AM har bidraget til konkurrencemæssige fordele. "Mere innovative produkter/løsninger" har opnået det højeste gennemsnit på 2,99 og har således nogen indflydelse. "Bedre produktkvalitet" og "Kortere leveringstid" opnår gennemsnit på henholdsvis 2,44 og 2,42. De laveste gennemsnitsværdier findes ved "Mere konkurrencedygtige priser" og "Udviklet nye forretningsmodeller". De relativt lave gennemsnitsværdier for de fem konkurrenceparametre kan være forårsaget af de tre samme forhold, som er nævnt ovenfor under afsnittet 'Performance'.

**Figur 16: Konkurrencemæssige fordele skabt via AM**



# Sammenfatning af resultater

Resultaterne i denne rapport tegner et billede af en del af de små og mellemstore danske produktionsvirksomheder – den del, der allerede i større eller mindre grad er påbegyndt anvendelsen af AM-teknologi. Det er kendetegnende for denne gruppe af virksomheder, at flere af dem anvender flere forskellige printteknologier, mens udbredelsen af de forskellige teknologier varierer fra branche til branche og i forskellige grader af teknologisk R&D intensitet. Hos de undersøgte virksomheder er brugen af AM-teknologi primært rettet mod RP – sekundært mod hjælpværktøjer/produktionsstøtte og kun i mindre grad mod produktion.

## **Tre centrale observationer fra analysen kendetegner den undersøgte gruppe af virksomheder:**

1) Anvendelse af AM sker i stor udstrækning understøttet af eksterne leverandører, 2) virksomhedernes AM-parathed er forholdsvis moderat/høj, mens virksomhedernes AM-modenhed er begrænset/lav og 3) virksomhedernes videndannelse omkring AM i samspil med eksterne parter er begrænset/lav, mens virksomhedernes opfattelse af værdien af en sådan videndeling er høj.

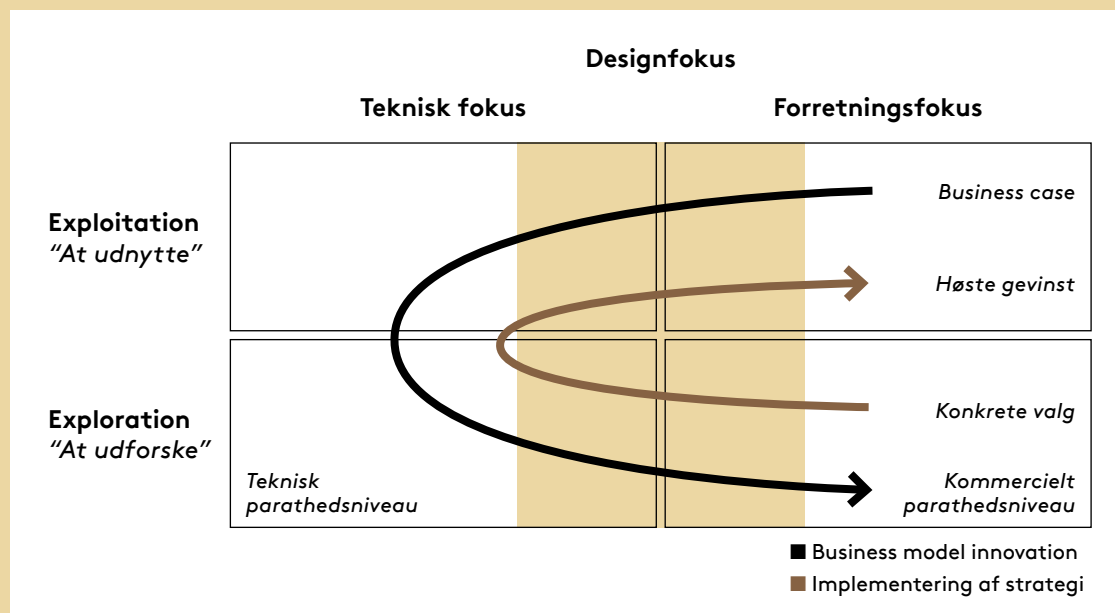
Sammenholdt understreger disse observationer, at kompetencerne til at udnytte mulighederne ved AM-teknologi langt fra har fundet deres rod i de små og mellemstore danske produktionsvirksomheder. På den positive side har virksomhederne rettet deres opmærksomhed mod AM-teknologien og har etableret en vis parathed til at give sig i kast med teknologien. Strategisk og organisatorisk er modenheden til at udnytte teknologien dog stadig begrænset, og man er stadig i høj grad afhængig af den viden og den kapacitet, som besiddes af eksterne leverandører. På samme tid er man i høj grad afhængig af den viden, som oparbejdes via interne eksperimenter med AM-teknologien, da videnuvekslingen med eksterne partnere er beskedent. Givetvis er dette i høj grad medvirkende til, at respondenterne i denne rapport angiver, at AM kun synes at have medført begrænset vækst og kun i begrænset omfang at have medført konkurrencemæssige fordele.

En af konklusionerne er, at der endnu er et uforløst potentiale ved brugen af AM hos danske SMV'er. En anden konklusion er, at der synes at være en oplagt mulighed for at udbygge potentialet for her at skabe en højere grad af aktivt engagement fra eksterne partnere, videninstitutioner, erhvervsorganisationer, m.fl.

# Ledelsesmæssige udviklingsbehov

Forfatterens flerårige studier af SMV'ers brug eller manglende brug af IT-systemer fører her til slut til at skitsere, hvad vi ser som centrale udviklingsbehov for danske SMV'er, for at de kan udnytte potentialet ved brug af IT- og nye digitale teknologier, herunder AM. De ledelsesmæssige udviklingspunkter er illustreret i figur 17.

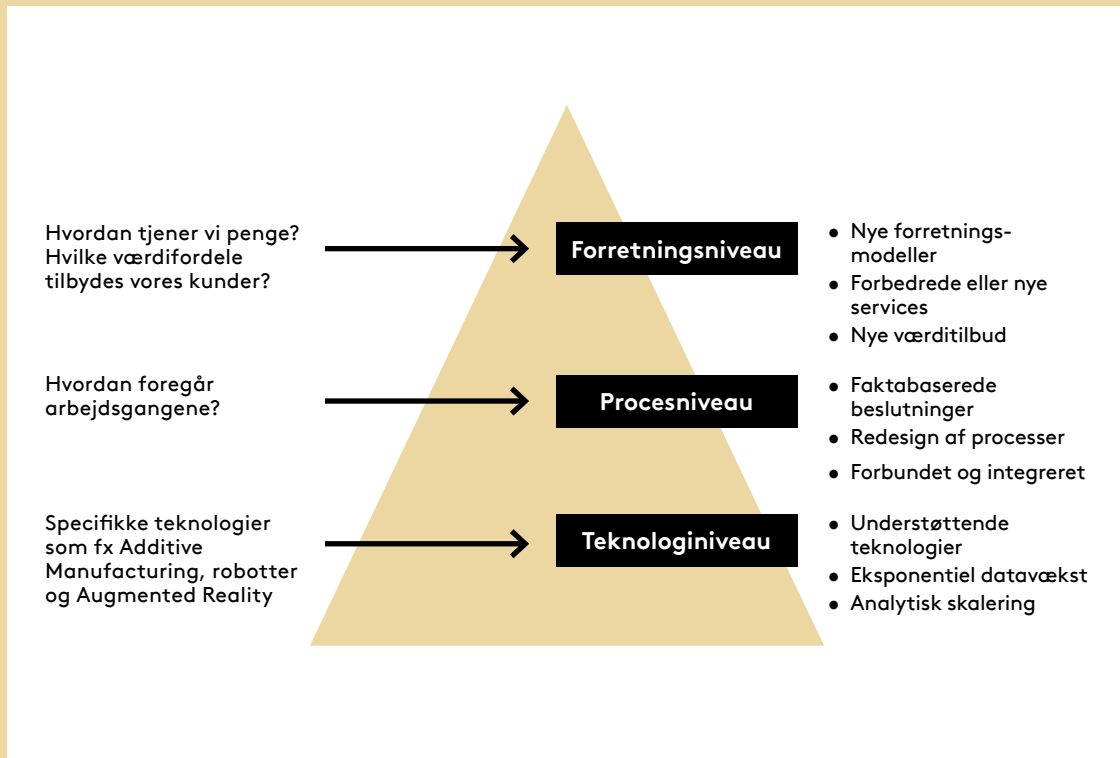
Figur 17: Ledelsesmæssige udviklingspunkter i implementering af AM



Ny forskning viser, at mange SMV'er er fanget i drift, der bl.a. betyder, at udviklingsaktiviteter af virksomhedens forretningsprocesser ved brug af IT- og nye digitale teknologier nedprioriteres (Stentoft & Rajkumar, 2020; Stentoft et al., 2020a). I alle virksomheder findes der et spændingsfelt mellem drifts- og udviklingsaktiviteter (i figur 17 benævnt *exploitation* og *exploration*). Opnås der ikke den rette fordeling mellem drifts- og udviklingsaktiviteter, kan det føre til en succes/kompetencefælde, hvor drift udkonkurrerer udvikling og en fejl-fælde, hvor udvikling udkonkurrerer drift (Levinthal & March, 1993; O'Reilly & Tushman, 2008). Vores forskning på dette område viser, at mange SMV'er typisk har et teknisk fokus i teknologivalg, og at det sker for at kunne løse synlige driftsmæssige udfordringer. Det svarer til, at man starter i den øverste venstre kvadrant i figur 17. Det betyder bl.a. at det at levere en sund business case for investeringerne er svært og en væsentlig

udfordring for virksomhederne (Martinsuo & Luomaranta, 2018). En typisk forekommende praksis er, at man starter på teknologiniveauet (se figur 18), der kan føre til *overengineering*, hvor man glemmer, om der egentlig er et forretningsgrundlag i brugen af teknologien.

**Figur 18: Digitalisering i tre niveauer**



Kilde: Brinch & Stenoft (2017).

Figur 18 henleder opmærksomheden på, at man også bør inddrage et procesniveau og et forretningsniveau (hvilket svarer til den øverste højre kvadrant i figur 17). Det er således vigtigt at forstå de nuværende processer først, inden man vælger teknologi.

Idet AM har en stor anvendelse indenfor RP, er det vigtigt, at konstruktionsafdelinger involveres i beslutninger om AM. Derfor er 'design' placeret mellem teknik og forretning som en brobygger mellem disse områder.

Med afsæt i en forståelse af de nuværende processer foretages analyser, der udforsker nye muligheder med brugen af ny teknologi. Den store udfordring er her at frigøre ressourcer til reelle udviklingsforløb – både teknologisk og forretningsmæssigt. Vi ser ofte virksomheder blive fanget af driftsudfordringer, som forstyrrer udviklingsarbejdet i form af mange start-stop i processen. Det er specielt for SMV'er et stort dilemma, idet netop ressourcemangel er et vilkår. Den udviklingsmæssige del skal sikre en teknologisk og kommerciel parathed.

Når dette arbejde er udført, kan den reelle implementering finde sted. Figur 17 er baseret på Yourdon (1989, s. 319), der arbejder med systemudvikling i fire faser: 1) Forstå den nuværende fysiske

model, 2) forstå den nuværende logiske model, 3) definer den nye logistiske model og 4) definer den nye fysiske model. Sammenfattende kan flowet i figur 17 beskrives i følgende trin:

- 1. Udnyt (exploit) den nuværende forretning**  
Analyser og beskriv den eksisterende forretning (strategi, business model, innovationsaktiviteter, business case)  
Formål: At give den nødvendige forståelse af den nuværende forretning
- 2. Udnyt (exploit) den nuværende teknologi**  
Analyser og beskriv den eksisterende teknologi (der understøtter den nuværende forretningsmodel og innovationsaktiviteter).  
Formål: At give den nødvendige forståelse af den nuværende forretning
- 3. Udforsk (exploit) teknologiske muligheder**  
Etabler et rum for en AM-printer og skab læring ved brug af teknologien  
Formål: Sikre forståelse gennem udforskning og afprøvning af nye teknologiske muligheder
- 4. Udforsk (exploit) forretningsmuligheder**  
Business model innovation – hvordan bidrager den nye teknologi med forbedrede eller nye forretningsmuligheder?  
Formål: At sikre, at ledelsen forstår, hvordan den nye teknologi giver nye forretningsmuligheder. Der kan forekomme flere muligheder, der kan kræve en prioritering. Elementer til ny strategi formuleres.
- 5. Implementering af forretningsstrategien**  
Foretag strategiske valg blandt forskellige forretningsmuligheder baseret på kalkuleret business case. Business model implementering.  
Formål: At prioritere, færdiggøre og initiere implementering af business case.
- 6. Udforsk (explore) teknologiske muligheder**  
Udforsk og test, om forretningshypoteser kan realiseres på en teknologisk tilfredsstillende måde.  
Formål: At sikre interaktion mellem forretning, teknologi og design og lære, hvordan der sker udvikling ved at tage alle tre elementer i betragtning.
- 7. Udnyt (exploit) teknologiske muligheder**  
Den forretningsmæssige og tekniske løsning udviklet i trin 6 føres i drift her i trin 7.  
Formål: At sikre, at produkter (prototype, værktøj eller komponenter) produceres ved brug af den nye teknologi.
- 8. Udnyt (exploit) forretningsmuligheder**  
Her følges der op på, at fordele og gevinster høstes af innovation jf. business casens mål defineret i trin 4. Dette måles gennem efterkalkulationer af profitten afledt af innovationsaktiviteterne.  
Formål: At dokumentere effekten af den nye forretningsmodel for virksomhedens interessenter.

# Konklusion

Denne rapport har haft til formål at undersøge danske SMV'ers praksis med brug af AM. Dette er sket gennem en landsdækkende spørgeskemaundersøgelse, hvor 1.166 SMV'er er kontaktet med henblik på deltagelse i undersøgelsen. Af de 195 virksomheder, som bruger AM, og som indvilligede i at deltage i undersøgelsen, har 157 leveret komplette besvarelser svarende til 13,5% målt ud fra de 1.166 kontaktede virksomheder og 72,7% målt ud fra de virksomheder, der svarer, at de bruger AM.

På spørgsmålet om *hvilke typer print, der anvendes af respondenterne*, kan det konkluderes, at FDM er den printtype, som det største antal respondenter bruger (90 virksomheder). Dernæst kommer SLS med 59 virksomheder og SLA med 37 virksomheder. 19 virksomheder svarer, de bruger SLM, og 19 svarer, de bruger MJP. På spørgsmålet om *hvad formålet med brugen af AM-teknologien er*, viser data, at 152 ud af de 157 respondenter bruger AM til RP. Dernæst kommer AM til produktion af hjælpeværktøjer/produktionsstøtte, som 127 respondenter bruger det til. 88 respondenter bruger AM til produktproduktion. Til undersøgelsens tredje spørgsmål om, *hvad den opfattede parathed til AM er blandt respondenterne*, kan det konkluderes, at respondenterne på to parathedsparametre opnår gennemsnitsscorer over 3,5, hvilket er for den nødvendige støtte fra topledelsen, og at medarbejderne har den rette motivation til at arbejde med AM. Disse to parathedsparametre er væsentlige forudsætninger for succes med AM. Medarbejderkompetencer og tilstrækkelig AM-videnscorer modsat kun gennemsnitsværdier på 3,03 og 2,90, hvilket sætter fokus på, at der er behov for kompetenceløft på dette område i de danske SMV'er.

Det er interessant at se, at eksterne pres for at arbejde med AM kun opnår en gennemsnitsscore på 1,67. Undersøgelsen identificerer en række barrierer for brug af AM fordelt i fem grupper som svar på spørgsmålet om, *hvad respondenterne opfatter som barrierer for brug af AM*. De fire undersøgte teknologiske barrierer opnår gennemsnitsværdier fra 3,11 til 2,53, hvilket indikerer, at teknologien som sådan ikke opfattes som den store barriere. Det samme mønster gør sig gældende for de tre undersøgte strategiske barrierer, der opnår gennemsnitsværdier fra 3,16 til 2,16. Gennemsnitsværdierne for de fem organisatoriske barrierer ligger i intervallet fra 2,86 til 1,53, hvilket indikerer, at disse barrierer ikke opfattes som væsentlige.

Hvad angår de driftsmæssige barrierer, opnås der her højere gennemsnitsværdier specielt for, at de nuværende emner ikke passer til AM, og at der er for lav produktionshastighed. For den sidste gruppe omkring eksterne/supply chain barrierer er det kun den ene af fire barrierer, der i nogen grad opfattes som en barriere, hvilket er, at kunderne ikke har efterspurgt AM-kapabiliteter.

Det femte spørgsmål har fokus på, *hvilke muligheder respondenterne ser i at samarbejde om AM i virksomhedsnetværk*. Generelt opnås der lave gennemsnitsværdier for forskellige former for AM-videntilførsel med værdier under 3,00. Dette indikerer et udviklingspotentiale for SMV'erne til at blive

bedre til at få tilført viden om AM. Respondenter ser generelt en lang række fordele ved at samarbejde om AM i virksomhedsnetværk, hvor syv ud af 10 listede fordele opnår gennemsnitsværdier over 3,50. Hvad angår de listede ulemper ved samarbejdet i virksomhedsnetværk, er det lavere gennemsnit, der opnås (fra 3,04 til 2,29), hvilket illustrerer, at ulemperne ikke opfattes som værende stærke. På spørgsmålet om *hvor AM-modne respondenterne ser deres virksomheder*, tegner der sig et billede af umodne virksomheder med gennemsnitsværdier under 3,00 (fra 2,81 til 1,98). Dette peger også tydeligt på potentielle udviklingsområder. Spørgsmålet omkring AM's relation til virksomhedernes performance viser, at der er en svag sammenhæng til produktinnovation, processinnovation, lønsomhed og erhvervelse af nye kunder. Dette kan hænge sammen en relativt svag strategisk tilgang til AM blandt respondenterne. Også de fem listede konkurrencemæssige fordele opnår lave gennemsnitsværdier (fra 2,99 til 1,99), hvilket peger på et behov for at linke AM bedre til virksomhedernes konkurrencekraft.

Det sidste spørgsmål har fokus på, *hvilke ledelsesmæssige udviklingsbehov, der kan peges på blandt SMV'erne*. Rapporten slår til lyd for, at der bør opnås en større bevidsthed for et forretningsmæssigt og et designmæssigt fokus for AM i stedet for en overvægt på et teknisk fokus, samt at der skal opnås bedre balance i virksomhederne mellem drift og udvikling.

Undersøgelsens resultater indikerer, at virksomhederne bør investere flere ressourcer i bevidste AM-strategier. Endvidere er der behov for øget viden om AM. Forskellige interessenter såsom industri-, offentlige erhvervs- og forsknings- og uddannelsesinstitutioner har her et fælles ansvar for at løfte viden- og kompetenceniveauet om AM – specielt for SMV'er.

Afslutningsvis skal det bemærkes, at resultaterne af undersøgelsen skal ses i lyset af metodiske begrænsninger. For det første er der alene tale om en kvantitativ undersøgelse, der giver svar på hvor mange, der gør de tiltag, der spørges om. Fremtidig forskning kan supplere denne type forskning med kvalitativ forskning i form af f.eks. case-studier, hvor man kan gå i dybden med, hvorfor virksomhedernes praksis er, som den er. For det andet er spørgeskemaet baseret på én enkelt respondent pr. virksomhed. Fremtidig forskning kan styrke resultaterne ved at inddrage flere respondenter pr. virksomhed. For det tredje tegner undersøgelsen et billede af de virksomheder, der allerede har erfaring med AM og dermed ikke den relativt store gruppe af virksomheder, hvor AM kan udgøre et væsentligt forretningsmæssigt potentiale. Fremtidig forskning bør sætte mere fokus på de virksomheder, der endnu ikke har været gennem processer med afklaring af, om AM er en teknologi, der kan styrke deres forretninger.



# Referencer

- Attaran, M. (2017), "The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing", *Business Horizons*, Vol. 60, pp. 677-688.
- Baumers, M., Dickens, P., Tuck, C. & Hague, R. (2016), "The cost of additive manufacturing: Machine productivity, economies of scale and technology-push", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 102 No. C, pp. 193-201.
- Berman, B. (2012), "3-D printing: the new industrial revolution", *Business Horizons*, Vol. 55 No. 2, pp. 155-162.
- Blichfeldt, H., Berg, S., Stampe, I. & Knudsen, M.P. (2020), *Udbredelsen af 3D print og Additive Manufacturing i dansk industri*, Institut for Marketing & Management og Institut for Technology & Innovation, Syddansk Universitet.
- Brinch, M. & Stentoft, J. (2017), "Digital supply chains: Still more "wannabe" than practice", *DILF-Orientering*, Vol. 54 No. 2, pp. 22-28.
- Dansk AM Hub (2020), *Tendenser, muligheder og barrierer i AM landskabet*, Dansk AM Hub, Valby.
- Durach, C.F., Kurpjuweit, S. & Wagner, S.M. (2017), "The impact of additive manufacturing on supply chains", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 47 No. 10, pp. 954-971.
- EU Commission (2015), *User Guide to the SME Definition*, European Union, Publication Office, Luxembourg.
- Galindo-Rueda, F. & Verger, F. (2016), *OECD Taxonomy of Economic Activities Based on R&D Intensity*, OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2016/04.
- Ghobakhloo, M. (2018), "The future of manufacturing industry: A strategic roadmap toward Industry 4.0", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 29 No. 6, pp. 910-936.
- Haug, A. Graungaard, S. & Arlbjørn, J. (2011), "IT readiness in small and medium-sized enterprises", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 111 No. 4, pp. 490-508.
- Haug, A., Wickstrøm, K.A., Stentoft, J. & Philipsen, K. (2020), "The impact of information technology on product innovation in SMEs: The role of technological orientation", *Journal of Small Business Management* (accepteret til publicering).

Hermann, M., Pentek, T. & Otto, B. (2015). "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review", Working paper No. 1, Technical University Dortmund.

Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. (2013), *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*, Linda Treugut, M.A. and acatech: National Academy of Science and Engineering.

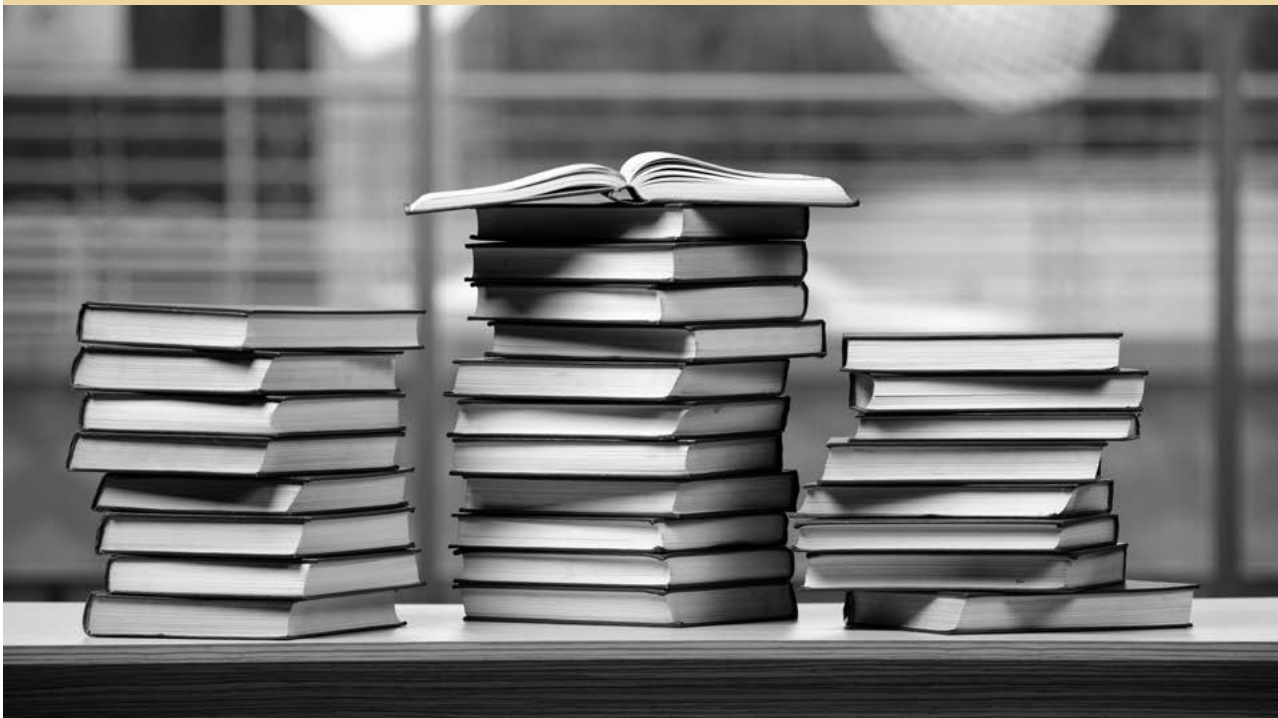
Levinthal, D.A. & March, J.G. (1993), "The myopia of learning", *Strategic Management Journal*, Vol. 14 (Special Issue: Organizations, Decision Making and Strategy), pp. 95-112.

Löfving, M., Säfsten, K. & Winroth, M. (2014), "Manufacturing strategy frameworks suitable for SMEs", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 25 No. 1, pp. 7-26.

Martinsuo, M. & Luomaranta, T. (2018), "Adopting additive manufacturing in SMEs: exploring the challenges and solutions", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 29 No. 6, pp. 937-957.

Mellor, S., Hao, L. & Zhang, D. (2014), "Additive manufacturing: a framework for implementation", *International Journal of Production Economics*, Vol. 149, pp. 194-201.

Müller, J.M., Buliga, O. & Voigt, K.-I. (2018), "Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 132, pp. 2-17.



- O'Reilly, C.A. & Tushman, M.L. (2008), "Ambidexterity as a dynamic capability: Resolving the innovator's dilemma", *Research in Organizational Behavior*, Vol. 28, pp. 185-206.
- Schumacher, A., Erolb, S. & Sihm, W. (2016), "A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises", *Procedia CIRP*, Vol. 52, pp. 161-166.
- Stentoft, J. (2020), "Drivkræfter og barrierer for Industri 4.0: Parathed og praksis!", *Magasinet Kvalitet*, No. 2, pp. 42-46.
- Stentoft, J., Jensen, K.W., Philipsen, K. & Haug, A. (2020a), "Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: Empirical evidence from small and medium-sized manufacturers", *Production Planning & Control* (accepteret til publicering).
- Stentoft, J., Philipsen, K., Wickstrøm, K.A. & Haug, A. (2020b), "Motivation and challenges with the diffusion of additive manufacturing through a non-profit association", i 2. review ved *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Stentoft, J. & Rajkumar, C. (2020), "The relevance of industry 4.0 and its relationship with moving manufacturing out, back and staying at home", *International Journal of Production Research*, Vol. 58 No. 10, pp. 2953-2973.
- Stentoft, J., Rajkumar, C. & Madsen, E.S. (2017), *Industry 4.0 in Danish Industry*, Department of Entrepreneurship and Relationship Management, University of Southern Denmark.
- Stentoft, J., Wickstrøm, K.A., Haug, A. & Philipsen, K. (2020c), "Cost-driven motives to relocate manufacturing abroad among small- and medium sized manufacturers: The influence of Industry 4.0", *Journal of Manufacturing Technology Management* (accepteret til publicering).
- Yeh, C.C. & Chen, Y.F. (2018), "Critical success factors for adoption of 3D printing", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 132, pp. 209-216.
- Yourdon, E. (1989), *Modern Structured Analysis*, Prentice Hall, New Jersey.
- Zach, O., Munkvold, B.E. & Olsen, D.H. (2014), "ERP system implementation in SMEs: Exploring the influences of the SME context", *Enterprise Information Systems*, Vol. 8 No. 2, pp. 309-335.

## Om forfatterne



**Jan Stentoft**, ph.d., er ansat som professor i Supply Chain Management ved Institut for Entreprenørskab og Relationsledelse, Syddansk Universitet i Kolding. Hans forskningsinteresse og undervisning er relateret til supply chain management, supply chain innovation, lean filosofi, Sales & Operations Planning, og lokalisering af produktion fra et globalt perspektiv med vægt på brugen af nye digitale teknologier. Jan har praktisk industrierfaring fra stillinger hos Dandy, Gumlink og LEGO og fra løbende opgaver som ledelseskonsulent.



**Kent Adsbøll Wickstrøm**, ph.d., er ansat som lektor i Organisation og Knowledge Management ved Institut for Entreprenørskab og Relationsledelse, Syddansk Universitet i Kolding. Hans forsknings- og undervisningsinteresse er indenfor entreprenørskab og ledelse i små- og mellemstore virksomheder, og han har fokus på institutioners sociale netværk og nye teknologiers effekt på iværksætteri, strategi, innovation og eksport. Kent har praktisk industrierfaring som projektleder, projektkoordinator og som ledelseskonsulent.



**Anders Haug**, ph.d., er ansat som lektor i Information og Knowledge Management ved Institut for Entreprenørskab og Relationsledelse, Syddansk Universitet i Kolding. Anders har produceret mere end 100 journal- og konferenceartikler indenfor områder som datakvalitet, knowledge-based configuration, enterprise systemer, IT i små og mellemstore virksomheder, forretningsetik og designledelse. Han har praktisk industrierfaring med forbedring af forretningsprocesser, softwaredesign og produktudvikling



**Kristian Philipsen**, ph.d., er ansat som lektor i Business-to-Business Marketing og Innovation ved Institut for Entreprenørskab og Relationsledelse, Syddansk Universitet i Kolding. Hans forskningsinteresse er indenfor business-to-business marketing, innovation indenfor og mellem virksomheder, entreprenørskab og strategi for små og mellemstore virksomheder. Han underviser i strategi, innovationsledelse og entreprenørskab. Han har praktisk industrierfaring som økonomichef i en kommune.