

Henrik Blichfeldt  
Mette Præst Knudsen  
Martin Hannibal  
Ian Stampe

# **Udbredelsen af 3D print og Additive Manufacturing i dansk industri**

**Resultaterne fra den danske screening – 2018**

# Projektet

---

## Projektets indhold

Denne rapport fremlægger resultaterne af en national screening af danske produktionsvirksomheders anvendelse af AM-teknologi. Resultaterne er fremkommet på baggrund af en national spørgeskemaundersøgelse gennemført i april til juli 2018 og 5 interviews gennemført august 2018 med udvalgte virksomheder, efter de havde deltaget i spørgeskemaundersøgelsen.

## Projektorganisering og forfattere

Lektor Henrik Blichfeldt

Engineering Operations Management, Syddansk Universitet

Lektor Martin Hannibal

International Business and Entrepreneurship, Syddansk Universitet

Professor Mette Præst Knudsen

Center for Integrerende Innovationsledelse, Syddansk Universitet

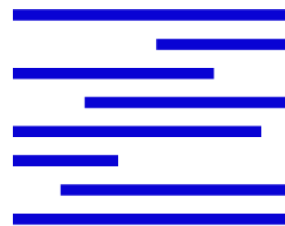
Projektleder

For nærmere information om projektet: [www.sdu.dk/ci2m](http://www.sdu.dk/ci2m)

## Opdragsgiver

Dansk AM Hub

<https://am-hub.dk/>



Dansk  
AM Hub

# Forord

---

I 2018 blev Dansk AM Hub etableret som det nationale samlingspunkt for additive manufacturing (AM) i Danmark med det formål at fremme kendskabet til og anvendelsen af AM/3D print hos industrien i Danmark.

Som en del af arbejdet er Dansk AM Hub i år, og de kommende år, afsender på en samlet kortlægning af udbredelsen af AM i Danmark – Dansk AM Rapport - en kortlægning, der ikke tidligere har været foretaget på nationalt niveau.

Centralt for Dansk AM Rapport er resultaterne af Syddansk Universitets nationale spørgeskemaundersøgelse, som denne rapport indeholder resultaterne af. Fokus i år er på danske virksomheders brug af AM og deres modenhedsniveau indenfor AM.

Dansk AM Hub har som supplement til undersøgelsen undersøgt forsknings- og uddannelsessystemet, aktørlandskabet samt start-up miljøet i Danmark inden for AM.

Den samlede Danske AM-Rapport 2019 kan downloades på [am-hub.dk](http://am-hub.dk).

God læselyst!

Mads Kjøller Damkjær, CEO  
Dansk AM Hub

# Indhold

---

<b>1</b>	<b>Tabel- og figuroversigt.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Introduktion .....</b>	<b>6</b>
2.1	Baggrund for undersøgelsen .....	6
2.2	Definitioner og afklaring .....	7
<b>3</b>	<b>Hovedkonklusioner .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>De deltagende virksomheder.....</b>	<b>11</b>
4.1	Fordeling på regioner .....	11
4.2	Fordeling ift. Teknologiintensitet (NACE-klassificering).....	12
4.3	De deltagende virksomheders størrelse .....	13
4.4	Virksomhedens størrelse og teknologiintensitet.....	13
<b>5</b>	<b>Udbredelsen af Additive Manufacturing .....</b>	<b>14</b>
5.1	Udbredelsen af AM-printteknologi.....	14
5.2	Virksomhedens størrelse og teknologiintensitet.....	15
5.3	Hvilke typer af teknologier anvendes .....	15
5.4	Anvendelsesdomæne (produktudvikling, produktionsstøtte & fremstilling af produkter).....	16
5.5	Motivation for at anvende AM-printere.....	17
	Kunde, konkurrent og marked .....	18
	Hurtig produktudvikling; øget hastighed fra produktudvikling til marked.....	18
	Kompetencer, medarbejdere og teknologisubstitution .....	19
5.6	AM-teknologiens indflydelse på forretningsmodellen .....	20
5.7	Investering i teknologien.....	21
5.8	Fremtiden – forventninger og muligheder .....	21
<b>6</b>	<b>AM-kompetencer i Danmark .....</b>	<b>23</b>
6.1	AM printteknologisk kompetence .....	23
6.2	Anvendelsesdomæne og potentiale udnyttelse.....	24
6.3	Model for virksomhedernes AM-kompetencer.....	24
	Niveau 1: Ingen kompetencer .....	24
	Niveau 2: Tilkøb af teknologiske AM-kompetencer (Outsourcing) .....	24
	Niveau 3: Teknologiske AM-kompetencer udviklet in-house (In-house).....	24
	Niveau 4: Fuldt udviklede teknologiske AM-kompetencer (In-house + Outsourcing) .....	25
	Anvendelsesdomæner og kompetence .....	25
	Udnyttet potentiale ved anvendelse af AM-teknologi.....	26
	Den samlede model for AM-teknologisk kompetence.....	26
<b>7</b>	<b>AM-kompetencer og virksomhedskarakteristika.....</b>	<b>27</b>

7.1	Virksomhedens størrelse.....	27
7.2	Teknologiintensitet.....	27
7.3	Innovation.....	28
7.4	Medarbejderinvolvering .....	30
7.5	Indflydelse på forretningstilgangen .....	30
7.6	Fremtidige investeringer .....	31
<b>8</b>	<b>Cases.....</b>	<b>33</b>
8.1	CASE-1: Jydsk Emblem Fabrik A/S (JEF) .....	33
8.2	CASE-2: Jørgensen Engineering.....	33
8.3	CASE-3: Vikan A/S.....	34
8.4	CASE-4: Sintex A/S.....	34
8.5	Konklusioner på tværs af interviews .....	35
<b>9</b>	<b>Metodeafsnit .....</b>	<b>37</b>
9.1	Beskrivelse af undersøgelse.....	37
9.2	Repræsentativitetstest.....	37
<b>10</b>	<b>Referencer .....</b>	<b>39</b>

# 1 Tabel- og figuroversigt

## Tabeloversigt

Tabel 1: Fordeling af virksomheder efter størrelse .....	13
Tabel 2: Virksomheder fordelt efter størrelse og teknologiintensitet .....	13
Tabel 3: Virksomhedens størrelse og anvendelse af AM-teknologi .....	15
Tabel 4: Virksomhedens teknologiintensitet og anvendelse af AM-teknologi.....	15
Tabel 5: Investering i forskellige områder relateret til AM-teknologi.....	21
Tabel 6: Strategiske teknologiindsatser for virksomhedernes fremtidige konkurrenceevne .....	22
Tabel 7: Beslutningskompetence ved køb af ny teknologi .....	22
Tabel 8: AM-teknologikompetencer.....	23
Tabel 9: Anvendelsesdomæner for AM-teknologi.....	24
Tabel 10: Virksomhedens størrelse sammenholdt med AM kompetence .....	27
Tabel 11: Virksomhedens teknologiintensitet sammenholdt med AM-kompetence (Beregnet som den kumulerede %-fordeling) .....	28
Tabel 12: Virksomhedens innovationsniveau sammenholdt med AM kompetence.....	28
Tabel 13: Anvendelsesdomæner sammenholdt med innovationsniveau .....	29
Tabel 14: Funktioner med adgang til AM i virksomheden sammenholdt med AM-kompetence .....	30
Tabel 15: Indflydelse på virksomhedens forretningstilgang sammenholdt med AM kompetence (Tallene i nedenstående tabel er forholdstal) .....	31
Tabel 16: Fremtidige investeringer sammenholdt med AM-kompetence .....	31
Tabel 17: Fremtidige investeringer sammenholdt med antal anvendelsesdomæner .....	32

## Figuroversigt

Figur 1: Geografisk fordeling af deltagende virksomheder .....	11
Figur 2: Fordeling af deltagende virksomheder efter teknologiintensitet .....	12
Figur 3: Udbredelsen af AM-teknologi blandt deltagende virksomheder.....	14
Figur 4: Anvendte teknologityper.....	16
Figur 5: Anvendelsesdomæner for AM-printning (*% af de virksomheder der anvender AM-teknologi) .....	17
Figur 6: Eksterne motiver for anvendelse af AM-teknologi .....	18
Figur 7: Interne motiver for anvendelsen af AM-teknologi .....	18
Figur 8: Hastighed som motivationsfaktor for anvendelse af AM-teknologi.....	19
Figur 9: Motivationsfaktorer knyttet til egne produkter .....	19
Figur 10: Motivationsfaktorer knyttet til kompetencer og medarbejdere.....	19
Figur 11: Effekter af AM-teknologi på forretningstilgangen .....	20
Figur 12: AM printteknologisk kompetencemodel.....	25

# 2 Introduktion

---

Udbredelsen af 3D print og additive manufacturing i dansk produktionsindustri er blevet afdækket i et samarbejde mellem Center for Integrerende Innovationsledelse, International Business and Entrepreneurship og SDU Engineering Operations Management enhederne under Syddansk Universitet og Dansk AM Hub. Denne rapport giver et indblik i de vigtigste resultater fra den nationale screening - 2018.

Undersøgelsen har følgende hovedformål:

- At afdække den nuværende udbredelse og anvendelse af 3D printning i den danske produktionsindustri
- At undersøge sammenhænge imellem virksomhedernes teknologiske kompetence indenfor 3D printning og anvendelsesdomæner for 3D printning
- At udvikle en modenhedsmodel til vurdering af virksomhedernes modenhed indenfor AM
- At følge udviklingen indenfor 3D printning og additive manufacturing hos danske produktionsvirksomheder over de næste 4 år.

Denne rapport viser resultaterne fra den første af fire årlige undersøgelser.

## 2.1 Baggrund for undersøgelsen

Dansk industri står over for et globalt marked, der karakteriseres ved en konstant udvikling af produkter, produktionssystemer og services. Udvikling af nye teknologiske løsninger samt anvendelse af teknologi udpeges af mange som nødvendige forudsætninger for, at virksomheder kan overleve i fremtiden. Innovation inden for områder som smarte og avancerede produkter, avancerede produktionsteknologier samt nye forretningsmodeller er både en kilde til øget konkurrenceevne og vækst.

*The future competitive advantage in manufacturing will tilt back to advanced manufacturing nations with robust innovation ecosystems versus the cost competitive nations of the past. The Global Manufacturing Competitiveness Index (GMCI) study found that nations, who invest in exponential manufacturing technologies and innovation ecosystems will emerge more competitive than those who choose to compete on price alone. Higher value, advanced products, and processes that require excellent product quality and deliver greater margins are driving faster, permanent innovation.*

***The future of manufacturing technologies, 2018, Forbes, Louis Columbus<sup>1</sup>***

En væsentlig udfordring inden for virksomhedsledelse er derfor at: forstå og evaluere de muligheder nye teknologier bringer med sig, udvælge de relevante teknologier samt implementere teknologien i virksomhedens organisation.

---

<sup>1</sup> <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2018/04/15/the-future-of-manufacturing-technologies-2018/>

Paraplybegrebet "*Industry 4.0*" sætter den digitale dagsorden i forhold til digitale løsninger inden for robotter, automation og sensorer. Her skabes rammen for fremtidens intelligente produktion. De nye teknologier omfatter virtual reality, augmented reality, kunstig intelligens, simulation og avanceret dataanalyse fx vha. machine learning, Big Data samt Internet of Things (IoT). 3D printningsteknologi findes indenfor rammen af nye teknologier for moderne produktion og innovation. Eksperter forudser at 3D printningsteknologi får stor indflydelse på den måde hvorpå produktionen udvikler sig fremover. 3D printning anses for en revolutionerende teknologi, der fremover vil benyttes af private såvel som i industrien verden over.

Markedet for 3D printning estimeres til at nå en årlig omsætning på 36 milliarder USD i 2021. Det forudses at op imod 75 % af alle produktioner verden over vil kunne drage gavn af denne teknologi uden hensyntagen til forretningsområde (Rodriguez et al. 2017).

## 2.2 Definitioner og afklaring

3D printning er en additive teknologi, hvor en 3D tegning (såkaldt STL-fil) anvendes til at styre printeren. I den mest gængse printproces opbygges et produkt gennem udlægning af råmateriale i en lag på lag konstruktion. Forskellige procesmetoder kan anvendes til at udlægge materialelagene. Disse metoder giver det endelige produkt forskellige egenskaber og karakteristika.

De mest gængse 3D printteknologier omfatter:

- Selective laser sintering (SLS)
- Selective laser melting (SLM)
- Electron beam melting (EBM)
- Stereolithography (SLA)
- Fused deposition modelling (FDM)
- Binder Jetting (3DP)

3D teknologierne opdeles efter hvordan råmaterialet tilføres opbygningen af lag:

- Flydende materiale
- Pulver
- Extrudering
- Fast materiale

Desuden kan der printes i forskellige materialer fx plast, metal, keramik og komposit. Kombinationsmulighederne og valg inden for 3D printning er derfor mangfoldige. Yderligere information omkring 3D printning fx teknologi, materialer og anvendelse kan findes i Wohlers Report. Rapporten udgives årligt og omfatter 3D printning, Additive Manufacturing og Rapid Prototyping (Wohlers, 2018).

3D print teknologien anvendes primært inden for tre domæner; innovations- og udviklingsmæssige formål (rapid prototyping), produktionsmæssige formål (Additive Manufacturing) samt produktionsunderstøttende formål (støtteværktøjer). Der skelnes typisk ikke imellem 3D printning og additive manufacturing. I rapporten anvendes terminologien AM-teknologi og AM-printning.

Teknologien er interessant, idet den kan indgå i både innovations- og produktionsaktiviteter, og den kan anvendes i både private hjem samt til industriel fremstilling. Spørgsmålene som rapporten vurderer er: I hvilken udstrækning har danske produktionsvirksomheder taget teknologien til sig? Hvordan anvender de teknologien? Har teknologien en positiv indflydelse på virksomhedernes innovative præstation, produktionskvalitet samt konkurrenceevne?



# 3 Hovedkonklusioner

---

Hovedkonklusionerne fra spørgeskemaundersøgelsen og de fokuserede casestudier præsenteres i dette afsnit. I casestudierne fremkommer en række uddybende perspektiver. Caseanalysen er baseret på 4 udvalgte cases, hvorfor der ikke kan generaliseres fra disse til alle virksomheder. Konklusionerne præsenteres i en ikke-prioriteret rækkefølge og underbygges i de følgende underafsnit i rapporten.

## 1. 1/4 af virksomhederne anvender AM-teknologi.

25 % af de danske produktionsvirksomheder anvender AM-teknologi – enten ved brug af egen printer eller via køb af ydelser hos underleverandører.

(se afsnit 5.1)

## 2. Anvendelse af AM-printning starter med produktudvikling og prototyping.

Anvendelsen af AM-teknologi starter i produktudviklingsprocessen. Næsten  $\frac{3}{4}$  af de virksomheder, som arbejder med AM-teknologi, anvender printning i produktudviklingsdomænet fx til prototyping. Teknologien anvendes næstmest til støtteværktøjer og slutteligt til produktion af produkter. 25 % af de virksomheder, der anvender AM-teknologi, benytter teknologien i alle tre domæner.

(se afsnit 5.4 & 6.3)

## 3. AM-ejerskab koblet med bred anvendelse i virksomheden skaber øget innovationskraft.

Der er en positiv sammenhæng mellem virksomhedens evne til at skabe produktinnovation og implementering af nye teknologiske processer når virksomhederne har udviklet AM-kompetencer og anvender AM i flere anvendelsesdomæner. Virksomhederne er radikalt mere innovative, når de har opbygget AM-kompetencer igennem ejerskab af AM-teknologi og samtidig anvender AM-teknologien til både produktudvikling, fremstilling af værktøjer/fixtures og produkt-/komponentfremstilling. Denne sammenhæng kan potentielt skabe en forbedret konkurrenceevne.

(se afsnit 7.3)

## 4. De større virksomheder anvender AM, men størrelsen har ikke betydning for opbygning af AM-kompetence.

Målt på antal medarbejdere er den gennemsnitlige virksomhed, som arbejder med AM, større end de virksomheder, der ikke benytter teknologien. Virksomhedernes størrelse har dog ikke indflydelse på virksomhedernes evne til at opbygge teknologi-baserede AM-kompetencer.

(se afsnit 5.2)

## 5. Et fåtal af de danske virksomheder ejer selv AM-teknologi.

Undersøgelsen viser, at knap 17 % af produktionsvirksomhederne ejer AM-teknologi. 75 % af virksomhederne er hverken brugere, ejere eller købere af ydelser. Mulige årsager kan være at det ikke er relevant for den pågældende virksomhed, eller at et potentiale ved anvendelsen af teknologien ikke er identificeret i virksomheden.

(se afsnit 5.1 / 6.3)

**6. Introduktion af AM-teknologi skaber en efterspørgsel efter teknologien på tværs af virksomheden.**

I virksomheder, der har introduceret AM-teknologi, ses en relativ høj forventning til yderligere investeringer primært i form af udstyr og AM-ydelser. Hvis virksomheden både ejer teknologi og køber AM-kompetencer samt anvender AM-teknologi inden for flere domæner øges forventningen om investeringer indenfor udstyr, ydelser og uddannelse.

(se afsnit 7.6)

**7. Det nuværende AM-kompetenceniveau passer bedst til anvendelse indenfor prototyper og støtteværktøjer.**

Virksomhederne anser det som et stort spring fra anvendelse af teknologien til prototyper, før det vil være muligt at producere færdigvarer med AM-teknologi. Investeringer i f.eks. pulverteknologi og andre mere komplekse AM-teknologier er drevet af ønsket om at kunne producere funktionelle prototyper til demonstration og real-test.

(se afsnit 5.5 & 8.5)

**8. Det største potentiale ved anvendelse af AM-teknologi høstes ved anvendelse til produktudvikling.**

Der er en klar tendens til, at virksomhederne i undersøgelsen opnår den største udnyttelse af potentialet ved at anvende AM-teknologi, når de anvender den til produktudvikling og udviklingsformål. Det er tilsvarende tydeligt, at indenfor fremstilling af produkter eller komponenter findes endnu den laveste udnyttelse af potentialet.

(se afsnit 6.3)

**9. Det teknologiske potentiale høstes gennem ejerskab suppleret med køb af ydelser fra eksterne serviceudbydere.**

Virksomheder, der opbygger teknologisk kompetence igennem ejerskab af AM-teknologi og indkøb af ydelser fra eksterne AM-leverandører, har en markant højere udnyttelse af det teknologiske potentiale på tværs af alle anvendelsesdomæner.

(se afsnit 6.3)

**10. AM-ejerskab har positiv indflydelse på forretningstilgangen.**

Undersøgelsen viser, at virksomheder, der ejer AM-teknologi, oplever en positiv indflydelse på deres forretningstilgang som f.eks. øget kundesamarbejde og kundetilpassede produkter. Det er tydeligt, at virksomhederne med den højeste AM-kompetence oplever størst effekt på forretnings-tilgangen og oplever flest forskellige effekter.

(se afsnit 5.6)

**11. AM-teknologi introduceres bottom-up.**

Introduktionen af AM-teknologi i virksomheden er typisk båret og drevet af enkeltpersoner og bygger på personlig erfaring fra kælder- og hobbyprojekter. Implementeringen af AM-teknologi er derfor i mange virksomheder *ikke* baseret på systematiske og strategiske beslutninger.

(se afsnit 8)

**12. AM-teknologi har brand value.**

AM-teknologi har en positiv signalværdi over for kunder og omverden. Teknologien signalerer, at virksomheden arbejder med den nyeste teknologi samt er fleksible.

*"Der ligger meget i at signalere at være nyskabende. [...] det er måske mere en forventning om at [AM-teknologien] helt sikkert kommer."*

Yderligere udtrykker kunderne, at det er spændende at samarbejde med en virksomhed, der har AM-kompetencer. Teknologien signalere desuden, at virksomheden er en spændende arbejdsplads, hvilket kan understøtte at nye medarbejdere tiltrækkes.

(se afsnit 8.5)

### **13. Introduktion af AM-teknologi kickstarter nye muligheder og danner afsæt for et nyt mindset.**

Flere virksomheder udtrykker, at medarbejderne begynder at efterspørge løsninger vha. AM-teknologien, efter teknologien er implementeret. Produktionsmedarbejdere kommer fx med nye ideer til "hvordan man kan lave noget smart". Efter introduktion af teknologien oplever virksomheden, at det er blevet nemmere at prøve sig frem med teknologien. Der er desuden stigende intern efterspørgsel – specielt efterspørges støtteværktøjer, fixturer, griber o.l. Dermed udnyttes printerkapaciteten hurtigt, fuldt ud, i nogle tilfælde helt ned til ½ år efter implementering af 3D printeren.

(se afsnit 8.1)

### **14. Materialer og kvalitet er en udfordring.**

Flere virksomheder oplever udfordringer med integrationen af AM-teknologien i produktionen af komponenter eller produkter. Årsagerne er høje krav til dokumentation og materialeegenskaber i dette anvendelsesdomæne. Det er således svært, men ikke umuligt, at printe med godkendte materialer til fx fødevarer- og medicinalindustrien. Hertil kommer, at materialeegenskaberne påvirkes af printprocessen. Det printede produkt og det traditionelt forarbejdede og fremstillede produkt kan derfor ikke altid sammenlignes. Det printede produkt skal i nogle tilfælde efterbehandles betydeligt for at opnå en tilfredsstillende kvalitet.

(se afsnit 8.5)

### **15. Fremtidige AM-investeringer foretages inkrementelt.**

Flere produktionsvirksomheder, der anvender AM, undersøger muligheden for at anskaffe større printkapacitet og implementere mere komplicerede AM-teknologier. Men virksomhederne udtaler samstemmigt, at den egentlige implementering først foretages, når det efterspørges til igangværende projekter.

(se afsnit 7.6 & 8.5)

### **16. Fremtidigt potentiale i metalprint – efterspørgsel efter teknologien.**

Mange virksomheder efterspørger udvikling inden for metalteknologi. Flere virksomheder finder det åbenlyst, at nye forretningsområder vil opstå indenfor metalprint, men at teknologien endnu er for umoden. Andre udtrykker skepsis omkring de fremtidige muligheder og forholder sig afventende i forhold til, hvilken teknologi der bliver den nye lead-teknologi.

(se afsnit 8.5)

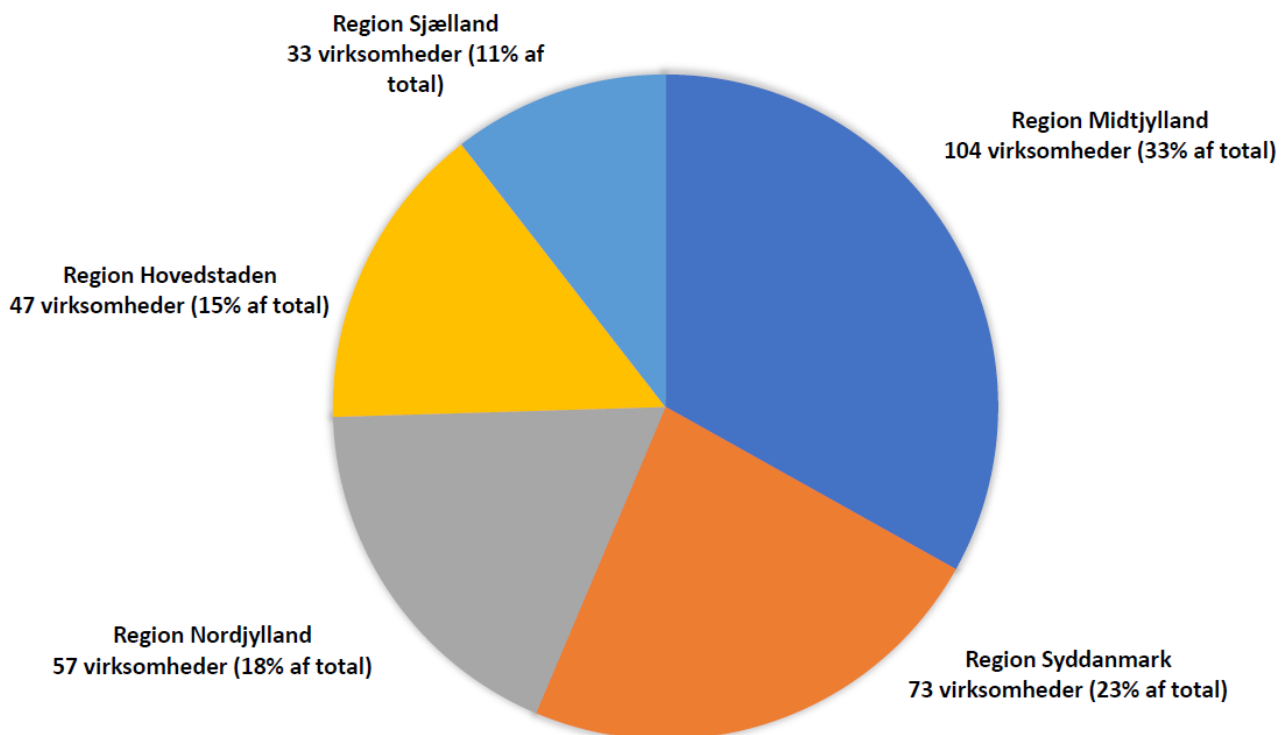
# 4 De deltagende virksomheder

Dette afsnit redegør kort for undersøgelsens datamateriale. Afsnittet viser fordelinger for de deltagende virksomheder ift. geografiske regioner, størrelse og teknologiintensitet. For informationer vedr. repræsentativitet henvises til afsnit 9.

Ved besvarelse af spørgeskemaet kan virksomheder godt springe enkelte spørgsmål over. For at kunne anvende så mange svar som muligt, har vi valgt også at medtage besvarelser, der ikke er komplette (dog er de væsentligste spørgsmål besvaret). Det betyder, at der rapporten er en variation i det totale antal besvarelser for de enkelte analyser. Besvarelserne varierer mellem 314 og 284 besvarelser. Af samme årsag, diskuteres resultaterne ofte på baggrund af procentfordelinger og ikke faktiske tal. Det betyder at %-fordelinger imellem forskellige afsnit skal sammenlignes med varsomhed, da de kan være baseret på to forskellige datamængder.

## 4.1 Fordeling på regioner

I alt svarede 314 virksomheder på undersøgelsen. Virksomhederne fordeler sig over alle regioner i Danmark. Fordelingen svarer til den forventede fordeling ifølge populationen (se afsnit 9). Geografisk fordeler de deltagende virksomheder sig på de fem regioner som illustreret i figur 1.

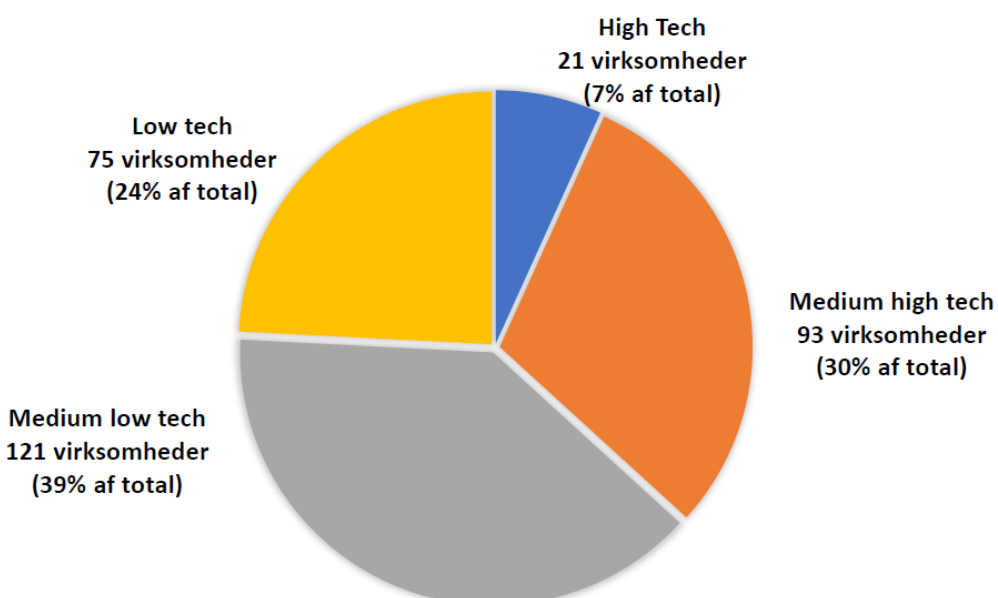


Figur 1: Geografisk fordeling af deltagende virksomheder

## 4.2 Fordeling ift. Teknologiintensitet (NACE-klassificering)

Undersøgelsen er baseret på danske virksomheder indenfor produktionserhvervene. Afgrænsningen er baseret på EUROSTATs klassificering af brancher (NACE 10-39). Blandt de 23 hovedgrupper for produktionsvirksomheder svare 63 virksomheder eller 20 %, at de tilhører "Jern- og metalvareindustri (NACE-gruppe 25). Den næststørste gruppe er "Fremstilling af maskiner og udstyr i.a.n." (NACE-gruppe 28) med 56 svar eller 18 % af det samlede antal svar. Dermed svarer fordelingen af virksomhederne i produktionserhvervene til fordelingen i populationen af danske produktionsvirksomheder.

Baseret på virksomhedernes branchetilknytning kan de også fordeles i fire kategorier efter branchens teknologiintensitet (EUROSTATs standard)<sup>2</sup>: low tech, low/medium tech, medium/high tech og high tech. Fordelingen af virksomhederne ses i nedenstående figur 2. 196 virksomheder (63 % af det samlede antal svar) ligger i grupperne "Low tech" og "low/ medium tech".



Figur 2; Fordeling af deltagende virksomheder efter teknologiintensitet

<sup>2</sup> [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:High-tech\\_classification\\_of\\_manufacturing\\_industries](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:High-tech_classification_of_manufacturing_industries)

### 4.3 De deltagende virksomheders størrelse

Virksomhederne er inddelt efter størrelse og vi anvender følgende gruppering. Virksomheder med mindre end 20 ansatte er udeladt.

Små virksomheder	20-49 medarbejdere
Mindre virksomheder	50-99 medarbejdere
Mellemstore virksomheder	100-199 medarbejdere
Store virksomheder	200+ medarbejdere

Tabel 1 viser fordelingen mellem antal modtagne spørgeskemaer og antal besvarelser.

Størrelse	Antal medarbejdere	Udsendt	Besvarelser	% besvarelse
Små	20-49	1.247	151	12,1
Mindre	50-99	542	77	14,2
Mellem	100-199	286	51	17,8
Store	200+	239	30	12,6
<b>Total</b>		<b>2.314</b>	<b>309</b>	<b>13,4</b>

Tabel 1: Fordeling af virksomheder efter størrelse

### 4.4 Virksomhedens størrelse og teknologiintensitet

Tabel 2 viser fordelingen af besvarelserne på virksomhedernes størrelse og teknologiintensitet. Fordelingen er opgjort henholdsvis i antal og den procentvisefordeling af virksomhederne inden for hver størrelsesgruppe.

	Virksomheder fordelt ift. størrelse og teknologiintensitet [antal/%]								Total (100 %)
	High Tech		Medium high tech		Medium low tech		Low tech		
Antal ansatte									
20-49	8	5,3 %	42	27,8 %	66	43,7 %	35	23,2 %	151
50-99	4	5,1 %	29	37,7 %	29	37,7 %	15	19,5 %	77
100-199	6	11,8 %	10	19,6 %	18	35,3 %	17	33,3 %	51
200+	3	10,0 %	12	40,0 %	7	23,3 %	8	26,7 %	30
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>6%</b>	<b>93</b>	<b>31%</b>	<b>120</b>	<b>39%</b>	<b>75</b>	<b>24%</b>	<b>309</b>

Tabel 2: Virksomheder fordelt efter størrelse og teknologiintensitet

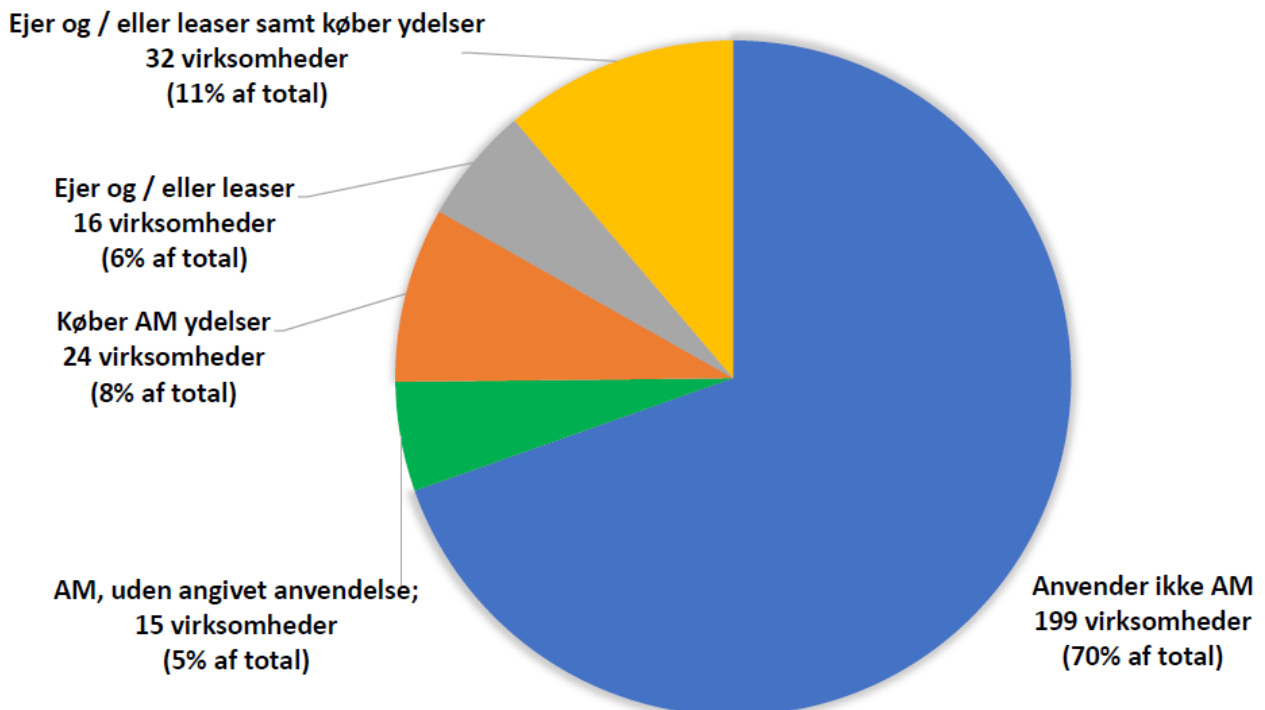
Tabellen viser, at 63 % af de deltagende virksomheder er low tech eller low/medium tech. 90 % af virksomhederne har færre end 200 ansatte. Som forventet er det primært små og mellemstore virksomheder, der har deltaget. Undersøgelsen er repræsentativ for dansk industri ift. den samlede population - for virksomheder med flere end 20 ansatte.

# 5 Udbredelsen af Additive Manufacturing

Denne rapport fokuserer på udbredelsen af teknologier til Additive Manufacturing, samt relationen til relaterede områder såsom innovation, forretningsudvikling, investeringer, ledelse og fremtidsperspektiver.

## 5.1 Udbredelsen af AM-printteknologi

75 % af de deltagende virksomheder (figur 3) anvender *ikke* AM-teknologi. 70 % har slet ikke AM-teknologi i virksomheden, og 5 % angiver, at de har AM teknologi, men hvorvidt teknologien faktisk anvendes, er uklart. Dvs. at en fjerdedel (25 %) af de danske produktionsvirksomheder anvender AM-teknologi i en eller anden form.



Figur 3: Udbredelsen af AM-teknologi blandt deltagende virksomheder

8 % køber AM-ydelser hos eksterne samarbejdspartnere fremfor at investere i teknologien selv. 6 % af de danske virksomheder ejer eller leaser AM-teknologi. Cirka en tiendedel (11 %) af virksomhederne køber AM-ydelser samtidig med at virksomheden ejer og/eller leaser AM-teknologi.

## 5.2 Virksomhedens størrelse og teknologiintensitet

Tabel 3 og 4 viser anvendelsen af AM (anvender/anvender ikke) sammenholdt med hh. virksomhedens størrelse (målt på antal medarbejdere) og teknologiintensiteten (NACE-klassificering).

Virksomhedens størrelse [antal ansatte]	Anvender AM		Anvender ikke AM	
	Antal virksomheder	%	Antal virksomheder	%
20-49	29	21%	110	79%
50-99	30	42%	42	58%
100-199	19	40%	28	60%
200+	9	32%	19	68%
<b>Total</b>	<b>87</b>		<b>199</b>	

Tabel 3: Virksomhedens størrelse og anvendelse af AM-teknologi

Der kan ikke umiddelbart ses en sammenhæng imellem størrelse og anvendelsen af AM. Omend der er en højere andel af virksomheder med 50-199 ansatte, der anvender AM-teknologi. Denne tendens ses tillige for virksomheder med 200+ ansatte. På grund af det lave antal respondenter kan der ikke konkluderes noget signifikant for denne gruppe.

Virksomheder i brancher med høj teknologiintensitet anvender i højere grad AM-teknologi sammenlignet med virksomheder i andre brancher.

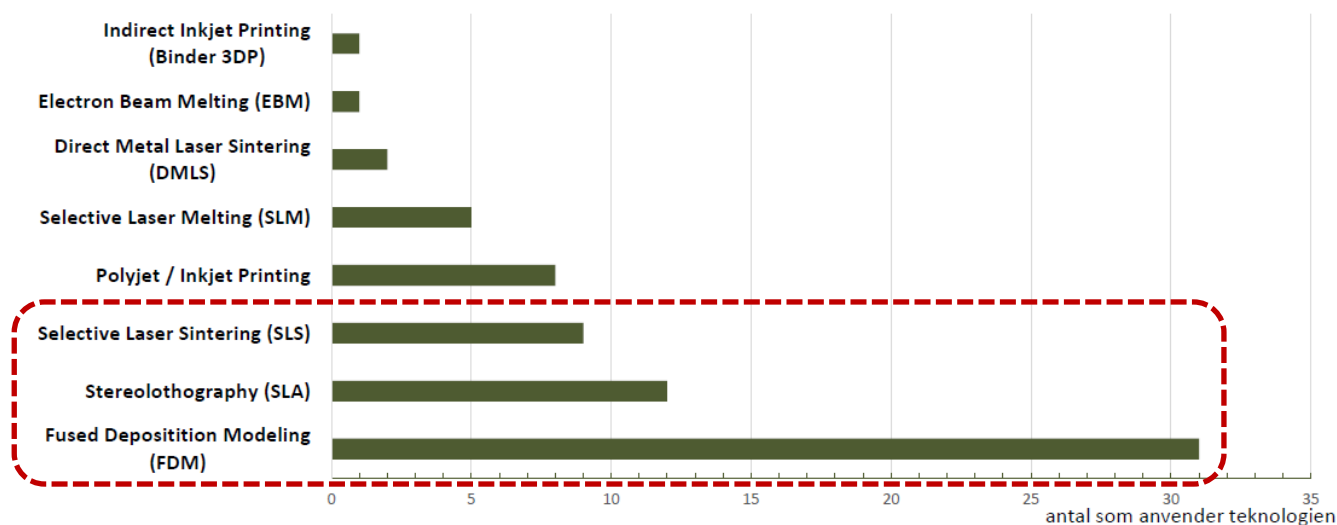
Teknologiintensitet	Anvender AM		Anvender ikke AM	
	Antal virksomheder	%	Antal virksomheder	%
High Tech	13	65 %	7	35 %
Medium/ high tech	30	36 %	54	64 %
Medium/ low tech	30	26 %	84	74 %
Low	14	20 %	54	80 %
<b>Total</b>	<b>87</b>		<b>199</b>	

Tabel 4: Virksomhedens teknologiintensitet og anvendelse af AM-teknologi

## 5.3 Hvilke typer af teknologier anvendes

Langt størstedelen af de virksomheder, som bruger AM-teknologi, anvender FDM og SLA-baseret teknologi (figur 4). Nogle virksomheder har kun en teknologi, imens andre har en kombination af flere. Eksempelvis anvender 6 virksomheder stereolithography (SLA) som den eneste teknologi, imens de resterende 6 angivne SLA-brugere, anvender teknologien i forbindelse med en eller flere AM-teknologier. Flere virksomheder anvender således en kombination af mere end en AM-teknologi. Her viser sig et mønster, hvor specielt virksomheder der anvender SLA også bruger andre AM-teknologier såsom polyjet, indirekt inkjet printing, selective laser melting (SLM). Den tredje mest udbredte teknologi er Selective Laser Sintering (SLS) teknologien.





Figur 4: Anvendte teknologityper

Ved en nærmere gennemgang af de 58 virksomheder, som anvender en eller flere AM-teknologityper, ses at der er 8 virksomheder, der anvender 2 teknologityper. 1 virksomhed anvender 3 teknologier, mens der er 3 virksomheder, der anvender 4 teknologier og en 1 virksomhed, der anvender 5 AM-teknologityper.

Undersøgelsen viser således, at ud af de virksomheder, der ejer AM teknologi, er det et mindretal af virksomhederne, der anvender 2 eller flere AM-teknologier. Ingen af de deltagende virksomheder anvender Laminated Object Manufacturing (LOM), Laser Engineered Net Shaping (LENS), Electronic Beam Welding (EBW) eller Laser Cladding. Det er således tydeligt at AM-teknologien er centreret omkring få teknologityper.

#### 5.4 Anvendelsesdomæne (produktudvikling, produktionsstøtte & fremstilling af produkter)

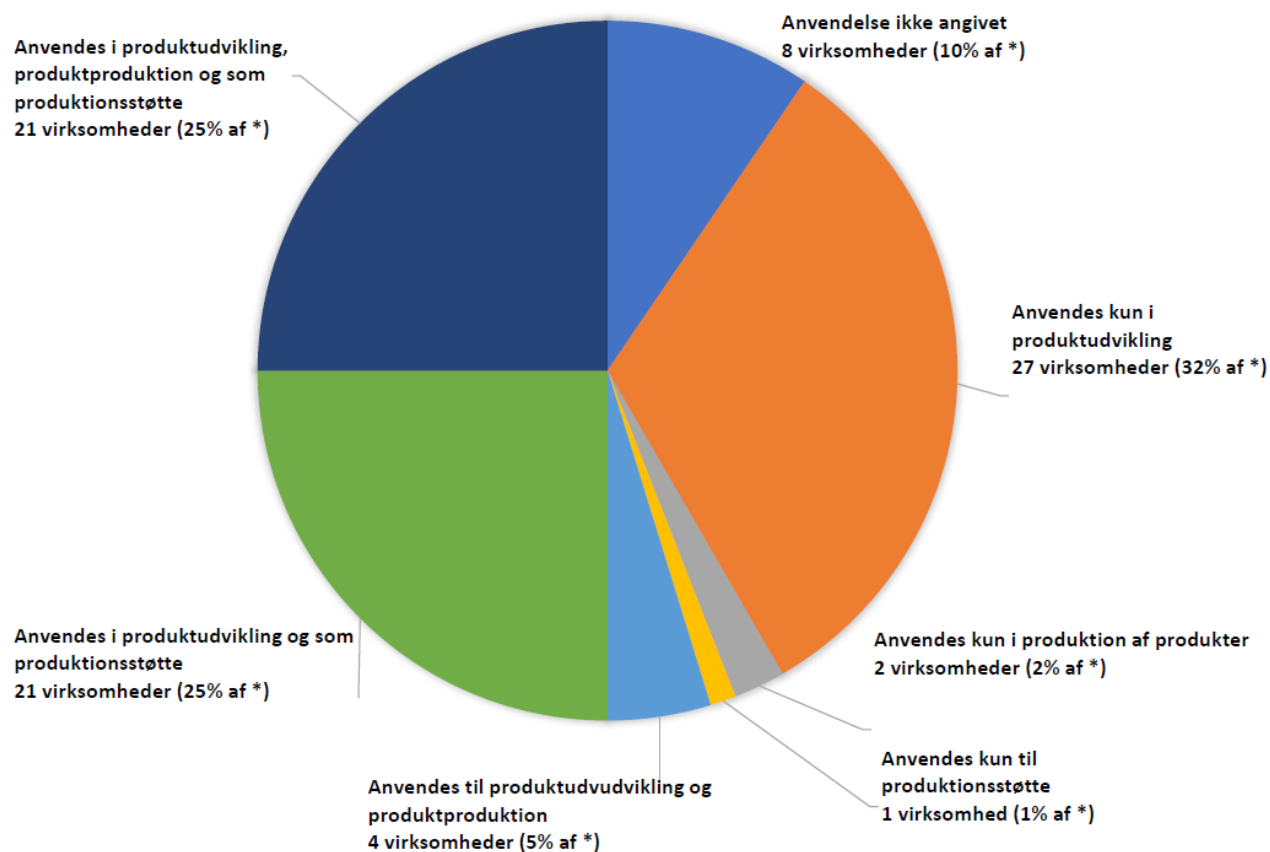
Et interessant aspekt ved AM-teknologi er, at den kan anvendes til en række forskellige formål og i forskellige domæner på tværs af virksomheden. Typisk observeres anvendelsen i tre forskellige domæner.

Domæne	Beskrivelse
Produktudvikling	Prototyping (evt. rapid), AM-printning af prototyper, testmodeller eller 0-serier, og til understøttelse af udviklings- og innovationsarbejde.
Produktionsstøtte	Direct Tooling, AM-printning af støtteværktøjer til den kørende produktion i form af fiksturer, robotgribere, forme o. lign.
Produktfremstilling	Direct Manufacturing, AM-printning af komponenter, der anvendes i deres færdige form (evt. med efterbearbejdning) og færdige produkter.

AM-teknologien anvendes primært i produktudviklingsprocessen, enten alene eller i kombination med andre anvendelsesdomæner. 32 % af virksomhederne anvender udelukkende AM-teknologien til produktudvikling. Yderligere 30 % anvender tillige AM-teknologi inden for andre domæner, og 25% anvender AM-teknologi indenfor alle tre domæner. Ud af de virksomheder, der anvender AM-teknologi er der således 87%, der anvender teknologien til udviklingsrelaterede formål, herunder nogle i kombination med andre domæner.

AM-teknologi anvendes derudover også til produktion af hjælpeværktøjer (produktionsstøtte), hvilket 51% gør (43 virksomheder). Det er kun en enkelt virksomhed (svarende til 1%), der anvender AM-teknologien alene til produktionsstøtte.

32 % af dem, der anvender AM-teknologi (27 virksomheder) anvender AM-teknologien til produktion af færdige produkter, reservedele eller komponenter, oftest i kombination med andre domæner. Der er 2% dem, der anvender AM-teknologi, der kun anvender AM-teknologien til produkt/komponent produktion (2 virksomheder).



Figur 5: Anvendelsesdomæner for AM-printning (\*% af de virksomheder der anvender AM-teknologi)

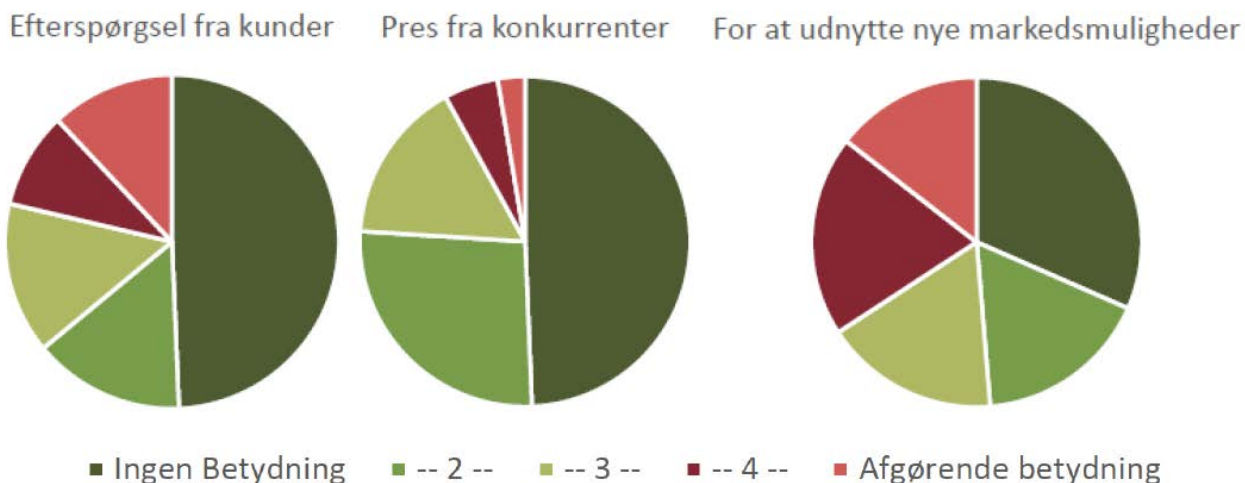
Undersøgelsen peger derfor på, anvendelsen af AM-teknologi hovedsageligt knytter sig til produktudviklingsfasen, enten udelukkende til udvikling eller i kombination med specielt produktion af hjælpeværktøjer. AM-teknologi anvendes i begrænset omfang til reel produktion af færdige produkter eller komponenter.

## 5.5 Motivation for at anvende AM-printere

Undersøgelsen har fokus på kortlægning af både motiverne for at anvende AM-teknologier samt effekterne af implementeringen af AM-teknologi i virksomheden. Dette afsnit har fokus på at indkredse de motiver, der understøtter anvendelsen af AM-teknologi.

### Kunde, konkurrent og marked

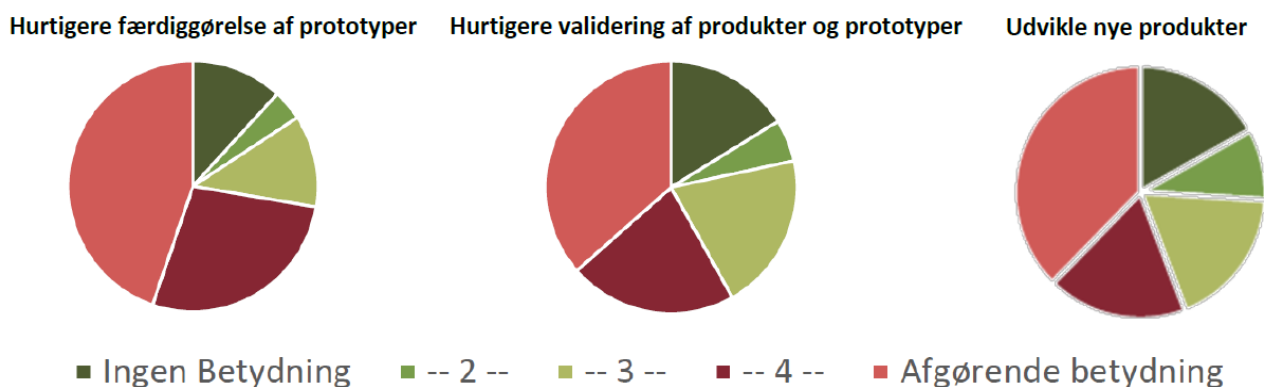
Af eksterne motivationsfaktorer har *udnyttelse af nye markedsmuligheder* haft størst betydning for beslutningen om at anvende AM (figur 6). Derimod har *efterspørgslen fra kunder* og *pres fra konkurrenter* haft langt mindre betydning.



Figur 6: Eksterne motiver for anvendelse af AM-teknologi

### Hurtig produktudvikling; øget hastighed fra produktudvikling til marked

Den væsentligste motivationsfaktor for virksomhedernes anvendelse af AM-teknologi er *hurtigere færdiggørelse af prototyper*, *hurtigere validering af produkter eller prototyper*, samt *udvikling af nye produkter* (figur 7).

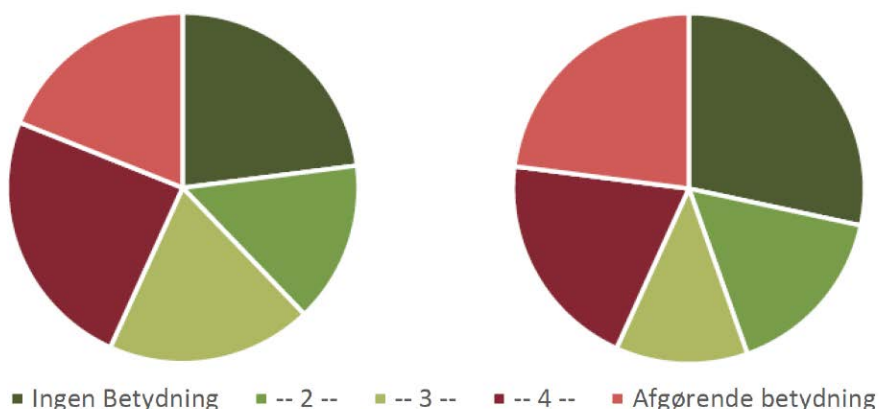


Figur 7: Interne motiver for anvendelsen af AM-teknologi

*Reduktion af time-to-market* og *hurtigere produktion af endelige produkter* vurderes også at være væsentlige, men kun for knap halvdelen af virksomhederne (figur 8).

Reduktion af 'time-to-market'

Hurtigere produktion af produkter

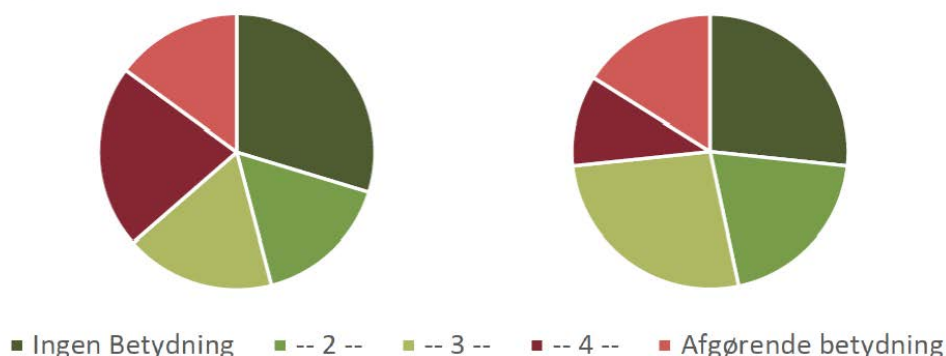


Figur 8: Hastighed som motivationsfaktor for anvendelse af AM-teknologi

Afslutningsvis er en mindre andel af virksomhederne motiverede af at skabe et øget fokus på *kundetilpasning* og *produktkompleksiteten af egne produkter* (figur 9).

Øget fokus på kundetilpassede produkter

Vores produkter er meget komplekse



Figur 9: Motivationsfaktorer knyttet til egne produkter

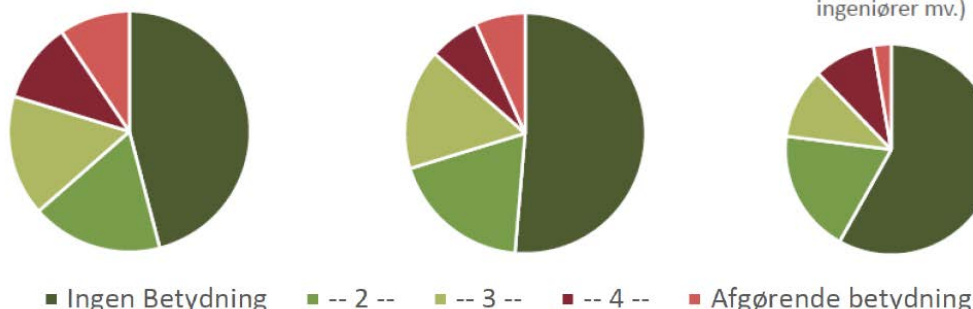
### Kompetencer, medarbejdere og teknologisubstitution

En række faktorer knytter sig til kompetencer i virksomheden og disse har alle kun haft betydning for en meget lille andel af virksomhederne. Det drejer sig om faktorerne *optræning af nye kompetencer*, *tiltrækning af nye kompetencer*, og *substituering af eksisterende teknologi* (figur 10). Motivationsfaktorerne *forbedre omsætningen*, *øge markedsandele*, og *reducere produktionsomkostningerne* har ligeledes begrænset betydning (ikke vist i figurer).

Erstatte eksisterende processer med teknologi

Optræne nye kompetencer

Tiltrækning af nye medarbejdere (lærlinge, ingeniører mv.)



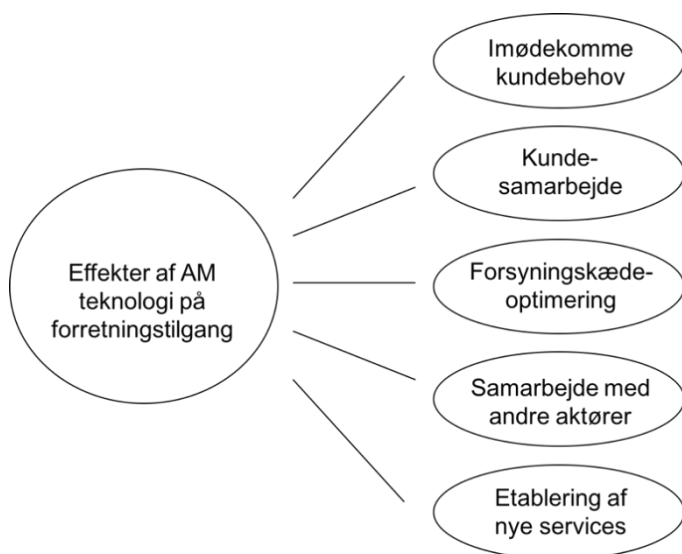
Figur 10: Motivationsfaktorer knyttet til kompetencer og medarbejdere

## 5.6 AM-teknologiens indflydelse på forretningsmodellen

45 % af de virksomheder, som anvender AM-teknologi (38 ud af 84 virksomheder) angiver at anvendelsen af AM-teknologi har haft direkte indflydelse på deres generelle forretningstilgang og forretningsmodel. Flere af disse virksomheder angiver, at de ikke blot har oplevet én, men flere positive effekter på deres forretningstilgang. Af disse virksomheder peger 40 % (15 af de 38 virksomheder) på at anvendelsen af AM-teknologi gør at virksomheden i højere grad kan imødekomme kundernes behov igennem kundetilpassede produkter. 45 % (17 af de 38 virksomheder) angiver, at anvendelse af AM-teknologi har forbedret samarbejdet omkring tilpasning af produkterne med deres kunder.

34 % af virksomhederne (13 ud af de 38 virksomheder) peger på, at de gennem anvendelse af AM-teknologi i produktionen har opnået en optimering af forsyningskæden enten gennem reduceret lead-time eller reduktion af antallet af leverandører. Ligeledes oplever 34 % af virksomhederne et forbedret samarbejde med andre aktører, herunder underleverandører.

Omkring 29 % af virksomhederne (11 ud af de 38 virksomheder) svarer, at det har været muligt at etablere nye services (konsulentydelse og/eller rådgivning) med afsæt i anvendelse af teknologien. Næsten alle virksomheder, der anvender AM-teknologier, angiver at deres forretningstilgang også er blevet ændret på andre parametre end de ovenstående. Det er således tydeligt, at implementering af AM-teknologi har haft en positiv indflydelse på virksomhederne, uagtet niveau og omfang af teknologianvendelsen. De vigtigste effekter er opsummeret i figur 11.



Figur 11: Effekter af AM-teknologi på forretningstilgangen

## 5.7 Investering i teknologien.

En mulig forklarende faktor for de oplevede effekter kan være investeringsomfanget. Derfor blev virksomhederne spurgt til, hvor meget de har investeret i AM-teknologi, henholdsvis i udstyr, ydelser og uddannelse. Derudover svarede virksomhederne på deres forventninger til, hvorvidt de i den nærmeste fremtid forventer yderligere investeringer indenfor de tre områder; udstyr, ydelser og uddannelse.

Investeringsintervaller	Anskaffelse af udstyr	Køb af ydelser	Udgifter til uddannelse
Ingen investering	38 %	37 %	70 %
0-25.000	19 %	29 %	18 %
25.001-100.000	17 %	24 %	10 %
100.001-250.000	13 %	8 %	2 %
250.000+	13 %	2 %	0 %
SUM, total	100 %	100 %	100 %

Tabel 5: Investering i forskellige områder relateret til AM-teknologi

53 virksomheder besvarede spørgsmålene omkring deres investeringer i AM-teknologi. Ikke overraskende er udstyr den væsentligste investering. Hovedparten af investeringerne ligger under 250.000 DK. De angivne investeringer er opgivet for seneste regnskabsår, og kan således dække over køb af mere end en maskine. Selv når *køb af ydelser* og *uddannelse* medtages, holder investeringerne sig under 100.000 DK. Det er tydeligt, at investering i AM-relateret uddannelse har lavere prioritet.

38% af virksomhederne har ikke haft yderligere investeringer i form af anskaffelse af udstyr det seneste regnskabsår, og der ses en overvægt af mindre investeringer på under 250.000 DK. 63% af virksomhederne har ikke haft investeringer i AM-ydelser hos eksterne samarbejdspartnere og det er også tydeligt, at investeringer i uddannelse af personale ligger lavt. Der er således kun 30 % af virksomhederne, der har investeret i uddannelse (i seneste regnskabsår).

40 % af virksomhederne (31 ud af 78 svar) forventer at skulle investere i AM teknologi (udstyr/ydelser/uddannelse). Dette antal kan både inkludere virksomheder med og uden eksisterende AM-teknologi eller kompetencer. 71 % forventer, at de vil investere i udstyr, og 71 % at de vil investere i ydelser. Kun 32 % forventer at skulle investere i uddannelse.

## 5.8 Fremtiden – forventninger og muligheder

Virksomhederne i undersøgelsen blev bedt om at prioritere en række strategiske teknologiområder alt efter hvor vigtige de er for virksomhedens fremtidige konkurrenceevne. Der er i valget af teknologier taget udgangspunkt i den nuværende debat omkring fremtidens produktion, industri 4.0, og betydningen af f.eks. digitalisering og nye teknologier (som AM-teknologi).

Virksomhederne har rangeret de enkelte områder som enten 1., 2. eller 3. prioritet. Tallene er således antallet af prioriteringer inden for hvert tema.

Prioritet	Strategiske områder, der vil være vigtige for virksomhedens konkurrenceevne							
	Robotter og andre former for automatisering	Produktinnovation	Digitalisering og optimering af andre dele af værdikæden	Digitalisering af produktionen	AM-teknologi	Big data og analyse af data	Internet of Things (senser i produkter og processer)	Ingen af de nævnte
1	49 %	46 %	18 %	29 %	8 %	9 %	7 %	25
2	27 %	34 %	51 %	40 %	29 %	33 %	35 %	15
3	24 %	20 %	31 %	31 %	63 %	58 %	57 %	52
<b>Total (antal)</b>	<b>201</b>	<b>188</b>	<b>184</b>	<b>178</b>	<b>127</b>	<b>123</b>	<b>122</b>	<b>92</b>

Tabel 6: Strategiske teknologiindsatser for virksomhedernes fremtidige konkurrenceevne

De vigtigste observationer er:

- Robotter & automatisering samt produktinnovation har de største andele af førsteprioriteter, samt flest nomineringer.
- Digitalisering af både produktionen og værdikæden har flest 2. prioriteter.
- AM-teknologi er det tema, der har flest 3. prioriteter.

Fremtidens produktion bestående af automation og digitalisering er forankret i produktionsvirksomhedernes opfattelse af, hvad der vil have betydning for deres konkurrenceevne. Robotter & automation, digitalisering samt innovation udgør klart den gruppe af strategiske områder virksomhederne prioriterer højst. AM-teknologi, Big Data & dataanalyse samt Internet of Things tiltrækker ikke samme opmærksomhed i undersøgelsen.

Virksomhederne blev dernæst spurgt til, hvor beslutningskompetencen for fremtidige investeringer i ny teknologi ligger (Tabel 7). AM-teknologi vil for mange virksomheder anses som ny teknologi. Beslutningskompetencen defineres som indenfor R&D, Produktion, Salg og den øverste ledelse i virksomheden. Kompetencen kan vedrøre indkøb af teknologi, implementering af teknologien og uddannelse.

	Beslutningskompetence vedr. nye teknologi			
	R&D	Produktion	Salg	CEO/Ledelse
Implementering af ny teknologi	11 %	20 %	2 %	67 %
Investering i ny teknologi	8 %	18 %	0,3 %	73,7 %
Uddannelse med fokus på ny teknologi	12 %	24 %	1 %	63 %

Tabel 7: Beslutningskompetence ved køb af ny teknologi

Det er entydigt ledelsen, der har beslutningskompetencen for alle beslutninger vedr. ny teknologi, uanset om det vedrører investering, implementering eller uddannelse. Det fremgår også, at det er produktionen, der primært støtter i beslutningsprocessen, efterfulgt af R&D. Dette er dog ikke samme som at det er ledelsen, der tager initiativ til investeringen (se afsnit 6 og 7).

# 6 AM-kompetencer i Danmark

Der opbygges nu en model til at forstå udviklingen af virksomhedernes kompetencer til at anvende AM-teknologi. Denne model tager afsæt i 3 dimensioner:

- Anvendelsesdomæner, i hvor mange domæner anvendes teknologien
- Har virksomheden egne maskiner eller købes ydelsen hos en leverandør
- Udnyttet potentiale af teknologien (virksomhedens egen vurdering).

Udgangspunktet for opbygningen af modellen er at virksomheder, der tilkøber en AM-printydelse hos en underleverandør, har et lavere kompetenceniveau end en virksomhed, der køber en maskine og anvender den i dagligdagen. Tillige antager vi at en virksomhed, der anvender teknologien i flere domæner, har et højere kompetenceniveau end en virksomhed, der kun anvender teknologien i ét domæne (f.eks. prototyping). Dette afsnit sætter derfor fokus på sammenhængen mellem virksomhedernes kompetenceprofil (som udviklet i modellen), anvendelsesdomæne(r) samt indflydelse på virksomhedernes forretningsmodel og innovationsniveau.

## 6.1 AM printteknologisk kompetence

I undersøgelsen har virksomhederne svaret på en række spørgsmål vedrørende deres anvendelse og tilgang til AM-teknologi. Tabel 8 illustrerer de forskellige kompetenceniveauer og beskriver dem.

AM-kompetenceprofil	AM-aktivitetsniveau	Beskrivelse
In-house og outsourcing	Ejer, leaser AM-teknologi og tilkøber AM ydelser	Virksomheden både ejer (og/eller leaser) AM-teknologi, og tilkøber samtidig ydelser fra eksterne serviceudbydere*1. Virksomheden har således en AM-teknologisk platform med tilhørende kompetencer, som suppleres med services fra eksterne samarbejdspartnere.
In-house	Ejer AM-teknologi	Virksomheden ejer AM-teknologi og anvender teknologien internt og har derved opbygget egne kompetencer.
	Leaser AM-teknologi	Virksomheden leaser AM-teknologi fra ekstern partner, men anvender teknologien internt og opbygger kompetencer.
Outsourcing	Tilkøber AM ydelser	Virksomheden tilkøber ydelser fra ekstern serviceudbyder*1, men har ikke egne AM-kompetencer.
Non-user (Ingen kompetencer)	Tilkøber, leaser eller ejer AM-teknologi, uden anvendelse	Har været i kontakt med AM-teknologi, men har ingen umiddelbar anvendelse af teknologien.
	Anvender ikke AM-teknologi	Har lavt eller intet kendskab til AM-teknologi.

\*1: Serviceudbydere er professionelle ejere af AM teknologiske ydelser, hvor virksomheden kan købe prints, rådgivning eller uddannelse.

Tabel 8: AM-teknologikompetencer



Ovenstående benævnelser for virksomhedernes AM teknologiske kompetenceniveau anvendes herefter i rapporten.

## 6.2 Anvendelsesdomæne og potentiale udnyttelse

I det følgende anvendes igen de tre anvendelsesdomæner, der blev introduceret i starten af rapporten; Produktudvikling, Produktionsstøtte og Produktproduktion. Tabel 9 viser definitionen af disse domæner.

Anvendelsesdomæne	Beskrivelse
Produktudvikling	Prototyping (evt. rapid), AM-printning af prototyper, testmodeller eller 0-serier, til understøttelse af udviklings- og innovationsarbejde.
Produktionsstøtte	Direct Tooling, AM-printning af støtteværktøjer til den kørende produktion i form af fiksturer, robotgribere, forme o. lign.
Produkt produktion	Direct Manufacturing, AM-printning af komponenter, der anvendes i færdige form (evt. efterforarbejdning), enten som færdige produkter eller komponenter.

Tabel 9: Anvendelsesdomæner for AM-teknologi

I alle tilfælde er det ikke givet, at AM-teknologien udnyttes til sit fulde potentiale. Det er fuldt ud tænkeligt, at en virksomhed fx køber en printer, men at den kun anvendes i meget begrænset omfang. I det tilfælde udnyttes potentialet kun i begrænset omfang. De deltagende virksomheder har angivet i hvilken grad potentialet for AM-teknologien udnyttes som enten lav (1), mellem (2) og høj (3) udnyttelse.

## 6.3 Model for virksomhedernes AM-kompetencer

Når vi sammenstiller domæne, udnyttelsesgrad og teknologitype kan en virksomheds AM-kompetencer identificeres. Kombinationerne udgør herefter (se også figur 12):

### Niveau 1: Ingen kompetencer

Indledningsvis ses det, at 74.8% af de deltagende virksomheder ikke anvender AM-printning og derfor er på det laveste kompetenceniveau. Disse virksomheder har ingen teknologiske AM-kompetencer.

### Niveau 2: Tilkøb af teknologiske AM-kompetencer (Outsourcing)

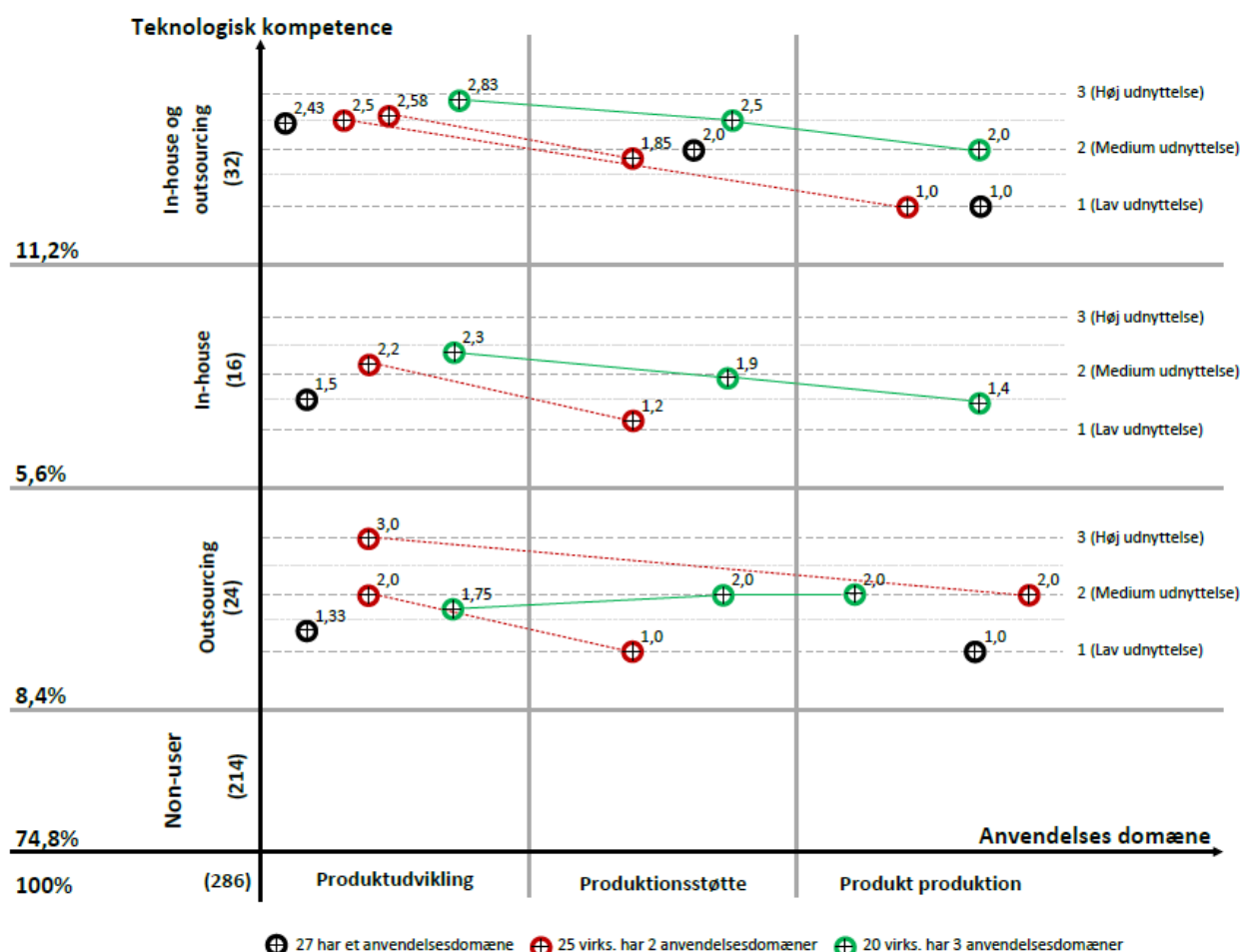
I niveau 2 anvender virksomhederne AM-teknologi igennem køb af ydelser hos en underleverandør. 8.4% af virksomhederne er på niveau 2. Når der anvendes outsourcing er det typisk meget få medarbejdere i organisationen, der er involveret i anvendelsen af teknologien. Dette gør, at udnyttelsen af potentialet er mere afhængigt af de involverede medarbejdergrupper.

### Niveau 3: Teknologiske AM-kompetencer udviklet in-house (In-house)

På niveau 3 har virksomhederne indkøbt teknologi til anvendelse in-house. Dette giver virksomheden mulighed for at inddrage flere medarbejdergrupper i anvendelsen af teknologien.

#### Niveau 4: Fuldt udviklede teknologiske AM-kompetencer (In-house + Outsourcing)

De resterende 11,2% af virksomhederne kombinerer interne teknologiske kompetencer med tilkøb af services fra eksterne leverandører. Disse virksomheder har den mest nuancerede tilgang til anvendelse af AM-teknologi.



Note: figuren aflæses som en kombination af køb af ydelse, inhouse anvendelse; type af domæne (produktudvikling, produktionsstøtte, produktproduktion; og udnyttelsesgrad (høj, mellem, lav). Tallene i figuren f.eks. 3.0 angiver gennemsnittet for den pågældende kombination for udnyttet potentiale. 3.0 angiver derfor at alle oplever høj udnyttelse.

Figur 12: AM printteknologisk kompetencemodel

Det ses, at kun ca. 17% af produktionsvirksomhederne ejer AM teknologi. 75 % af virksomhederne er ikke brugere, hvilket enten kan være fordi det ikke relevant for den pågældende virksomhed eller at virksomheden ikke har afdækket et aktuelt potentiale.

#### Anvendelsesdomæner og kompetence

Modellen viser forskellene indenfor anvendelsesdomænerne både i hvilke og hvor mange domæner, virksomhederne er involverede i (aflæses i de lodrette kolonner).

- Der er således 37% af virksomhederne (27 ud af 72), der kun anvender AM indenfor **ét** domæne (de sorte markeringer i figuren). Det er tydeligt, at det ene domæne i **alle** tilfældene tager udgangspunkt i "produktudviklingsdomænet".
- 35% af virksomhederne (25 ud af 72) anvender AM teknologi indenfor **to** anvendelsesdomæner (de røde markeringer).

- Endelig anvender 28% af virksomhederne (20 ud af 72) AM-teknologi indenfor alle **tre** anvendelsesdomæner.

*Det ses således, at næsten  $\frac{3}{4}$  af virksomhederne, der anvender AM teknologi, primært benytter AM teknologien i et eller to anvendelsesdomæner. Det domæne, hvor AM-teknologien anvendes mest er produktudvikling.*

### **Udnyttet potentiale ved anvendelse af AM-teknologi**

Når sammenhængen imellem det oplevede potentiale og udnyttelse analyseres på tværs, af de tre domæner ses, at virksomhederne oplever det højeste realiserede potentiale indenfor produktudvikling. Den næsthøjeste udnyttelse af potentialet findes i produktionsstøttedomænet (fremstilling af fixturer, griber og forme), mens den laveste udnyttelse af potentiale findes indenfor Produktproduktionsdomænet. Denne vurdering er uafhængig af om virksomhederne anvender AM-teknologi indenfor en, to eller tre domæner. Dette aflæses i figuren af kurvernes fald fra venstre mod højre (fra produktudvikling mod produktproduktion).

*Det ses således, at de deltagende virksomheder oplever størst udnyttet potentiale ved at anvende AM-teknologien til produktudvikling og udviklingsformål. Tilsvarende ses, at fremstilling af produkter eller komponenter har den laveste oplevede udnyttelse af potentiale.*

### **Den samlede model for AM-teknologisk kompetence**

Generelt er udnyttelsen af potentialet højere jo flere anvendelsesdomæner virksomhederne anvender AM-teknologi indenfor. Modellen viser således, at virksomheder, der kun anvender AM teknologien indenfor ét domæne (de sorte markører), har en markant lavere udnyttelse af det potentiale der ligger i teknologien sammenlignet med virksomheder, der anvender indenfor alle tre domæner (de grønne markører). Selv de virksomheder, der anvender AM-teknologi indenfor to domæner ligger under dem, som anvender i alle tre domæner.

*Således viser analysen, at jo mere intensivt virksomhederne anvender AM-teknologien og dermed jo flere teknologiske kompetencer, de udvikler, desto højere er den oplevede udnyttelse af potentialet, både i det enkelte anvendelsesdomæne, og på tværs af de tre domæner.*

Modenhedsmodellen viser yderligere at jo højere kompetenceniveau virksomhederne har, desto højere er det udnyttede potentiale. Det peger på, at de virksomheder som køber AM ydelser, har et gennemsnitligt lavere niveau for oplevet udnyttet potentiale end de virksomheder der både køber og ejer teknologien. Præcist disse virksomheder, der benytter sig af interne og eksterne AM-muligheder oplever den højeste udnyttelse af potentialet ved AM-teknologien.

*Det ses således, at virksomhederne, der opbygger teknologisk kompetence igennem både ejerskab af AM-teknologi og samarbejde med eksterne leverandører af services har en markant højere udnyttelse af det teknologiske potentiale, på tværs af alle domæner.*

# 7 AM-kompetencer og virksomhedskarakteristika

---

Dette afsluttende kapitel analyserer sammenhængen mellem AM-kompetenceniveau og en række nøglevariable.

- Virksomhedens størrelse ([afsnit 7.1](#))
- Branchens teknologiintensitet ([afsnit 7.2](#))
- Innovation, henholdsvis produkt (inkrementel/radikal) og procesinnovation ([afsnit 7.3](#))
- Medarbejderinvolvering og teknologiadgang ([afsnit 7.4](#))
- Indflydelse på forretningstilgang ([afsnit 7.5](#))
- Fremtidige investeringer i udstyr ([afsnit 7.6](#))

## 7.1 Virksomhedens størrelse

Umiddelbart har virksomhedens AM-teknologiske kompetence ingen sammenhæng med virksomhedens størrelse. Virksomhederne fordeler sig med ca. 1/3 i størrelsesintervallerne, 20-49, 50-99, 100-199. De virksomheder, der enten køber deres AM-kompetencer eller ikke arbejder med AM (niveau 1 & 2), udgør en større andel af de mindre virksomheder (med op til 100 medarbejdere).

Virksomhedens størrelse i forhold til AM-kompetencer	Antal i gruppen	Størrelse (antal medarbejdere)			
		20-49	50-99	100-199	200+
Niveau 4: Inhouse + outsourcing	30	30%	33%	27%	10%
Niveau 3: Inhouse	15	33,3%	33,3%	33,3%	0%
Niveau 2: Outsourcing	24	29%	46%	17%	8%
Niveau 1: Non-user	214	54%	21%	14%	11%

Tabel 10: Virksomhedens størrelse sammenholdt med AM kompetence

*Det ses, at virksomhedens størrelse ikke er relateret til deres evne til at opbygge teknologisk kompetence indenfor AM, idet vi observerer en jævn fordeling på tværs af virksomhedskategorierne fra 20 til 200 medarbejdere. Den gennemsnitlige virksomhed, som arbejder med AM-teknologi, er større målt på medarbejdere end både dem, der ikke har AM kompetence, og dem der slet ikke arbejder med teknologien.*

## 7.2 Teknologiintensitet

De virksomheder, der arbejder med AM har en højere teknologiintensitet (tabel 11) sammenlignet med dem, der ikke har AM kompetencer. Yderligere er det tydeligt, at de virksomheder, som ejer AM teknologien (niveau 3), har en højere andel i 'high tech' og 'medium/high tech' end dem, der tilkøber AM ydelser. Således er der en positiv sammenhæng mellem virksomhedernes AM kompetenceprofil og virksomhedens teknologiintensitet. Analysen kan dog ikke vise, hvorvidt det er teknologisk udviklede virksomheder, som har større tendens til at adoptere AM printteknologi – eller omvendt.

Virksomhedens forhold til AM-kompetencer	Antal virksomheder	Teknologiintensitet			
		high tech	medium/high tech	medium/low tech	low tech
Niveau 4: Inhouse + outsourcing	30	16,7%	43,3%	23,3%	16,7%
Niveau 3: Inhouse	15	13,3%	40%	40%	6,7%
Niveau 2: Outsourcing	24	18,2%	27,2%	36,4%	18,2%
Niveau 1: Non-user	214	4,2%	26,6%	43%	26,2%

Tabel 11: Virksomhedens teknologiintensitet sammenholdt med AM-kompetence (Beregnet som den kumulerede %-fordeling)

Resultaterne viser, at virksomheder der arbejder med AM teknologi, enten via egne kompetencer eller som tilkøbte ydelser, har en højere teknologiskintensitet. Samlet viser resultaterne, at virksomheder af alle størrelser kan arbejde med AM-teknologi og udvikle teknologiske kompetencer.

### 7.3 Innovation

AM-printteknologien er i sin natur en innovativ teknologi, der er født digital. Derfor er de afledte innovative effekter for virksomhederne både interessante og relevante at undersøge. Innovation opdeles i denne sammenhæng i henholdsvis produktinnovation og procesinnovation. Et færdigt innovativt produkt kan både være inkrementel eller radikal i dets nyhedsgrad. En radikal innovation er kendetegnet ved at være ny for markedet (eller verden).

I tabel 12 vises den procentvise andel af henholdsvis produkt- og procesinnovation (udviklet i perioden 2015-2017) for de fire AM-kompetenceniveauer. Under produktinnovation skelnes der yderligere mellem hhv. inkrementel og radikal innovation.

Virksomhedens forhold til AM-kompetenceniveau	Produkt innovation		Proces innovation
	Inkrementel	Radikal	
Niveau 4: Inhouse + outsourcing	81%	56%	47%
Niveau 3: Inhouse	81%	50%	63%
Niveau 2: Outsourcing	75%	54%	29%
Niveau 1: Non-user	52%	24%	22%

Tabel 12: Virksomhedens innovationsniveau sammenholdt med AM kompetence

Analysen viser, at der er en signifikant højere andel af virksomhederne, der er produktinnovative når de har AM-kompetencer (niveau 2-4) sammenlignet med niveau 1. Over 80% af virksomhederne på niveau 3 og niveau 4 har gennemført inkrementelle innovationer i perioden fra 2015-2017. For de virksomheder, der køber AM-kompetencer hos leverandører (niveau 2) er næsten 25% flere virksomheder innovative end dem, der ikke anvender AM teknologi (niveau 1). For radikal innovation er omkring 50% af virksomhederne på niveau 2 til 4 innovative, sammenlignet med kun 24% for virksomhederne på niveau 1. Der er altså en klar sammenhæng mellem AM teknologiske kompetencer og evnen til at realisere produktinnovationer på både inkrementelt og radikalt niveau.

I forhold til sammenhængen mellem AM-kompetenceprofil og procesinnovation er billedet en smule anderledes. Her tegner sig et billede af, at de virksomheder, der ejer deres AM-kompetencer (niveau 3 og 4), er bedre til at implementere ny teknologi og omsætte denne til procesinnovation (imellem 47%-63%). Kun 22%-29% af de virksomheder, der ikke har teknologien i huset har reali-

seret procesinnovation (2015-2017). Disse resultater understøtter, at virksomheder, der er succesfulde med at implementere innovative teknologier som fx AM-teknologi også er bedre til at omsætte disse til processer med implementering af andre teknologier (kendt som procesinnovation).

Undersøgelsen viser, at der er en positiv sammenhæng mellem AM-kompetencer og innovation, men kan ikke sige noget om kausaliteten – altså skyldes det høje innovationsniveau *enten* at det er specifikke typer af innovative virksomheder, der arbejder med AM *eller* at AM-teknologien gør virksomhederne mere innovative.

Gentages analysen nu for virksomhederne baseret på hvor mange domæner, de anvender AM-teknologien i (fremfor deres kompetenceniveau), så ses også her en sammenhæng med produkt- og procesinnovation.

Virksomhedens AM-aktiviteter ift. anvendelsesdomæner; produktudvikling, produktionsstøtte og produktproduktion	Produkt innovation		Proces innovation
	Inkrementel	Radikal	
Anvender AM i alle tre	85%	65%	60%
Anvender AM i to*	88%	72%	52%
Anvender AM i en*	66%	30%	26%
Ingen	52%	24%	22%

Note: \*, det er uspecificeret hvilke anvendelsesdomæner der anvendes AM i.

**Tablet 13: Anvendelsesdomæner sammenholdt med innovationsniveau**

Det ses, at når virksomhederne anvender AM-teknologi indenfor 2 eller 3 domæner har de et markant højere produktinnovationsniveau end for anvendelse i et domæne eller ingen. Virksomheder med højere anvendelse af AM-teknologi er således mere succesfulde i at færdiggøre deres produktinnovationer. Dette gør sig gældende for både inkrementel og radikal innovation.

Tilsvarende ses, at virksomheder, der arbejder med AM-teknologi i 2 eller 3 anvendelsesdomæner, også har en væsentlig højere grad af procesinnovation end virksomheder, der anvender teknologien i et domæne eller ikke anvender den. Der er bred enighed om at avanceret teknologi og evnen til at producere med automation og teknologi er kilde til at bevare og styrke konkurrencekraften i fremstillingsindustrien i højomkostningslande (Schwab, 2017), hvilket også gør sig gældende for innovative virksomheder.

*Således ses, at ejerskab samt anvendelse af AM-teknologi i flere anvendelsesdomæner er relateret til virksomhedernes evne til at skabe produktinnovation og implementere nye teknologier; procesinnovation. Specielt gælder det, at virksomheder, der ejer deres AM-kompetencer og anvender AM til både produktudvikling, fremstilling af værktøjer/fixtures mv. og produkt/komponentfremstilling, er signifikant mere radikalt produktinnovative, hvilket potentielt kan skabe øget konkurrencekraft.*

## 7.4 Medarbejderinvolvering

Undersøgelsen har kortlagt hvilke funktioner og medarbejdergrupper, der har adgang til eller er involveret i anvendelsen af AM-teknologien i virksomheden. Tallene i tabel 14 er optællinger af hvor mange virksomheder, der i hver type har krydset ja.

Virksomhedens forhold til AM-kompetenceniveau	Funktioner med adgang til AM i virksomheden						Indeks SUM
	Udvikling	Produktion	IT	Salg	Indkøb /ADM/HR	Ledelse	
Niveau 4: Inhouse + outsourcing	15	9	4	7	4	7	46
Niveau 3: Inhouse	13	3	3	1	1	3	24
Niveau 2: Outsourcing	16	4	0	3	0	4	27
Niveau 1: Non-user	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 14: Funktioner med adgang til AM i virksomheden sammenholdt med AM-kompetence

Resultaterne viser - ikke overraskende - at det primært er udviklingsmedarbejdere, der er involveret i anvendelse af AM-teknologien. Dette er i overensstemmelse med, at det mest anvendte AM anvendelsesdomæne er produktudvikling og udvikling. Dernæst er det produktionsmedarbejdere, der har adgang til virksomhedens AM-teknologi. Dette understøtter at det næst mest anvendte AM-domæne er fremstillingen af fixturer, værktøjer og lign. Yderligere er det interessant at der tydeligvis er en forankring i ledelsen, hvilket kan indikere forankring i virksomhedens strategi.

Det ses også at jo højere AM-kompetenceniveau, des flere medarbejdere er involveret i AM arbejdet. Dette indikerer en bredere forankring i virksomheden. Det er signifikant at de virksomheder med højest AM kompetenceniveau (dem der både ejer og køber) både har højeste indekstal og stærkest forankret AM-kompetencer i virksomheden.

*Det ses således at AM-teknologien hovedsageligt ligger hos udviklings- og produktionsmedarbejdere, og at ledelsen tilsyneladende også er involveret i virksomhedernes AM arbejde. Derudover er det tydeligt at jo højere AM-kompetence virksomhederne har, jo bredere forankret er teknologien blandt virksomhedens medarbejdere, både ift. funktioner og antal.*

## 7.5 Indflydelse på forretningstilgangen

Undersøgelsen viser en klar tendens til at virksomhedens AM-kompetenceniveau har påvirket virksomheden forretningstilgang. Således har de virksomheder med højest AM modenhed, primært dem der ejer AM teknologi, oplevet størst indflydelse på deres forretningstilgang. Tilsvarende er det som det fremgår af tabel 15 også de virksomheder med højest AM kompetenceniveau, der forholdsmeæssigt har det højeste niveau indenfor de enkelte effekter på forretningstilgangen.

Det er tydeligt at AM-teknologien understøtter og udvikler virksomhedernes evne til at imødekomme kundens behov igennem mere kundetilpassede produkter. Dette sker både direkte igennem enkelte produkter, men også gennem samarbejdet, fx igennem udviklingssamarbejde. Det er specielt interessant at hos de virksomheder der ejer deres AM-kompetence træder 'etablering af nye services' frem som en væsentlig effekt.

Virksomhedens forhold til AM-kompetenceniveau	AM har haft indflydelse på forretningstilgang	Effekter på forretningstilgang forårsaget af AM i virksomheden...				
		Imødekomme kundebehov igennem kundetilpassede produkter	Forbedret samarbejde om kundetilpassede produkter	Optimering af forsyningskæden	Forbedret samarbejde med andre aktører	Etableret nye services
Niveau 4: Inhouse og outsourcing	63%	11	8	8	7	5
Niveau 3: Inhouse	56%	7	5	2	3	5
Niveau 2: Outsourcing	29%	3	4	3	2	0
Niveau 1: Non-user	-	-	-	-	-	-

Tabel 15: Indflydelse på virksomhedens forretningstilgang sammenholdt med AM kompetence (Tallene i nedenstående tabel er forholdstal)

Det ses således at det at eje sin AM-kompetence har direkte indflydelse på hvordan virksomhederne oplever indflydelse på deres forretningstilgang, med fokus på øget kundesamarbejde og kundetilpassede produkter.

Det er meget tydeligt at de virksomhederne højest AM-kompetenceniveau, både oplever størst indflydelse på forretningstilgangen, og samtidig oplever flest effekter. Nye services ser ud til at være en yderligere effekt ved AM-teknologien.

## 7.6 Fremtidige investeringer

Undersøgelsen peger på at viljen/Lysten til at investere i AM-printteknologi ikke er betinget af virksomhedens AM-kompetenceniveau. Lidt over en tredjedel (25 ud af 72) af de virksomheder, som arbejder med AM-teknologi, forudser yderligere fremtidige investeringer.

Der er derimod en signifikant højere andel af virksomheder der anvender AM-teknologi indenfor flere anvendelsesdomæner, som forudser yderligere investeringer i fremtiden. 36% af de virksomheder der anvender AM-teknologi indenfor 2 anvendelsesområder forudser flere fremtidige investeringer. For de virksomheder der anvender teknologien til både produktudvikling (RPT), produktionsstøtte (værktøjer, fixturer mv.) og produkt/komponent produktion, er andelen hele 60%.

Virksomhedens forhold til AM kompetenceniveau	Antal i kompetence gruppe	Andel af virksomheder der forventer fremtidig investering indenfor AM-teknologien	Type af investering			
			Udstyr	Køb af ydelser	Uddannelse	
Niveau 4: Inhouse + outsourcing	32	12	38%	11	8	8
Niveau 3: Inhouse	16	5	31%	7	5	2
Niveau 2: Outsourcing	24	8	34%	3	4	3
<b>SUM</b>	<b>72</b>	<b>25</b>	-	-	-	-

Tabel 16: Fremtidige investeringer sammenholdt med AM-kompetence



Antal anvendelsesdomæner	Antal i kompetence gruppe	Andel af virksomheder der forventer fremtidig investering indenfor AM-teknologien	Type af investering		
			Udstyr	Køb af ydelser	UDD
3	20	12 (60%)	10	6	7
2	25	9 (36%)	7	5	2
1	27	4 (15%)	1	8	0
<b>SUM</b>	<b>72</b>	<b>25</b>	-	-	-

Tabel 17: Fremtidige investeringer sammenholdt med antal anvendelsesdomæner

I tillæg til ovenstående er virksomhederne blevet spurgt om hvad de forventer at investere i; udstyr, ydelser eller i uddannelse indenfor AM-området. Virksomhederne forventer primært at investere i udstyr og køb af ydelser. Der er dog en klar tendens til at virksomheder, der enten er AM modne (både ejer og køber AM kompetencer) eller anvender AM indenfor flere anvendelsesdomæner, i højere grad forventer yderligere investering indenfor AM. Samtidig hermed forventes investeringerne at fordele sig bredt imellem udstyr, ydelser og uddannelse.

*Det ses således at når virksomhederne først har introduceret AM-teknologi i virksomheden er der en relativ høj forventning til yderligere investering, i primært udstyr og AM-ydelser. Det ses yderligere at hvis virksomheden både ejer og køber AM-kompetencer samt at AM anvendes indenfor flere domæner, vil forventningerne til at investere bredt indenfor udstyr, ydelser og uddannelse være høj.*

Fra de opfølgende casestudier, med virksomheder der anvender AM teknologi, fremkom flere interessante udsagn i relation til fremtidige investeringer. Det udprægede fokus som virksomhederne har på forventede investeringer i udstyr og ydelser, og ikke uddannelse understøttes af flere fortællinger om hvordan medarbejderne "leger" med 3D printerne og søger inspiration på internettet, specielt gennem YouTube.

# 8 Cases

---

For at eksemplificere, understøtte og konkretisere nogle af undersøgelsens hovedpointer gennemførtes yderligere besøg og interviews af 5 af de produktionsvirksomheder, der deltog i undersøgelsen. Case præsentationen suppleres med en række inspirationspunkter, der rækker på tværs af undersøgelse og kan inspirere danske produktionsvirksomheder i deres overvejelse omkring implementering af AM-teknologi.

## 8.1 CASE-1: Jydsk Emblem Fabrik A/S (JEF)

Jydsk Emblem Fabrik A/S blev stiftet i 1886 og har siden produceret emblemer, pokaler og medaljer. Desuden producerer de uniformtilbehør primært til Forsvaret og andre offentlige institutioner. JEF har offentlige såvel som private kunder fordelt over hele Skandinavien.

JEF har en bred produktportefølje med mange standardprodukter, men producerer også en række specialleverancer samt små eksklusive serier. Leveringsdygtighed og kvalitet er for en stor del af JEFs kunders vedkommende en vigtig parameter.

Opstarten med AM-teknologi i slutningen af 2017 tog afsæt i en medarbejders interesse for teknologien gennem kendskabet til en allerede anvendt teknologi (indgravering). Virksomheden ejer i dag selv FDM-teknologi og bruger den til prototyper af små eksklusive serier samt mere generel brug i produktionsstøtte, herunder til fiksturer og gribere. Siden introduktionen, har brugen af AM-teknologi taget fart og har vist sig at kunne give økonomiske besparelser specielt ved produktion af prototyper af eksklusive serier, der før skulle frem og tilbage til Kina.

Efter eget udsagn har AM-teknologien ændret tankesættet i virksomheden.

*"Bare det, at man har en 3D printer. Der sker et eller andet inden i vores hoveder, tænker jeg. Man kan jo næsten lave alt. Og derfor kører ens hjerne også bare med: Kan vi ikke bare prøve at printe det?"*

Parallelt hermed, er der opstået en peer-to-peer læringskultur i virksomheden, som understøttes af brugen af blandt andet Youtube instruktioner.

## 8.2 CASE-2: Jørgensen Engineering

Jørgensen Engineering blev stiftet i 1933 og har siden oparbejdet en bred kundeportefølje i fødevarer- og medicinalindustrien. Virksomheden er internationalt forankret med kunder i hele Europa samt Asien.

Jørgensen Engineering leverer specialiserede ready-to-run produktionslinjer til fødevarer- og medicinalindustrien, hvor en stor del af disse udgøres af kendt teknologi. Leverancen er for det meste skræddersyet efter kundens behov og indeholder ifølge virksomheden selv ofte *en lille krølle et eller andet sted*.

Der havde i virksomheden gennem længere tid været overvejelser omkring AM-teknologi og der var blevet gjort en del private hobbyerfaringer med teknologien. Den endelige introduktion af teknologien fulgte af et konkret behov. *Vi stod over for et projekt, hvor vi vidste at vi kunne bruge det.*

Jørgensen Engineering har i dag 1 ½ års erfaring med AM-teknologi og ejer selv FDM-teknologi. Virksomheden køber derudover SLA/SLS-teknologi fra en ekstern leverandør. AM anvendes i Jørgensen Engineering primært til udvikling og test samt produktion af fiksturer og hjælpeværktøjer

Kompetenceopbygningen i virksomheden bærer præg af en erfaringsmæssig learning by doing/trying/testing kultur. De ansatte, der er involveret, bygger på egne og hinandens erfaringer.

### 8.3 CASE-3: Vikan A/S

Vikan A/S er grundlagt i 1898 og har specialiseret sig i rengøringsrekvisitter til blandt andet transport-, fødevarer- og medicinalindustrien. Virksomheden eksporterer i dag til over 80 lande. Vikan har fokus på at levere rengøringsrekvisitter i høj kvalitet, hvor funktionalitet er omdrejningspunkt. Kundernes rengøringsudfordringer og specifikationer er derfor i højsæde, når et udviklingsprojekt igangsættes. Rengøringsrekvisitter til fødevarerindustrien er afgørende for fødevareresikkerhed, og derfor er hygiejnisk design indtænkt i Vikans produkter.

Vikan befinder sig på et marked, der er karakteriseret ved mange regulativer og strenge dokumentationskrav. Introduktionen af AM-teknologi i virksomheden i 2013 var båret af, at en medarbejder i udviklingsafdelingen havde ønske om at kunne kommunikere de ideer, han havde, til resten af virksomheden og til udvalgte kunder. Vikan ejer FDM-teknologi og anvender i dag primært denne til prototyper samt til fiksturer og hjælpeværktøjer.

Kompetencer skærpes og opbygges i samarbejde med AM-leverandøren, og via det netværk der er opbygget til serviceudbydere. Samtidig er der ved at opstå en kultur, der understøtter intern peer-to-peer kompetenceopbygning gennem learning by doing/trying/testing. Specielt er det ansatte i produktionen, der kommer med forespørgsler på fiksturer og andre støtteværktøjer, når de ser mulighederne for det. Dette er en tendens, som til stadighed tager fart.

### 8.4 CASE-4: Sintex A/S

Sintex A/S blev etableret i 1997. Virksomheden samarbejder med internationale globale kunder, primært med udgangspunkt i Europa. Kundeporteføljen består af store OEM'er i bilindustrien og relaterede industrier.

Sintex har stor ekspertise indenfor sintringsprocesser og med specialisering i at arbejde med rustfrit stål. Sintex kan levere metalkomponenter med komplekse geometrier eller forme, der er umulige at lave gennem mere traditionelle processer som fræsning, bukning, støbning. Virksomheden leverer ofte i meget store styktal.

AM-teknologi havde været monitoreret i flere år inden det blev implementeret, idet teknologien ses som nært relateret til de kernekompetencer virksomheden allerede besidder. Beslutningen om at anskaffe AM-teknologi udsprang af et specifikt kundesamarbejde. Den første investering skete således i 2016. I dag ejer Sintex både FDM og SLA-teknologi, som bruges til at producere engangsværktøjer, fiksturer og andre støtteværktøjer relateret til produktionen.

Det er kun en meget lille gruppe medarbejdere, der arbejder med AM-teknologi i virksomheden. Ledelsen oplever dog, at medarbejderne ser flere og flere muligheder i AM-teknologien og mange medarbejdere udviser stor interesse for at være med til at opbygge AM-kompetencer. Indtil videre

er det dog ledelsen, der har udpeget dem, der skal være med i den lille afdeling, som arbejder med AM.

## **8.5 Konklusioner på tværs af interviews**

Ved gennemgang af casene træder en række fællestræk frem, som herunder er samlet i en række temaer. Det er således ikke nødvendigvis alle casevirksomhederne, der passer på beskrivelsen, men ofte 2-3 der har givet udtryk for den opstillede konklusion.

### ***Teknologi passer bedst til prototyper og støtteværktøjer***

Mange virksomheder anser det som et meget stort skridt før det vil være muligt at lave færdige komponenter eller produkter. Investeringer i fx pulverteknologi og andre mere komplekse AM-teknologier er i stedet ofte drevet af et ønske om at kunne præstere funktionelle prototyper til demonstration og real-test. Men flere virksomheder synes ikke, at de er klar til teknologien.

### ***AM-teknologi har brandvalue***

AM-teknologi har ifølge en række virksomheder en positiv signalværdi over for kunderne og omverden. Teknologien signalerer, at man arbejder med de nyeste muligheder og at man derigennem har høj fleksibilitet.

Yderligere synes mange kunder, at det er spændende at samarbejde med en virksomhed, der har AM-kompetencer. Teknologien har også tiltrækningskraft overfor nye medarbejdere, der syntes at virksomhederne bliver mere spændende at arbejde for når de arbejder med de nyeste teknologier.

### ***Introduktion af AM-teknologi kick-starter mindsettet***

Når AM-teknologien først er introduceret i virksomheden, oplever flere virksomheder, at medarbejderne begynder at efterspørge løsninger vha. AM-teknologi. Produktionsmedarbejdere kommer fx med nye ideer til, hvordan man kan lave noget smart. Således beskrives det, hvordan det efter introduktion opleves, at der er meget små barrierer for at prøve sig frem. Virksomhederne oplever således, at der er stor intern efterspørgsel, specielt i forbindelse med udvikling af støtteværktøjer, fixturer og griber. Virksomhederne oplever dernæst, at printerkapaciteten hurtigt bliver fyldt op, selv efter kun ½ års tilstedeværelse af en 3D printer i virksomheden.

### ***Udfordringer med materiale og kvalitet***

Flere virksomheder oplever udfordringer med at kunne integrere AM-teknologien i selve produktionen af komponenter eller produkter, grundet et meget høj krav til dokumentation og materialeegenskaberne i anvendelsesdomænet. Det er således svært, om end ikke umuligt, i øjeblikket at printe med godkendte materialer til fx fødevarer- og medicinalindustrien. Hertil kommer, at materialeegenskaberne påvirkes af printprocessen, og ikke altid kan sammenlignes med de egenskaber, der opnås ved traditionel forarbejdning og fremstilling. Dette gør en eventuel anvendelse dyrere og tungere for organisationen at håndtere.

### ***Fremtidige investeringer foretages inkrementelt***

Flere af virksomhederne, der allerede bruger AM i deres produktion, undersøger muligheden for dels at anskaffe større printkapacitet og implementere mere komplicerede AM-teknologier. Men virksomhederne udtaler samstemmigt, at den egentlige implementering først foretages når det giver mening i forbindelse med igangværende projekter.

### ***Fremtidigt potentiale i metalprint – med tryk på fremtidig***

Virksomhederne ser frem til den videre udvikling inden for AM-metalprintteknologi, hvor det for flere er åbenlyst, at nye forretningsområder kan opstå i kølvandet på forbedring af netop metalprint. Men flere anser det også næsten som for godt til at være sandt og mange afventer følgelig, hvilken teknologi der bliver den nye "lead-teknologi".

***AM introduceres bottom-up***

Introduktionen af AM-teknologi i virksomheden er ofte personbåret og -drevet og bygger således på personlig erfaring med kælder- og hobbyprojekter hos centrale ansatte i virksomheden. Adaptionen af AM-teknologi er derfor i mange virksomheder indledningsvist ikke en strategisk handling, men resultatet af initiativ og måske endda pres fra kernemedarbejdere længere nede i organisationen.

# 9 Metodeafsnit

---

## 9.1 Beskrivelse af undersøgelse

Populationen for spørgeskemaundersøgelsen er afgrænset til produktionsvirksomheder med 20 ansatte eller derover. Derudover er virksomheder med særlig tilknytning til 3D print og additive manufacturing inviteret selvom de ikke faldt ind under udvælgelseskriterierne. Der er eksempelvis 5 virksomheder der har svaret, som størrelsesmæssigt ikke lever op til kravet på 20 ansatte, og i praksis bliver disse ganske få virksomheder talt med i gruppen af små virksomheder.

Der er udtrukket data (18-04-18) fra databaserne Orbis og Bisnode. Fra Bisnode udtrækkes 2.503 virksomheder indenfor branchekode 10-33 og med mere end 20 ansatte på adressen. Fra Orbis er foretaget samme træk, dog med Danmark som region, Orbis er en international database. Herfra udtrækkes 2.017 virksomheder. De to lister flettes sammen ved hjælp af CVR-nummer og giver en samlet population på 2.957 virksomheder. Listen renses så for virksomheder uden e-mail adresser samt virksomheder på Grønland og Færøerne. Tilføjes de specifikke virksomheder nævnt ovenfor er der identificeret en **samlet population for undersøgelsen på 2.333 virksomheder**.

I maj 2018 udsendtes invitationsmail til virksomhederne og medio maj påbegyndtes rundringning via ansatte studentermedhjælpere. Med indsamling af så specifikke data som anvendelse af AM-teknologi var det vores vurdering, at virksomheder uden kendskab og uden anvendelse af AM-teknologi formodentlig ville have en langt højere tilbøjelighed til ikke at svare. Ved rundringning blev det pointeret, at selvom virksomheden ikke anvendte teknologien var deres besvarelse stadig vigtig uagtet at deres skemaet i så fald ville blive væsentligt kortere. Der blev udsendt to påmindelser pr. mail til alle ikke gennemførte besvarelser. Medio juni udsendtes den sidste påmindelse til 1.967 respondenter med information om at den almindelige dataindsamling ville lukke 22-06-2018.

Der blev i alt modtaget 314 svar, hvilket udgør en svarprocent på 13.5%.

## 9.2 Repræsentativitetstest

Datasættet er testet for repræsentativitet, dels i forhold til geografisk fordeling på regioner, dels i forhold til branche ud fra NACE koder, og endelig forhold til virksomhedsstørrelse målt på antal ansatte.

### Geografi

Testene viser, at undersøgelsens sample er repræsentativ for populationen i forhold til geografisk fordeling over de fem regioner.

**Branche**

I forhold til branche er det vanskeligt at lave en valid statistisk test. De mange forskellige branchekoder, nogen endog med meget få virksomheder i populationen gør det svært at teste. Undersøgelsens sample har generelt en god spredning over de forskellige brancher, men en række branchekoder er ikke repræsenteret, hvilket er forventeligt. I analysen anvendes en re-kodning af brancher ud fra teknologi niveau. Denne opdeling er opstillet på baggrund af NACE koder, fordelt på 4 kategorier. Der er testet for repræsentativitet i forhold til følgende 4 kategorier (High Tech, Medium/high Tech, Medium/low Tech, low Tech). Testen viser at der er en lille bias i forhold til manglende virksomheder i de brancher der karakteriseres som low-Tech. Det er ikke overraskende ud fra tidligere erfaringer med dataindsamlingen, hvor det viste sig svært at motivere respondenter, der anser additive manufacturing teknologierne som irrelevante, hvilket især angår respondenter fra low-Tech branchekategorierne.

**Virksomhedens størrelse**

Den sidste repræsentativitetstest er af virksomhederne i forhold til deres fordeling på størrelse målt ud fra antal ansatte, hvor undersøgelsens sample er repræsentativ for den oprindelige population.

Samlet set anses datasættet repræsentativt for populationen.

# 10 Referencer

Rodriguez, M.D., Libbey, R., Mondal, S., Carbeck, J., Michalik, J. (2017). Exponential technologies in manufacturing, Deloitte Development LLC

Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. New York: Crown Business.

Wohlers Report (2018). *3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*. Annual Worldwide Progress Report.

<https://wohlersassociates.com/state-of-the-industry-reports.html>