

Henrik Blichfeldt
Stine Berg
Ian Stampe
Mette Præst Knudsen

Udbredelsen af 3D print og Additive Manufacturing i dansk industri

Resultaterne fra den danske screening – 2019

Rapport, januar 2020

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 fra maj til august 2019 samt interviews med gennemført oktober 2019 med udvalgte virksomheder og eksperter.

Projektorganisering og forfattere

Lektor Henrik Blichfeldt
Engineering Operations Management
Syddansk Universitet

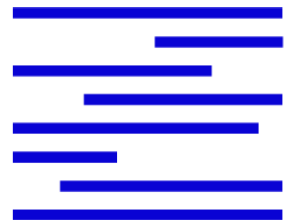
Videnskabelig assistent Stine Berg
Center for Integrerende Innovationsledelse
Syddansk Universitet

Professor Mette Præst Knudsen
Projektleder
Center for Integrerende Innovationsledelse
Syddansk Universitet

For nærmere information om projektet: www.sdu.dk/ci2m

Opdragsgiver

Dansk AM Hub
<https://am-hub.dk/>



**Dansk
AM Hub**

Forord

Dansk AM Hub kortlægger hver år udbredelsen af 3D print /additive manufacturing (AM) i Danmark på nationalt niveau. En væsentlig del af kortlægningen for 2019 – 2020 er resultaterne af Syddansk Universitets nationale screening og spørgeskemaundersøgelse af danske fremstillingsvirksomheders brug af AM.

Det er den anden screening, som er foretaget af Dansk AM Hub og Syddansk Universitet. Den første blev offentliggjort i januar 2019.

Nye teknologier, som fx additive manufacturing, skaber mange nye muligheder for fremstilling af produkter, hvad enten der er tale om design, udvikling eller selve fremstillingen. Nye teknologier er med til at skabe en ny konkurrencesituation for danske virksomheder, som skal agere i global konkurrence. Derfor er det interessant at afdække danske fremstillingsvirksomheders brug af AM, så vi kender til både styrker og svagheder i udbredelsen af teknologien og særlige danske forhold omkring både muligheder og barrierer.

Udover denne screening har vi i Dansk AM Rapport 2020 fokus på, hvad effekterne ved at anvende AM teknologier er, og hvad der kendetegner de virksomheder, der gør det bedst. Hvad er det for nogle barrierer, som afholder mange fremstillingsvirksomheder fra at komme i gang med AM-teknologier, og hvad er det for udfordringer, de møder, når de går i gang.

Dette kan du læse i den samlede Danske AM-Rapport 2020, som kan downloades på am-hub.dk.

God læselyst!

Frank Rosengreen Lorenzen
CEO, Dansk AM Hub

Om Dansk AM Hub

Dansk AM Hub er Danmarks nationale samlingspunkt for Additive Manufacturing. Vores mål er at styrke dansk erhvervslivs konkurrenceevne ved at fremme brugen af Additive Manufacturing og 3D print. Vores fokus er på små og mellemstore virksomheder og udvikling af nye forretningsmodeller, som kan føre til vækst, innovation og bæredygtige løsninger.

Dansk AM Hub er initieret og udviklet af Industriens Fond.

Indhold

1	Tabel- og figuroversigt.....	5
	Tabeloversigt	5
	Figuroversigt	5
2	Introduktion	6
2.1	Baggrund for undersøgelsen 2019	6
2.2	Definitioner og afklaring	7
3	Hovedkonklusioner	9
1.	1/4 af virksomhederne anvender AM-teknologi.....	9
2.	Teknologisk intensitet har betydning fremfor størrelse.....	9
3.	FDM er den mest udbredte teknologi	9
4.	AM-teknologi flytter sig imod produktionsstøtte og flere domæner.....	9
5.	Virksomhederne motiveres stadig igennem produktudvikling	9
6.	AM har positiv indflydelse på forretningstilgangen	10
7.	Begrænsede investeringer indenfor AM-teknologi og uddannelse	10
8.	Et fåtal af de danske virksomheder ejer selv AM-teknologi.....	10
9.	Det største potentiale ved anvendelse af AM-teknologi udspringer fra produktudvikling	10
10.	Det teknologiske potentiale øges igennem ejerskab suppleret med samarbejde med eksterne serviceudbydere	10
12.	Introduktion af AM-teknologi skaber efterspørgsel på tværs af virksomheden	11
13.	AM-teknologi er relevant, men afhænger af kontekst.....	11
14.	Samarbejde og uddannelse øger indsigt og potentiale	11
15.	AM-teknologi bør vurderes ud fra en totalbetragtning	11
16.	AM-teknologi potentialet kræver opbyggelse af tekniske kompetencer.....	11
17.	Ikke alt skal printes internt.....	12
4	De deltagende virksomheder.....	13
4.1	Fordeling på regioner	13
4.2	Fordeling ift. Teknologiintensitet (NACE-klassificering).....	15
4,3	Virksomhedens størrelse og teknologiintensitet.....	15
5	Udbredelsen af Additive Manufacturing	17
5.1	Udbredelsen af AM-printteknologi.....	17
5.2	Virksomhedens størrelse og teknologiintensitet.....	18
5.3	Hvilke typer af teknologier anvendes	18
5.4	Anvendelsesdomæne.....	19
5.5	Motivation for at anvende AM-printere	21
	Kunde, konkurrent og marked	21
	Hurtig produktudvikling; øget hastighed fra produktudvikling til marked.....	22
	Kompetencer, medarbejdere og teknologisubstitution	23
5.6	AM-teknologiens indflydelse på forretningsmodellen	24
5.7	Investering i teknologien.....	25
5.8	Fremtiden – teknologiområder og beslutningskompetence	26
6	AM-kompetencer i Danmark	28
6.1	AM printteknologisk kompetence	28
6.2	Anvendelsesdomæne og potentiale udnyttelse.....	29
6.3	Model for virksomhedernes AM-kompetencer.....	29
	Niveau 1: Ingen kompetencer	30
	Niveau 2: Tilkøb af teknologiske AM-kompetencer (Outsourcing)	30

Additive Manufacturing i Dansk industri (2019)	
Niveau 3: Teknologiske AM-kompetencer udviklet in-house.....	30
Niveau 4: Fuldt udviklede teknologiske AM-kompetencer (In-house + Outsourcing)	31
Anvendelsesdomæner og kompetence	31
Udnyttet potentiale ved anvendelse af AM-teknologi.....	31
Den samlede model for AM-teknologisk kompetence.....	32
7 AM-kompetencer og virksomheds-karakteristika.....	33
7.1 Virksomhedens størrelse	33
7.2 Teknologiintensitet.....	33
7.3 Innovation.....	34
7.4 Medarbejderinvolvering	36
7.5 Indflydelse på forretningstilgangen	36
7.6 Fremtidige investeringer	37
8 Barrierer for anvendelse af AM-teknologi.....	39
8.1 Barrierer for anvendelse af AM-teknologi.....	39
8.2 CASEs med fokus på barrierer for anvendelse af AM-teknologi.....	41
CASE: Fra støbeforme til forretningsudvikling, men viden mangler!	41
CASE: Videre anvendelse kræver bedre teknologi – hvor er finishen?.....	42
CASE: Fra første brug til udbredelse kræver mere viden om teknologien!	43
Barrierer ved cases	43
8.3 Barrierer for anvendelse af Additive Manufacturing – et leverandørperspektiv.....	44
Barrierer for anvendelse af 3D print og Additive Manufacturing.....	44
Barrierer ved introduktion til AM og virksomhedernes modenhedsniveau.....	45
Barrierer generelt	46
9 Konklusion	47
9.1 AM-teknologi er relevant for de fleste, men afhænger af kontekst	47
9.2 Samarbejde og uddannelse øger indsigt og potentiale	48
9.3 Udnyttelse af potentialet kræver opbygning af tekniske kompetencer	48
9-4 AM-teknologi bør vurderes ud fra en totalbetragtning	48
9.5 Ikke alt skal printes internt	49
9.6 Hvad nu – og hvad så?.....	49
10 Metodeafsnit.....	51
10.1 Beskrivelse af undersøgelse.....	51
10.2 Repræsentativitetstest.....	51
11 Referencer	53

1 Tabel- og figuroversigt

Tabeloversigt

Tabel 1: Fordeling af virksomheder efter størrelse	16
Tabel 2: Virksomheder fordelt efter størrelse og teknologiintensitet	16
Tabel 3: Virksomhedens størrelse og anvendelse af AM-teknologi	18
Tabel 4: Virksomhedens teknologiintensitet og anvendelse af AM-teknologi	18
Tabel 5: Anvendelsesdomæner for AM-printing (en beskrivelse)	19
Tabel 6: Sammenligning af anvendelsesdomæner 2018-2019	21
Tabel 7: Effekter på virksomhedens forretningstilgang	24
Tabel 8: Investering i forskellige områder relateret til AM-teknologi	25
Tabel 9: Strategiske teknologiområder for virksomhedernes fremtidige konkurrenceevne	26
Tabel 10: Beslutningskompetence ved køb af ny teknologi	27
Tabel 11: AM-teknologikompetencer	28
Tabel 12: Anvendelsesdomæner for AM-teknologi	29
Tabel 13: Virksomhedens størrelse sammenholdt med AM kompetence	33
Tabel 14: Virksomhedens teknologiintensitet sammenholdt med AM-kompetence (Beregnet som den kumulerede %-fordeling)	34
Tabel 15: Virksomhedens innovationsniveau sammenholdt med AM kompetence	34
Tabel 16: Anvendelsesdomæner sammenholdt med innovationsniveau	35
Tabel 17: Funktioner med adgang til AM i virksomheden sammenholdt med AM-kompetence	36
Tabel 18: Indflydelse på virksomhedens forretningstilgang sammenholdt med AM kompetence (Tallene i nedenstående tabel er forholdstal)	37
Tabel 19: Fremtidige investeringer sammenholdt med AM-kompetence	37
Tabel 20: Fremtidige investeringer sammenholdt med antal anvendelsesdomæner	38
Tabel 21: Årsager til ikke at anvende AM-teknologi i alle domæner (antal virksomheder)	41

Figuroversigt

Figur 1: Geografisk fordeling af deltagende virksomheder	14
Figur 2: Geografisk fordeling af population og sample på postnummer	14
Figur 3: Fordeling af deltagende virksomheder efter teknologiintensitet	15
Figur 4: Udbredelsen af AM-teknologi blandt deltagende virksomheder	17
Figur 5: Anvendte teknologityper	19
Figur 6: Anvendelsesdomæner for AM-printning (% af de virksomheder der anvender AM-teknologi)	20
Figur 7: Eksterne motiver for anvendelse af AM-teknologi	21
Figur 8: Interne motiver for anvendelsen af AM-teknologi	22
Figur 9: Hastighed som motivationsfaktor for anvendelse af AM-teknologi	22
Figur 10: Motivationsfaktorer knyttet til egne produkter	23
Figur 11: Motivationsfaktorer knyttet til kompetencer og medarbejdere	23
Figur 12: AM printteknologisk kompetencemodel	30
Figur 13: Væsentligste årsager til ikke at anvende AM-teknologi	40

2 Introduktion

Udbredelsen af 3D print og additive manufacturing i dansk produktionsindustri afdækkes i samarbejde mellem Center for Integrerende Innovationsledelse og Engineering Operations Management ved Syddansk Universitet samt Dansk AM Hub. Denne rapport giver et indblik i de vigtigste resultater fra den nationale screening 2019.

Hvert år fokuserer rapporten på forskellige temaer i relation til 3D print og additive manufacturing. 2018 rapporten fokuserede på at skabe et overblik over 3D prints udbredelse i den danske fremstillingsindustri. I år fokuserer rapporten på opfølgning og udvikling siden 2018 samt barrierer i forbindelse med implementering af AM-teknologi.

Undersøgelsens hovedformål er:

- At afdække den nuværende udbredelse og anvendelse af 3D printning i den danske produktionsindustri
- At undersøge sammenhængen imellem virksomhedernes teknologiske kompetence indenfor 3D printning og anvendelsesdomæner for 3D printning
- At kortlægge virksomhedernes modenhed indenfor AM
- At undersøge barrierer forbundet med (manglende) implementering af AM-teknologier

Denne rapport præsenterer resultaterne fra den anden årlige undersøgelse.

2.1 Baggrund for undersøgelsen 2019

Dette års rapport bygger på resultaterne fra 2018. 2018 rapporten viste bl.a. at en fjerdedel af de adspurgte virksomheder anvender AM-teknologi, og trefjerdedele af disse anvender teknologien til produktudvikling herunder prototyping. Dog var det kun et fåtal af de adspurgte virksomheder, der selv ejede teknologien. Når teknologien introduceres i virksomheden, er den som regel båret og drevet af enkeltpersoner, dvs. teknologien introduceres bottom-up. Når teknologien først er introduceret, skaber det efterfølgende en efterspørgsel efter teknologien på tværs af virksomheden.

I 2018 rapporten ses en kobling mellem ejerskab, bred anvendelse af teknologien og øget innovationskraft. Desuden viser undersøgelsen, at det største potentiale kan opnås ved at anvende teknologien til produktudvikling og udvikling. Samtidig finder rapporten 2018, at det teknologiske potentiale bedst kan høstes ved at kombinere køb af ydelser med ejerskab af AM-teknologi. Desuden passer det nuværende AM-kompetenceniveau bedst til anvendelse inden for protyper og støtteværktøjer. Rapporten 2018 påviser ligeledes, at AM-ejerskab har en positiv indflydelse på forretningstilgangen.

Evnen til at reagere hurtigt på markedsændringer er essentiel, idet danske fremstillingsvirksomheder ofte opererer på et globalt marked karakteriseret ved konstant udvikling af produkter, produktsystemer og services. Udvikling af nye teknologiske løsninger samt evnen til at anvende denne udpeges af mange som nødvendige forudsætninger for, at virksomheder kan overleve i fremtiden. Indenfor områder som smarte og avancerede produkter, avancerede produktionsteknologier samt nye forretningsmodeller, er innovation en kilde til øget

konkurrenceevne og vækst (Columbus, 2018).

Paraplybegrebet "*Industry 4.0*" beskriver rammerne for fremtidens smarte produktion igennem digitale og teknologiske løsninger indenfor robotter, automation, IT og sensorer. Teknologierne omfatter virtual reality, augmented reality, kunstig intelligens, simulation og avanceret dataanalyse som machine learning, Big Data samt Internet of Things (IoT). 3D printningsteknologi er også blandt teknologierne for moderne produktion og innovation. Ekspert forudser, at 3D printningsteknologi får stor indflydelse på den måde, hvorpå produktionen udvikler sig fremover. 3D printning anses for en revolutionerende teknologi. I fremtiden forventes det, at teknologier benyttes af private og i industrier verden over.

Markedet for 3D printning estimeres til at nå en årlig omsætning på 36 milliarder USD i 2021 (Columbus, 2018). Det forudses, at op imod 75 % af alle produktionsvirksomheder verden over vil kunne drage gavn af denne teknologi uden hensyntagen til forretningsområde (Columbus, 2018).

I 2018 benyttede 75 % af de adspurgte virksomheder ikke AM-teknologi, samtidig var andelen af virksomheder, der benyttede AM-teknologi inden for flere domæner, lav. 2018 rapporten viste også virksomheder, der anvender teknologien indenfor flere domæner, er mere innovative. På den baggrund sætter 2019 rapporten fokus på hvilke barrierer, der enten forhindrer virksomheder i at anvende AM-teknologi eller forhindrer virksomhederne, der anvender teknologien, i at benytte teknologien indenfor flere domæner.

2.2 Definitioner og afklaring

3D printning er en additive teknologi, hvor en 3D tegning (såkaldt STL-fil) anvendes til at styre printerens. 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:

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

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. Valg indenfor 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, 2019).

3D print teknologien anvendes primært inden for tre domæner: innovations- og udviklingsmæssige formål (rapid prototyping), produktionsmæssige formål (direct manufacturing) samt

produktionsunderstøttende formål (direct tooling). Rapid prototyping er printning af både præsentations-, funktions- og 0-seriemodeller. Direct manufacturing dækker over produktion af enten komponenter eller færdigvarer, ofte med en grad af efterbearbejdning. Direct tooling er et domæne indenfor produktion, der støtter produktionen med tilvirkning af fx gribere, forme og fiksture.

3 Hovedkonklusioner

I dette afsnit præsenteres hovedkonklusionerne fra spørgeskemaundersøgelsen og casestudierne. Caseanalysen er baseret på 5 udvalgte cases og har til formål at nuancere de bagvedliggende årsager. Der kan således ikke generaliseres til alle virksomheder i Danmark.

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. Blandt de besvarende virksomheder er der således ikke sket nogen ændring imellem 2018 og 2019 undersøgelse.

(se afsnit 5.1)

2. Teknologisk intensitet har betydning fremfor størrelse

I både 2018 og 2019 kunne der ikke påvises en direkte sammenhæng mellem virksomhedens størrelse, målt på antal medarbejdere og adoptionen af AM-teknologi. Derimod går det igen i begge undersøgelser, at virksomheder med høj teknologiintensitet har højere adoption af AM-teknologi.

(se afsnit 5.2)

3. FDM er den mest udbredte teknologi

Fused Deposition Modelling (FDM) er den mest udbredte printteknologi i 2018 og 2019 blandt de virksomheder, der anvender AM-teknologi. Derudover angives Polyjet og Stereolithography (SLA) som anvendte teknologier. FDM-teknologien er relativt billig i anskaffelse, nem at tilgå og egner sig godt til produktudvikling (prototyping). Teknologien finder som oftest anvendelse indenfor produktudvikling.

(se afsnit 5.3 og 5.4)

4. AM-teknologi flytter sig imod produktionsstøtte og flere domæner

Traditionelt anvendes AM-teknologi i produktudviklingsprocessen (80 % af de virksomheder, der arbejder med AM-teknologi). Der er siden 2018 sket et skifte imod større anvendelse af AM-teknologi indenfor produktionsstøtte, men også i højere grad til fremstilling af komponenter og produkter. Det ses desuden, at virksomhederne begynder at anvende AM-teknologien indenfor flere domæner end kun et. 28 % af de virksomheder, der anvender AM-teknologi, benytter teknologien i alle tre domæner. Her ses der en lille stigning på 3 % fra 2018, hvor 25 % af virksomhederne angiver, at de anvender AM-teknologi indenfor alle tre domæner.

(se afsnit 5.4 & 6.3)

5. Virksomhederne motiveres stadig igennem produktudvikling

Den primære motivation for at anvende AM-teknologi er stadig relateret til produktudvikling, som det også var tilfældet i 2018, og i mindre grad til de markeds- eller konkurrencerelaterede faktorer.

Der er sket et markant fald, i hvor afgørende betydning motivationsfaktorerne har for virksomhederne, idet angivelsen af de produktudviklingsrelaterede faktorer som "afgørende eller nogen betydning" er faldet fra 2/3 til en 1/3 imellem 2018 og 2019.

(se afsnit 5.5)

6. AM har positiv indflydelse på forretningstilgangen

36 % (imod 45 % i 2018) af de virksomheder, der anvender AM-teknologi (både ejer eller køber AM-services) oplever en positiv indflydelse på deres forretningstilgang. Effekterne ved at anvende AM-teknologi påvirker primært samarbejdet med kunder og andre aktører, imødekommelsen af kundebehov samt optimering af værdikæden. Den mest markante ændring forhold til 2018 er, at ingen af de deltagende virksomheder ser muligheden for *etablering af nye services*, som en potentiel effekt af anvendelsen af AM-teknologi.

(se afsnit 5.6)

7. Begrænsede investeringer indenfor AM-teknologi og uddannelse

Virksomhederne investerer primært i AM-teknologi indenfor udstyr og ydelser fra eksterne partnere. Imens investeringer i uddannelse prioriteres laverer. Investeringerne ligger for det meste under 100.000 dkr., og der ses en nedgang på 15 % fra 2018 til 2019 (40 % i 2018; 25 % i 2019) i virksomheder, der forventer at investere i AM-teknologi i det kommende år.

(se afsnit 5.7)

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

Undersøgelsen viser, at 14 % af produktionsvirksomhederne ejer AM-teknologi, og at ca. 76 % af virksomhederne hverken brugere, ejer eller køber af ydelser. Mulige årsager kan være, at det ikke er relevant for den pågældende virksomhed eller at virksomheden ikke har identificeret et potentiale ved anvendelsen af teknologien.

(se afsnit 5.1 / 6.3)

9. Det største potentiale ved anvendelse af AM-teknologi udspringer fra 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 AM-teknologien har den laveste udnyttelse indenfor fremstilling af produkter eller komponenter. Generelt er den oplevede udnyttelse af AM-teknologien faldet siden 2018, uanset antal anvendelsesdomæner og AM-kompetenceniveau.

(se afsnit 6.3)

10. Det teknologiske potentiale øges igennem ejerskab suppleret med samarbejde med eksterne serviceudbydere

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

(se afsnit 6.3)

11. 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 markant 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-/komponent fremstilling. Denne sammenhæng kan potentielt skabe en forbedret konkurrenceevne.

(se afsnit 7.3)

12. Introduktion af AM-teknologi skaber efterspørgsel 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 indenfor flere domæner øges forventningen om investeringer indenfor udstyr, ydelser og uddannelse.

(se afsnit 7.6)

13. AM-teknologi er relevant, men afhænger af kontekst

Trods en tilbageholdenhed omkring adoption af AM-teknologi er det vigtigt, at virksomhederne forstår potentialet indenfor de tre anvendelsesdomæner samt opbygger viden omkring udvælgelsen af potentielle emner, teknologier og materialer set fra en relevant kontekst. Nogle virksomheder vil ved print af støbeforme til sprøjtestøbning kunne reagere hurtigere ift. markedet, højere kundetilpasning af emner og produktion ved lavere volumenminimum. Formen holder ikke så længe, men åbner op for nye forretningsområder/segmenter.

(se afsnit 8.3)

14. Samarbejde og uddannelse øger indsigt og potentiale

Indenfor AM er valg af teknologitype, materialer og design ofte komplicerede og udgør en væsentlig barriere for virksomhederne, både hvad angår adoption af AM-teknologi og udnyttelse af teknologiens potentiale. Uddannelse af virksomhedens medarbejdere og samarbejde med specialister og videns institutioner er nødvendigt. Det vil gradvist øge kompetenceniveauet og skabe den nødvendige viden, som gør virksomheden i stand til at have en kvalificeret holdning til, hvordan AM kan adopteres enten internt eller eksternt. Samtidig er det vigtigt kontinuert at arbejde med teknologien og deltage i industrielle netværk. Uddannelse er desværre ofte nedprioriteret, og der er et stort fokus på teknologi.

(se afsnit 8.3)

15. AM-teknologi bør vurderes ud fra en totalbetragtning

Da fleksibilitet og reaktionsevne kan det være afgørende at AM-teknologi ikke vurderes alene på en marginal kostbetragtning ifht. konventionelle fremstillingsmetoder. En total kostbetragtning indeholder ofte en økonomisk analyse, hvori det er vigtigt af værdiansætte; reduktion af lager, hurtigere responstid samt kunde- og produktionsfleksibilitet. Forskellige AM-teknologier har forskellige fordele, og vanskelige kvalitetskrav kan efterhånden opfyldes. En marginal dyrere AM-teknologi kan på sigt tilfører konkurrencefordele. Disse kan desuden åbne op for nye forretningsområder. Dog skal der medregnes en række følgeomkostninger, som den avanceret 3D-printer ofte har. Det kan i nogle situationer derfor være en fordel at printe hos en specialist hvorved virksomheden undgår implementering af teknologien i organisationen.

(se afsnit 8.3)

16. AM-teknologi potentialet kræver opbyggelse af tekniske kompetencer

Hvis 3D printere ikke anvendes jævnligt i virksomheden kan det være svært at få opbygget en reel kompetence indenfor AM-teknologien og få kompetencen indlejret. Mere avancerede printere vil ofte kræve væsentlige kompetenceløft ift. drift, vedligeholdelse, efterbehandlingsprocesser og specielt arbejdsmiljø. Mindre volumen kan gøre det rentabelt at få printet på specialprintere ved

specialiserede serviceudbydere.

(se afsnit 8.3)

17. Ikke alt skal printes internt

Et skifte imellem anvendelsesdomæner, medfører ofte et behov for en ny AM-teknologi – fx et skift fra FDM til SLS. Den hastige udvikling indenfor alle teknologierne og på materialeområdet øger kompleksiteten, hvilket taler for en kombineret AM-strategi, hvor nogle anvendelsesdomæner og teknologier håndteres internt, og andre håndteres i samarbejde med eksterne samarbejdspartnere og specialister.

(se afsnit 8.3)

4 De deltagende virksomheder

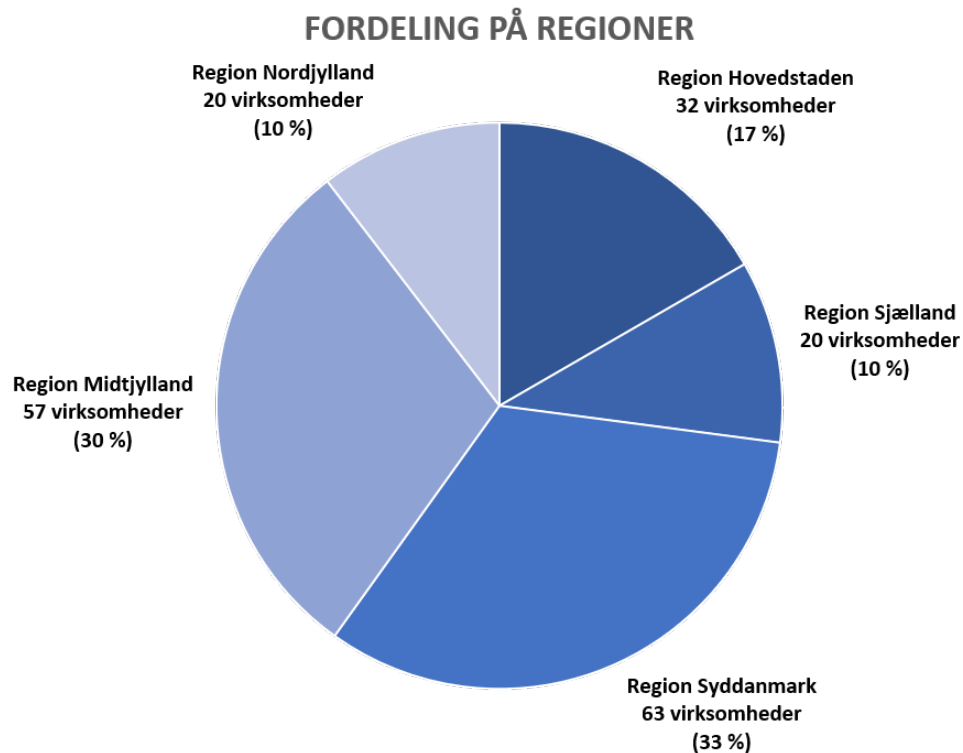
Dette afsnit redegør kort for undersøgelsens datamateriale. Afsnittet viser fordelinger for de deltagende virksomheder ift. geografiske regioner, størrelse og teknologiintensitet. For informationer vedr. repræsentativitet henvises til afsnit 10.

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 i rapporten er en variation i det totale antal besvarelser for de enkelte analyser. Besvarelserne varierer mellem 138 og 192 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. Der er i 2019 færre besvarelser end i 2018. Dette påvirker ikke overordnet set repræsentativiteten (se nedenfor). Dog er der enkelte spørgsmål, som har meget få besvarelser. I denne rapport vil forskelle mellem 2019 og 2018 blive fremhævet.

Der er således færre besvarelser i 2019 rapporten sammenlignet med 2018 rapporten. I de følgende afsnit vil det blive fremhævet, hvis der i de deskriptive analyser forefindes forskelle mellem 2018 og 2019 rapporter. Det vil ikke nødvendigvis blive påtalt, hvis de deskriptive analyser er samstemmende.

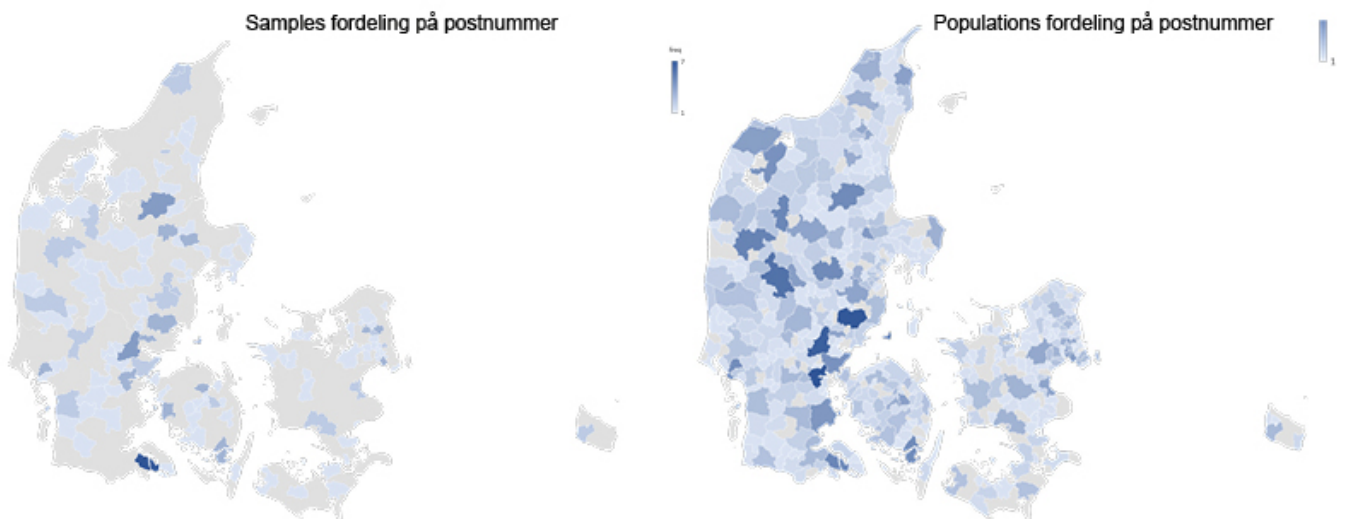
4.1 Fordeling på regioner

I alt svarede 192 virksomheder på undersøgelsen. Virksomhederne fordeler sig over alle regioner i Danmark. Fordelingen svarer til den forventede fordeling ifølge populationen (se afsnit 10). Geografisk fordeler de deltagende virksomheder sig på de fem regioner som illustreret i figur 1.



Figur 1: Geografisk fordeling af deltagende virksomheder

Figur 2 viser populationens og undersøgelsens besvarelser (samples) fordelt på postnummer. Idet der ses en klar sammenhæng populationsudbredelsen i de enkelte postnumre og antallet af besvarelser i samme postnumre, er der en klar identifikation af at undersøgelsen er repræsentativ, trods det lave antal besvarelser. Der er enkelt undtagelser fx i Sønderborg/Als området. Dette kan skyldes at SDU har gode samarbejdsrelationer til virksomhederne i dette område, og de derfor har været mere villige til at svare.



Figur 2: Geografisk fordeling af population og sample på postnummer

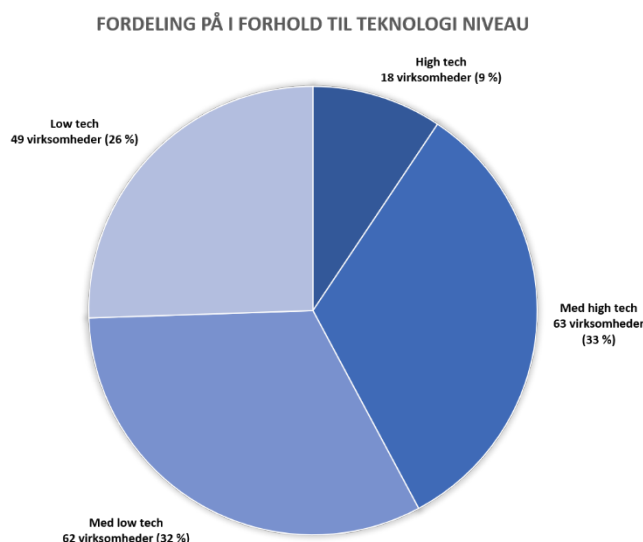
4.2 Fordeling ift. Teknologiintensitet (NACE-klassificering)

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 svarer 17 %, at de tilhører "Fremstilling af maskiner og udstyr i.a.n." (NACE-gruppe 28). Den næststørste gruppe er "Jern- og metalvareindustri (NACE-gruppe 25), her svarer 15 %, at de tilhører denne gruppe. 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)²: low tech, low/medium tech, medium/high tech og high tech. Fordelingen af virksomhederne ses i nedenstående figur 3. 111 virksomheder (58 % af det samlede antal svar) ligger i grupperne "low tech" og "low/ medium tech".

Sammenlignet med 2018 ses en mindre forskydning mod de medium/high tech og high tech, som er steget med 5 %.



Figur 3: Fordeling af deltagende virksomheder efter teknologiintensitet

4,3 Virksomhedens størrelse og teknologiintensitet

Virksomhederne inddeles efter størrelse. Følgende grupperinger anvendes:

Små virksomheder: 20-49 medarbejdere

Mindre virksomheder: 50-99 medarbejdere

Mellemstore virksomheder: 100-199 medarbejdere

Store virksomheder: 200+ medarbejdere

Virksomheder med mindre end 20 ansatte er udeladt.

Additive Manufacturing i Dansk industri (2019)

Tabel 1 viser fordelingen mellem antal modtagne spørgeskemaer og antal besvarelser. Sammenlignet med 2018 er der sket i fald i den procentvise besvarelse fra 13,4 % til 7,8 % totalt.

Størrelse	Antal medarbejdere	Udsendt	Besvarelser	% besvarelse
Små	20-49	1.277	89	6,97
Mindre	50-99	559	38	6,79
Mellem	100-199	305	43	14,1
Store	200+	240	22	9,2
Missings* ¹	-	73	0	0
Total		2.454	192	7,8

Tabel 1: Fordeling af virksomheder efter størrelse

**1: Missings er virksomheder der enten ikke har svaret på deres størrelse, eller er medtaget trods størrelse mindre end 20 ansatte.*

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

	Virksomheder fordelt ift. størrelse og teknologiintensitet [antal (%)]								
Antal ansatte	High tech		Medium high tech		Medium low tech		Low tech		Total
20-49	4	(4,5 %)	19	(21,3 %)	41	(46,1 %)	25	(28,1 %)	89
55-99	4	(10,5 %)	16	(42,1 %)	11	(28,9 %)	7	(18,4 %)	38
100-199	4	(9,3 %)	16	(37,1 %)	9	(20,9 %)	14	(32,6 %)	43
200+	6	(27,3%)	12	(54,5 %)	1	(4,5 %)	3	(13,6 %)	22
Total	18	(9,4%)	63	(32,8 %)	62	(32,3 %)	49	(25,5 %)	192

Tabel 2: Virksomheder fordelt efter størrelse og teknologiintensitet

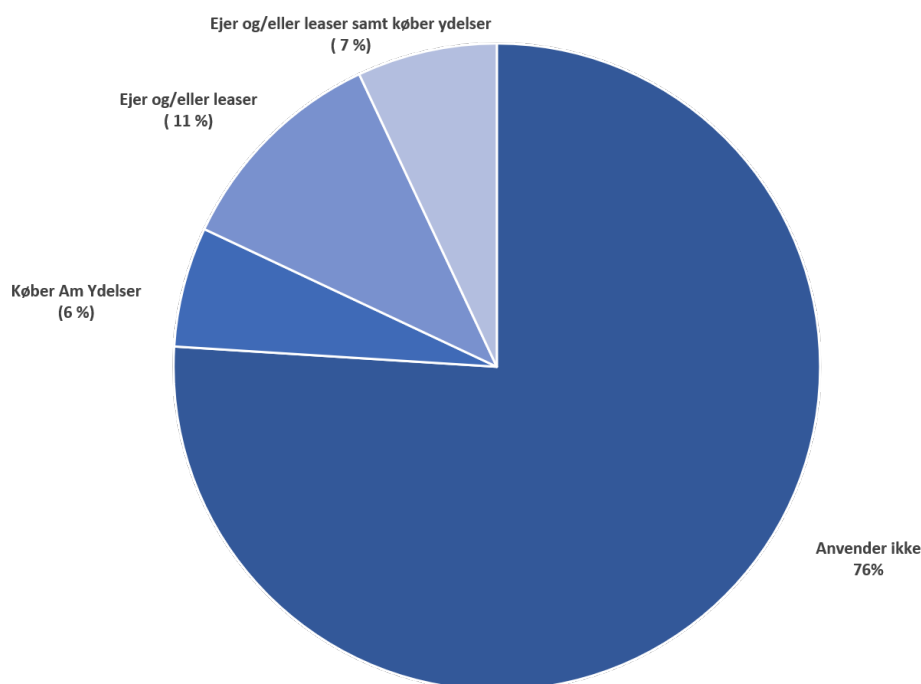
Tabellen viser, at 58 % af de deltagende virksomheder er low tech eller low/medium tech. 89% af virksomhederne har færre end 200 ansatte. Som forventet er det primært små og mellemstore virksomheder, der har deltaget. Undersøgelsen er repræsentativ for dansk industri ift. den samlede population - for 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

76 % af de deltagende virksomheder (figur 4) anvender *ikke* AM-teknologi. Hvilket vil sige, at en fjerdedel (24 %) af de danske produktionsvirksomheder anvender AM-teknologi i en eller anden form.



Figur 4: Udbredelsen af AM-teknologi blandt deltagende virksomheder

6 % køber AM-ydelser hos eksterne samarbejdspartnere fremfor at investere i teknologien selv. Mens ca. en tiendedel (11 %) af de danske virksomheder enten ejer eller leaser AM-teknologi. 7 % af virksomhederne både køber AM-ydelser, samtidig med at de enten ejer og/eller leaser AM-teknologi. Det ses, at 18 % af de adspurgte virksomheder ejer eller leaser deres egen 3D-printer.

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).

Antal ansatte	Virksomheder der anvender AM (%)	Virksomheder der ikke anvender AM (%)
20-49	16 (18%)	73 (82%)
50-99	6 (16%)	32 (84%)
100-199	13 (30%)	30 (70%)
200+	11 (50%)	11 (50%)
Total	46 (24%)	146 (76%)

Tabel 3: Virksomhedens størrelse og anvendelse af AM-teknologi

Der ses ikke umiddelbart en sammenhæng imellem størrelse og anvendelsen af AM. Omend der er en højere andel af virksomheder med 100-200+ ansatte, der anvender AM-teknologi. På grund af det lave antal respondenter kan der ikke konkluderes noget signifikant for disse grupper.

Virksomheder i brancher med høj teknologiintensitet anvender i højere grad AM-teknologi sammenlignet med virksomheder i brancher med lavere teknologiintensitet. Dermed ses samme tendens som i 2018.

Teknologiintensitet	Virksomheder der anvender AM (%)	Virksomheder der ikke anvender AM (%)
High Tech	11 (61,1%)	7 (38,9%)
Medium/ high tech	18 (28,6%)	45 (71,4%)
Medium/ low tech	12 (19,4%)	50 (80,6%)
Low	5 (10,2%)	44 (89,8%)
Total	46	146

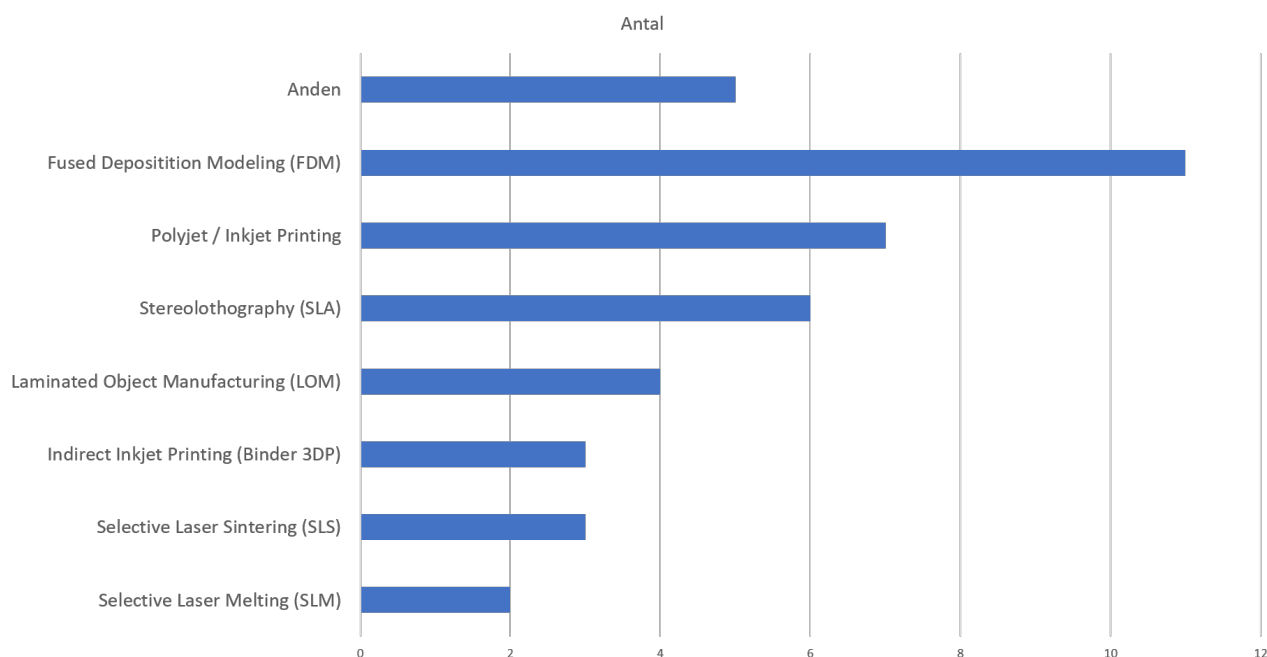
Tabel 4: Virksomhedens teknologiintensitet og anvendelse af AM-teknologi

5.3 Hvilke typer af teknologier anvendes

Langt størstedelen, af de virksomheder som bruger AM-teknologi, anvender FDM (figur 5). Derudover anvender henholdsvis 7 virksomheder Polyjet/Inkjet Printing, og 6 virksomheder anvender SLA-teknologier. De fleste virksomheder anvender kun en teknologi, imens 5 virksomheder har en kombination af flere.

Ingen af de deltagende virksomheder anvender Direct Metal Laser Sintering (DMLS), Electron Beam Melting (EBM), Laser Engineered Net Shaping (LENS), Electronic Beam Welding (EBW) og Laser Cladding.

Additive Manufacturing i Dansk industri (2019)



Figur 5: Anvendte teknologityper

Dermed er billedet en anelse anderledes end sidste års undersøgelse, hvor de fleste virksomheder angav FDM- og SLA-teknologier. Det er de samme teknologier, der anvendes dog med undtagelse af DMSL, der blev angivet i 2018.

Tendensen er således som i 2018, at de virksomheder der anvender AM teknologi er centreret omkring nogle få teknologier (primært FDM), som er relativt billig i anskaffelse, er nem at anvende og passer godt til prototyping indenfor produktudvikling og emner indenfor produktionsstøtte.

5.4 Anvendelsesdomæne

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, se tabel 5 herunder.

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.

Tabel 5: Anvendelsesdomæner for AM-printing (en beskrivelse)

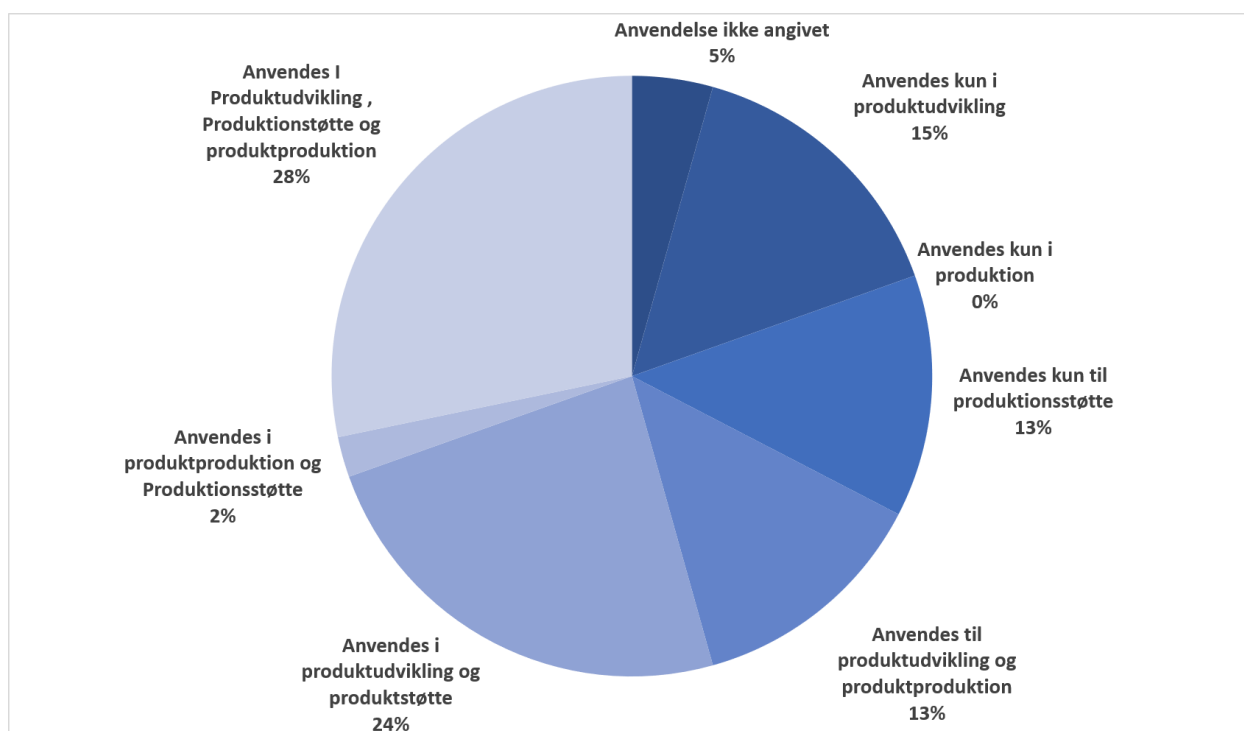
AM-teknologien anvendes primært indenfor flere anvendelsesdomæner. En fjerdedel (24 %) bruger AM-teknologi til både produktudvikling og produktionsstøtte, mens 28 % af virksomhederne, der anvender AM-teknologier, har tre anvendelsesdomæner – produktudvikling, produktproduktion og produktionsstøtte. Om end ikke alle kombinationer af anvendelsesdomæner er lige udbredte: 13

Additive Manufacturing i Dansk industri (2019)

% af virksomhederne anvender AM-teknologi indenfor både produktudvikling og produktproduktion, mens kun 2 % anvender AM-teknologien indenfor både produktproduktion og produktstøtte. Samlet set benytter lidt over to tredjedele af virksomhederne teknologien indenfor 2 eller flere anvendelsesdomæner.

Samme tendens observeres, når anvendelsesdomænerne ses individuelt; ingen (0 %) af de adspurgte virksomheder benytter AM-teknologi udelukkende til produktproduktion herunder produkter, reservedele eller komponenter. Samlet set benytter 43 % af virksomhederne AM-teknologi til produktproduktion. Det skal nævnes, at produktproduktionen godt kan foregå ved en ekstern serviceudbyder fx et specialiseret printcenter.

AM-teknologi benyttes tillige til produktion af hjælpeværktøjer (produktionsstøtte), hvilket 67 % af virksomhederne gør. Det er kun 13 % af virksomhederne, som anvender AM-teknologien alene til produktionsstøtte.



Figur 6: Anvendelsesdomæner for AM-printning (% af de virksomheder der anvender AM-teknologi)

15 % af virksomhederne anvender AM-teknologi alene til produktudvikling. Produktudvikling benyttes som oftest i kombination med andre anvendelsesdomæner. Samlet set anvendes AM-teknologi af 80 % af virksomhederne til produktudvikling.

Undersøgelsen peger derfor på, at anvendelsen af AM-teknologi hovedsageligt knytter sig til produktudviklingsfasen; enten udelukkende til udvikling, eller i kombination med en eller flere af de øvrige anvendelsesdomæner, specielt produktion af hjælpeværktøjer. AM-teknologi anvendes fortsat i begrænset omfang til reel produktion af færdige produkter eller komponenter, trods der er observeret en stigning fra 2018 (tabel 6).

Anvendelsesdomæne	Anvender AM i et domæne		Anvender AM i flere domæner	
	2018	2019	2018	2019
Produktudvikling	32 %	15 %	87%	80 %
Produktionsstøtte	1 %	13 %	52%	67 %
Produktfremstilling	2 %	0 %	31%	43 %

Tabel 6: Sammenligning af anvendelsesdomæner 2018-2019

Sammenlignet med 2018 rapporten ses der et skifte i anvendelsen af AM-teknologi. Især virksomheder, der kun anvender AM til et anvendelsesområde, oplever et skifte. Produktudvikling er faldet fra 32 % til 15 %, og i 2019 er der ingen virksomheder, der angiver, at de kun anvender AM til produktfremstilling. Produktstøtte er derimod steget fra 1% i 2018 til 13 % af virksomhederne, der anvender AM indenfor dette anvendelsesdomæne i 2019. Tilsvarende ses en stigning for virksomheder, der anvender AM indenfor flere anvendelsesdomæner indenfor både produktionsstøtte og produktfremstilling.

Der tages forbehold for at tabel 6 er baseret på 46 besvarelser i 2019, hvor mindre ændringer kan give et stort udslag. Det ses dog, at der fra 2018 til 2019 er sket et skifte imod større anvendelse af AM-teknologi indenfor produktionsstøtte og fremstilling af produkter/komponenter. Det skal igen påpeges, at ovenstående fordelinger ikke nødvendigvis betyder, at virksomhederne selv ejer AM-teknologien, men kan fx godt eje en printer til print af produktionsstøtte komponenter og anvende en ekstern leverandør til print af produkter/komponenter til slutprodukter.

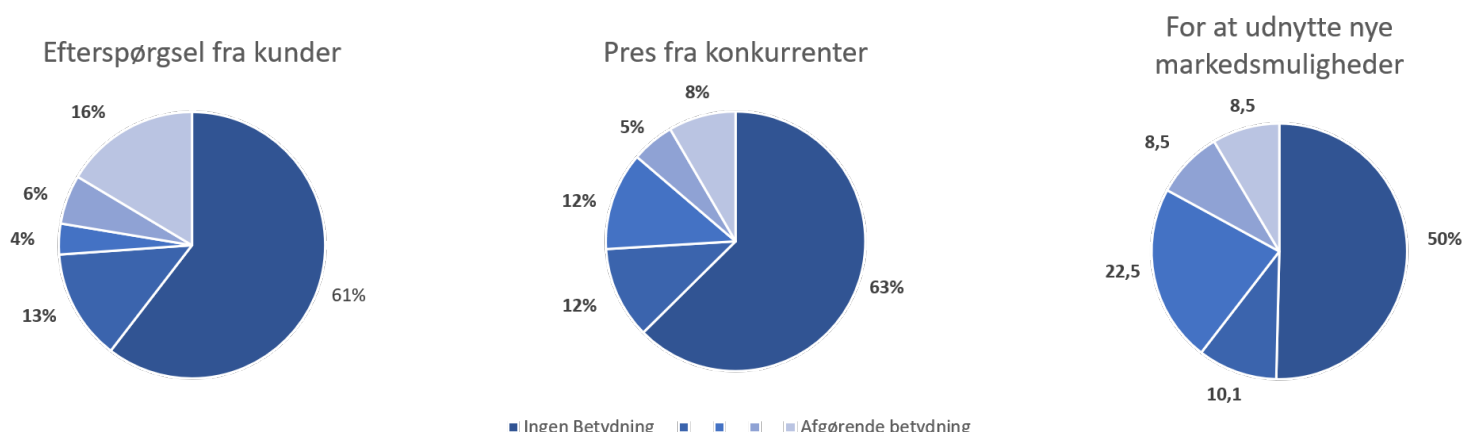
Der observeres således en stigning i anvendelsen af AM-teknologi til produktionsstøtte og til fremstilling af produkter, samtidig med at AM-teknologierne i højere grad anvendes indenfor flere domæner.

5.5 Motivation for at anvende AM-printere

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

Kunde, konkurrent og marked

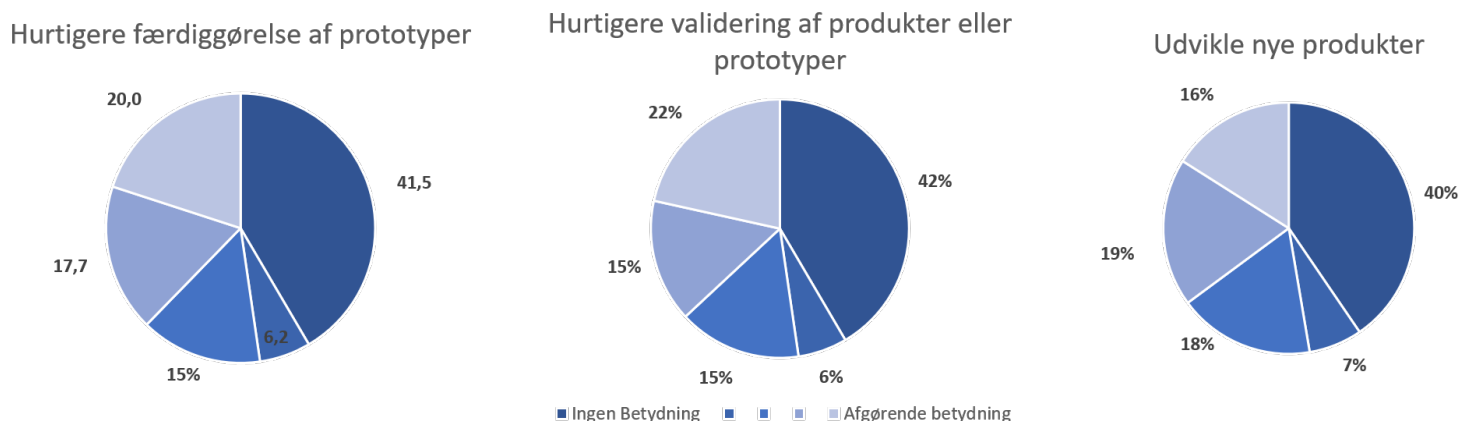
Eksterne motivationsfaktorer som *kundeefterspørgsel*, *pres fra konkurrenter* og *nye markedsmuligheder* har for over halvdelen af virksomhederne ikke haft nogen betydning. Den mest markante motivationsfaktor er dog *efterspørgsel fra kunder*, der har haft afgørende eller nogen betydning for 22 % af virksomhederne (figur 7).



Figur 7: Eksterne motiver for anvendelse af AM-teknologi

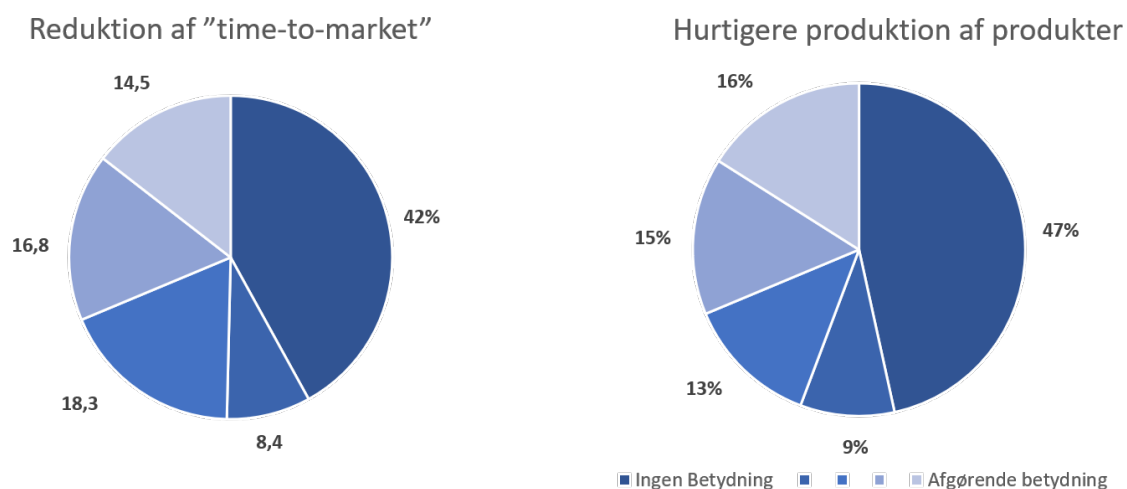
Hurtig produktudvikling; øget hastighed fra produktudvikling til marked

De væsentligste motivationsfaktorer for virksomhedernes anvendelse af AM-teknologi er *hurtigere færdiggørelse af prototyper*, *hurtigere validering af produkter eller prototyper*, samt *udvikling af nye produkter* (figur 8). Disse motivationsfaktorer angives af lidt over en tredjedel af virksomhederne – hh. 37,7 %, 37 % og 35 %.



Figur 8: Interne motiver for anvendelsen af AM-teknologi

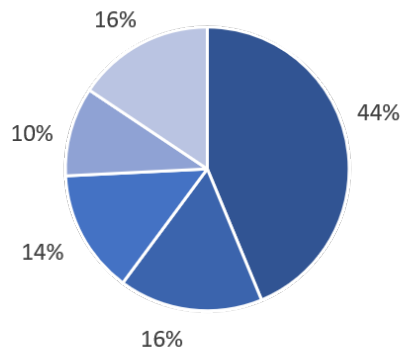
Reduktion af time-to-market og *hurtigere produktion af endelige produkter* vurderes også at være væsentlige, idet lidt under en tredjedel af virksomhederne angiver disse – hh. 31,3 % og 31 % (figur 9).



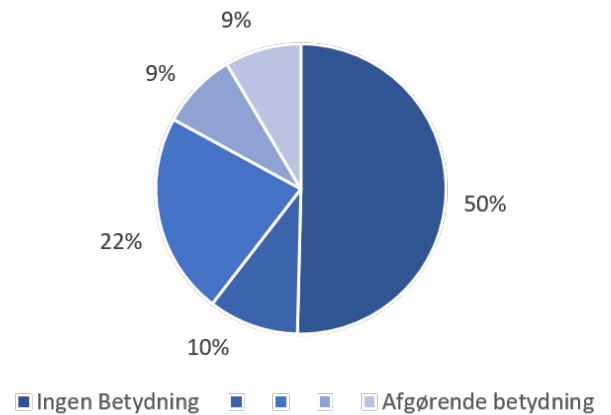
Figur 9: Hastighed som motivationsfaktor for anvendelse af AM-teknologi

Afslutningsvis motiveres en mindre andel af virksomhederne af at skabe et øget fokus på *kundetilpasning* (26%) og *produktkompleksiteten af egne produkter* (18%) (figur 10).

Øget fokus på kundetilpassede produkter



Vores produkter er meget komplekse

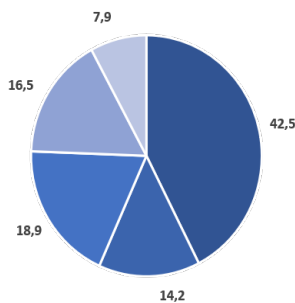


Figur 10: Motivationsfaktorer knyttet til egne produkter

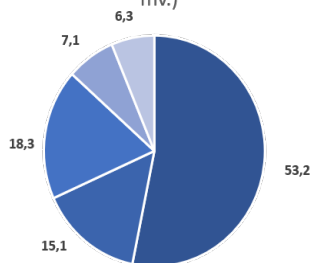
Kompetencer, medarbejdere og teknologisubstitution

En række motivationsfaktorer knytter sig til kompetencer i virksomheden, 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 11). Motivationsfaktorerne *forbedrer omsætningen*, *øge markedsandele*, og *reducere produktionsomkostningerne* har ligeledes begrænset betydning (ikke vist i figurer).

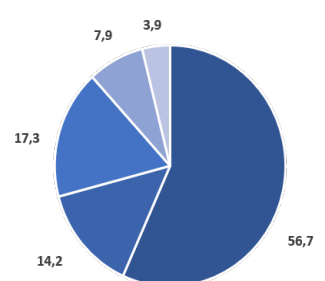
Erstatte eksisterende processer med teknologi



Tiltrækning af nye medarbejdere (lærlinge, ingeniører mv.)



Optræne nye kompetencer



Figur 11: Motivationsfaktorer knyttet til kompetencer og medarbejdere

Sammenlignet med 2018 er der sket et skifte i virksomhedernes motivationsfaktorer for at anvende AM-teknologi. Generelt for alle motivationsfaktorer gælder at andelen, af virksomheder der angiver ingen betydning (1), er steget. Således angiver lidt under halvdelen af respondenterne i 2018 at *efterspørgslen fra kunde* ingen betydning (1) har. I 2019 er det steget til 61 %.

Det samme gælder for afgørende og nogen betydning (4 & 5). I 2019 er antallet, af virksomheder der angiver at motivationsfaktorerne har nogen eller afgørende betydning (4 & 5), faldet dog med enkelte undtagelser som *pres fra konkurrenter*, der er steget lidt samt *efterspørgsel fra kunder*; her er andelen, der angiver nogen eller afgørende betydning (4 & 5), ca. det samme. De eneste motivationsfaktorer, der lader til at holde samme niveau som i 2018, er *kompetencer*, *medarbejder* og *teknologisubstitution*.

Der observeres således, at den primære motivation for at anvende AM-teknologi stadig har sit udgangspunkt i produktudviklingsrelaterede faktorer og at virksomhederne i mindre grad motiveres af markeds- eller konkurrencerelaterede faktorer. Det observeres samtidig, at der er sket et markant fald i hvor afgørende motivationsfaktorerne er for virksomhederne. I 2018 mente 2/3 af virksomhederne, at de produktudviklingsrelaterede faktorer havde "afgørende eller nogen betydning". I 2019 er denne andel faldet til ca. 1/3.

Ud fra undersøgelsens deskriptive natur er det svært at drage konklusioner eller sige noget om årsager og sammenhænge. Nærmere undersøgelse af skiftet i motivationsfaktorerne bør derfor undersøges yderligere fx igennem dybdegående kvalitative studier.

5.6 AM-teknologiens indflydelse på forretningsmodellen

36 %, af de virksomheder som anvender AM-teknologi (16 ud af 44 virksomheder), angiver, at anvendelsen af AM-teknologi har haft direkte indflydelse på deres generelle forretningstilgang og forretningsmodel. Anvendelse af AM-teknologi, kan både være via egne printere eller via tilkøb af AM services.

Flere af disse virksomheder angiver, at de ikke blot har oplevet én, men flere positive effekter på deres forretningstilgang. 18 virksomheder angiver, hvilke konkrete forretningsgange AM-teknologien har haft indflydelse på. I 2018 undersøgelsen svarede 45 % (38 ud af 84 virksomheder), at AM havde haft indflydelse på deres forretningstilgang, der ses således et fald på 8 % sammenlignet med 2018 undersøgelsen.

Virksomhederne er yderligere blevet spurgt ind til forskellige effekter, som anvendelsen af AM har haft på deres forretningstilgang (tabel 7).

Effekter på forretningstilgang	2018	%	2019	%
	38 besvarelser		18 besvarelser	
Bedre imødekommelse af kundens behov	23	61 %	9	50 %
For bedret samarbejde omkring tilpassede produkter	17	45 %	8	44 %
Optimering af værdikæden	13	34 %	8	44 %
Samarbejde med andre aktører	13	34 %	5	28 %
Etablering af nye services	11	29 %	0	0 %
Andre effekter	3	8 %	2	11 %

Tabel 7: Effekter på virksomhedens forretningstilgang

50 % (9 af de 18 virksomheder) af virksomhederne peger således på, at anvendelsen af AM-teknologi gør, at virksomheden i højere grad kan imødekomme kundernes behov igennem kundetilpassede produkter. 44 % (8 af de 18 virksomheder) angiver, at anvendelse af AM-teknologi har forbedret samarbejdet omkring tilpasning af produkterne med deres kunder. Ligeledes peger 44 % (8 ud af de 18 virksomheder) af virksomhederne 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. 28 % (5 af de 18 virksomheder) af virksomhederne oplever et forbedret samarbejde med andre aktører herunder underleverandører. 2 virksomheder svarer, at AM-teknologi har haft indflydelse på andre forretningsgange, og angiver bl.a. *mulighed for at afprøve kundernes vilde ideer*. Det er bemærkelsesværdigt, at ingen af virksomhederne svarer, at det har været muligt at etablere nye services (konsulentydelse og/eller rådgivning) med afsæt i anvendelse af teknologien, som ellers udgjorde 29 % af besvarelserne i 2018.

Det ses at effekterne ved, at anvende AM-teknologi primært påvirker samarbejdet med kunder og andre aktører, imødekommelsen af kundebehov samt optimering af værdikæden. Den mest markante ændring forhold til 2018 er, at ingen, af de besvarende virksomheder, ser muligheden for etablering af nye services som en potentiel effekt af anvendelsen af AM-teknologi.

Grundet det lave antal besvarelser indenfor spørgsmålene vedr. AM-teknologiens effekter på forretningstilgangen bør der ikke drages endelige konklusioner på baggrund af 2019 alene.

5.7 Investering i teknologien.

En mulig forklaring på de oplevede effekter kan være investeringsomfanget. Derfor blev virksomhederne spurgt ind til, hvor meget de har investeret i AM-teknologi, henholdsvis i udstyr, ydelser og uddannelse. Derudover svarer virksomhederne på deres forventninger til: hvorvidt de i den nærmeste fremtid forventer yderligere investeringer indenfor de tre områder; udstyr, ydelser og uddannelse (se tabel 8).

Investeringsintervaller [dkr.]	Udstyr	Ydelser	Uddannelse
Ingen investering	36 %	40 %	70 %
0-25.000	18 %	18 %	18 %
25.001-100.000	23 %	29 %	12 %
100.001-250.000	10 %	7 %	0 %
250.000+	13 %	6 %	0 %
Total	100 %	100 %	100 %

Tabel 8: Investering i forskellige områder relateret til AM-teknologi

Omkring 49 virksomheder besvarede spørgsmålene omkring deres investeringer i AM-teknologi. Ikke overraskende er udstyr den væsentligste investering. Hovedparten af investeringerne ligger under 100.000 dkr. De angivne investeringer er opgivet for det 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 dkr. Det er tydeligt, at investering i AM-relateret uddannelse har lavere prioritet.

36 % 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 100.000 dkr. 60 % af virksomhederne har haft investeringer i AM-ydelser hos eksterne samarbejdspartnere, hvor 47 % ligger under 100.000 dkr. Det er tydeligt, at investeringer i uddannelse af personale ligger lavt, og det er således kun 30 % af virksomhederne, der har investeret i uddannelse (i seneste regnskabsår).

Virksomhederne er også blevet spurgt indtil deres fremadrettede forventninger til investeringer indenfor AM-teknologi. 25 % af virksomhederne (35 ud af 138 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 mens 60 % forventer, at de vil investere i ydelser. Kun 26 % forventer at skulle investere i uddannelse.

Sammenlignet med rapporten fra 2018 er der kun mindre udsving, fx er procentdelen, af

virksomheder der forventer at investere i ydelser, faldet fra 71 % til 60 %, og investeringer i uddannelse er faldet fra 32 % til 26 %. Mens investeringer i udstyr forbliver det samme. Samlet set er procentdelen, af virksomheder der ønsker at investere AM-teknologi, faldet med fra 40 % til 25 %.

Som i 2018 investerer virksomhederne primært indenfor udstyr og ydelser fra eksterne partnere, når der investeres indenfor AM-teknologi. Hvorimod investering i uddannelse har mindre prioritet. Hovedparten af investeringerne ligger under 100.000 dkr. Adspørges virksomhederne om deres fremtidige investeringer, er der 25 % i 2019 imod 40 % i 2018, der forventer at investere i AM-teknologi i det kommende år.

5.8 Fremtiden – teknologiområder og beslutningskompetence

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 fx digitalisering og nye teknologier (fx AM-teknologi).

Virksomhederne har rangeret de enkelte områder som enten 1., 2. eller 3. prioritet. Tallene i tabellen herunder (tabel 9) angiver således dels antallet af virksomheder, der har angivet det strategiske indsatsområde som en prioritet samt den procentvise fordeling imellem 1., 2. og 3. prioritet.

Prioritet	Strategiske teknologiområder							
	Robotter og automatisering	Produkt innovation	Digitalisering af værdikæden	Digitalisering af produktionen	AM-teknologi	Big data & dataanalyse	Internet of Things	Ingen af de nævnte
1	43 %	44 %	26 %	33 %	15 %	5 %	12 %	24 %
2	32 %	33 %	26 %	38 %	23 %	67 %	35 %	32 %
3	25 %	32 %	48 %	29 %	62 %	28 %	53 %	44 %
Total	119	109	74	88	13	18	19	41

Tabel 9: Strategiske teknologiområder for virksomhedernes fremtidige konkurrenceevne

De vigtigste observationer er:

- Robotter & automatisering samt produktinnovation har de største %-mæssige andele af førsteprioriteter samt flest nomineringer (119 og 109)
- Digitalisering af både produktionen og værdikæden har næstflest nomineringer (88 og 74) og procentvis næstflest 1. nomineringer (33% og 26%)
- AM-teknologi er det område, der har procentvis flest 3. prioriteter men færrest nomineringer

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 højest. AM-teknologi, Big Data & dataanalyse samt Internet of Things tiltrækker ikke samme opmærksomhed i undersøgelsen. Dermed ses samme tendens og prioriteringer som i 2018.

Virksomhederne blev dernæst spurgt til, hvor beslutningskompetencen for fremtidige investeringer i ny teknologi ligger (Tabel 10). AM-teknologi anses af mange virksomheder 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	13 %	23 %	3 %	61 %
Investering i ny teknologi	12 %	19 %	2 %	67 %
Uddannelse med fokus på ny teknologi	13 %	25 %	3 %	59 %

Tabel 10: 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

I 2018 rapporten blev der udviklet 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 virksomheden. Det højeste kompetenceniveau er defineret som virksomheder, der både ejer/leaser en eller flere printere og samtidig køber kompetencer ved en serviceudbyder. Et eksempel kunne være en virksomhed, der ejer og anvender FDM og SLA-printere til prototyper og fiksturer samt bruger en samarbejdspartner til mere avancerede metalprints. Tillige antog vi, at en virksomhed, der anvender teknologien i flere domæner, har et højere kompetenceniveau end en virksomhed, der kun anvender teknologien i ét domæne (fx prototyping). Dette afsnit sætter derfor fokus på sammenhængen mellem virksomhedernes kompetenceprofil (som illustreret 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 11 illustrerer de forskellige kompetenceniveauer og beskriver dem.

Kompetenceprofil	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.
	Ejer AM-teknologi	Virksomheden ejer AM-teknologi og anvender teknologien internt og har derved opbygget egne kompetencer.
In-house	Leaser AM-teknologi	Virksomheden leaser AM-teknologi fra ekstern partner, men anvender teknologien internt og opbygger kompetencer.
	Tilkøber AM ydelser	Virksomheden tilkøber ydelser fra eksterne serviceudbydere ^{*1} , men har ikke egne AM-kompetencer.
Outsourcing	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.

Tabel 11: AM-teknologikompetencer

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

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

6.2 Anvendelsesdomæne og potentiale udnyttelse

I det følgende anvendes de tre anvendelsesdomæner, der blev introduceret i starten af rapporten: produktudvikling, produktionsstøtte og produktproduktion. Tabel 12 viser definitionen af disse domæner.

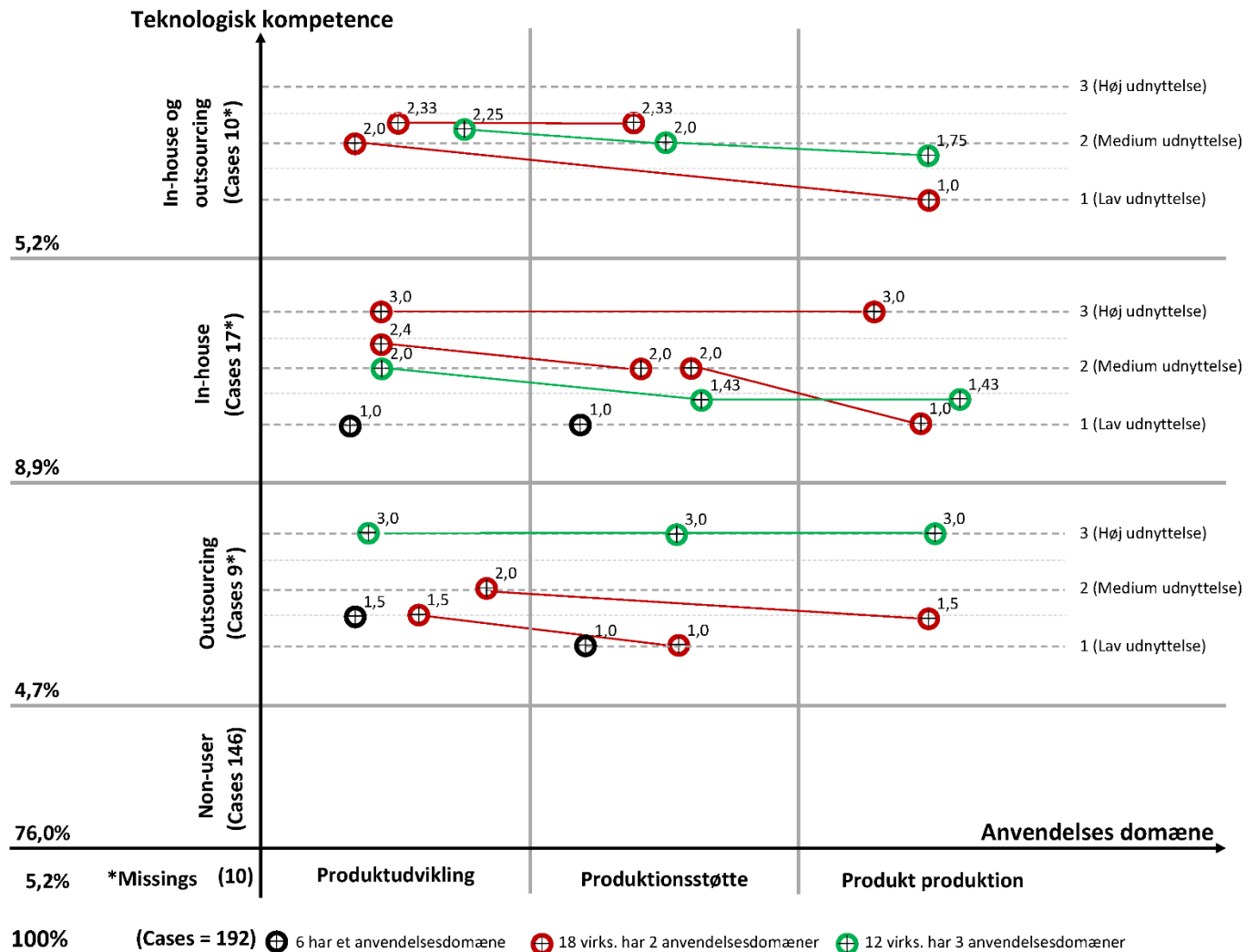
Anvendelsesdomæne	Beskrivelse
Produktudvikling	Prototyping (evt. rapid), AM-printning af prototyper, testmodeller eller 0-serier, til understøttelse af udviklings- og innovationsarbejde.
Produktionsstøtte	Direct Tooling, AM-printning af støtteværktøjer til den kørende produktion i form af fiksturer,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

Tabel 12: 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 køber en printer, men kun anvender den i meget begrænset omfang. De deltagende virksomheder har angivet i hvilken grad potentialet for AM-teknologien udnyttes som enten lav (1), mellem (2) eller høj (3) udnyttelse.

6.3 Model for virksomhedernes AM-kompetencer

Når vi sammenstiller domæne, udnyttelsesgrad og teknologitype, kan en virksomheds AM-kompetencer identificeres. Dermed fremkommer nedenstående kombinationer (se figur 12):



Figur 12: AM printteknologisk kompetencemodel

Note: figuren aflæses som en kombination af køb af ydelse, in-house 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.

Niveau 1: Ingen kompetencer

Indledningsvis ses det, at 76 % af virksomhederne 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. 4,7 % 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 og deres engagement med teknologiens muligheder.

Niveau 3: Teknologiske AM-kompetencer udviklet in-house

På niveau 3 har virksomhederne indkøbt/leaset teknologi til anvendelse in-house. 8,9 % af virksomhederne har implementeret AM-teknologi i virksomheden dog uden samtidig at tilkøbe ydelser. 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 5,2 % 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.

Det ses, at kun cirka 14 % af produktionsvirksomhederne ejer AM-teknologi.

Dette billede svarer stort set overens med 2018 undersøgelsen, dog er der sket et skifte mellem in-house samt in-house & outsourcing. I 2018 havde 11,2 % af virksomhederne både in-house & outsourcing kompetencer mens 5,6 % af virksomhederne udelukket havde in-house kompetencer. Umiddelbart kan dette ses som et fald i kompetenceniveau, men da undersøgelsen ikke beskriver årsager, kan der ikke drages en direkte konklusion. Faldet kan skyldes, at flere virksomheder, der tidligere både ejede/leasede AM-teknologi samt tilkøbte ydelser, har valgt at fokusere på egne AM-printere fremfor at købe ydelser. Dette betyder, at virksomhederne ikke længere igennem køb af serviceydelser er i dialog med eksperter med bred AM-viden indenfor teknologier, design og materialer. Dermed falder virksomhedernes kompetenceniveau. Dette bør dog undersøges separat.

Anvendelsesdomæner og kompetence

Modellen viser forskellene indenfor anvendelsesdomænerne. Hvilke og hvor mange domæner virksomhederne er involverede i aflæses i de lodrette kolonner.

Modellen viser følgende:

- Cirka 17 % af virksomhederne (6 ud af 36), anvender kun AM indenfor **ét** domæne (de sorte markeringer i figuren). Det er tydeligt, at det ene domæne enten tager udgangspunkt i produktudvikling og produktionsstøtte, samt at virksomhederne enten selv ejer/leaser teknologien eller tilkøber ydelser. Virksomheder, der både ejer/leaser og tilkøber ydelser, har alle to eller flere anvendelsesdomæner
- 50 % af virksomhederne (18 ud af 36) anvender AM teknologi indenfor **to** anvendelsesdomæner. Alle kombinationer af anvendelsesdomæner forefindes (fx produktion og produktudvikling).
- 33 % af virksomhederne (12 ud af 36) anvender AM-teknologi indenfor alle **tre** anvendelsesdomæner.

Trefjerdedele, af de virksomhederne der anvender AM teknologi, benytter primært AM-teknologien i et eller to anvendelsesdomæner. Det domæne, hvor AM-teknologien anvendes mest er produktudvikling.

Udnyttet potentiale ved anvendelse af AM-teknologi

I 2018 undersøgelsen oplevede virksomhederne det højeste realiserede potentiale indenfor produktudviklingsdomænet. Den næsthøjeste udnyttelse af potentialet fandtes i produktionsstøttedomænet (fremstilling af fixturer, gribere og forme), mens den laveste udnyttelse af potentiale findes indenfor produktproduktionsdomænet. Samme tendens ses i 2019 for virksomheder med 2 anvendelsesdomæner. Ved tre anvendelsesdomæner er tendensen stagnerende mellem produktstøtte og produktproduktion. Generelt er den oplevede udnyttelse af AM-teknologien faldet siden 2018 uanset antal anvendelsesdomæner og AM-kompetenceniveau, hvilket kan tilskrives forskel i sammensætning af deltagende virksomheder imellem 2018 og 2019.

Virksomhederne oplever størst udnyttelse af potentialet ved anvendelse af AM-teknologien indenfor produktudvikling og til udviklingsformål. Desuden ses, at virksomhederne oplever det laveste potentiale ved fremstilling af produkter eller komponenter. Siden 2018 er det gennemsnitlige oplevede udnyttelsesniveau faldet.

Den samlede model for AM-teknologisk kompetence

Jo flere anvendelsesdomæner virksomhederne anvender AM-teknologi indenfor, desto højere er udnyttelsen af potentialet. Modellen viser således, at virksomheder, der kun anvender AM-teknologien indenfor ét domæne, har en markant lavere udnyttelse af det potentiale, der ligger i teknologien sammenlignet med virksomheder, der anvender AM-teknologi indenfor to eller tre domæner (de røde og grønne markører).

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 (outsourcing), har et gennemsnitligt lavere niveau for det oplevet udnyttede potentiale end de virksomheder, der enten ejer teknologien eller har en kombination af at eje AM-teknologi og tilkøbe af AM-serviceydelser. For virksomheder der er aktive indenfor to anvendelsesdomæner, i de to højeste kompetenceniveauer, ses der ikke et entydigt mønster i niveauet for hvordan virksomhederne udnytter potentialet indenfor AM-teknologien. For virksomhederne der er aktive i alle tre anvendelsesdomæner ses det at jo højere kompetenceniveau, desto højere niveau af det udnyttede potentiale af AM-teknologien.

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. Derudover ses at de virksomheder, 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.

Grundet de få cases, der ligger bag de enkelte kombinationer, vil gennemsnittene være relativt følsomme for variationer. Der ses samtidigt et lignende mønster som i 2018.

7 AM-kompetencer og virksomheds-karakteristika

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

7.1 Virksomhedens størrelse

Umiddelbart har virksomhedens AM-teknologiske kompetenceniveau ingen sammenhæng med virksomhedens størrelse. Virksomhederne fordeler sig med ca. en fjerdedel i størrelsesintervallerne, 20-49, 50-99, 100-199. Virksomhederne, 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).

AM-kompetenceniveau	Antal virksomheder	Størrelse (antal medarbejdere)			
		20-49	50-99	100-199	200+
Niveau 4: In-house + outsourcing	13	15 %	8 %	38 %	39 %
Niveau 3: In-house	21	43 %	14 %	24 %	19 %
Niveau 2: Outsourcing	12	42 %	17 %	25 %	16 %
Niveau 1: Non-user	146	50 %	22 %	20 %	8 %

Tabel 13: Virksomhedens størrelse sammenholdt med AM kompetence

Virksomhedens størrelse er ikke 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-kompetencer, og dem der slet ikke arbejder med teknologien. Dermed ses samme tendens som i 2018.

7.2 Teknologiintensitet

Arbejder en virksomhed med Additive Manufacturing, har de en højere teknologiintensitet (tabel 14) sammenlignet med dem, der ikke har AM kompetencer eller udelukke køber ydelser eller ejer/leaser. Desuden er der næsten ingen af non-userne med "high tech" teknologiniveau. Om man selv ejer/leaser eller køber ydelser, lader ikke til at påvirke teknologiintensiteten. Således er der en positiv sammenhæng mellem virksomhedernes AM-kompetenceprofil og virksomhedens teknologiintensitet. Der kan ikke spores et stigende teknologiniveau med et stigende AM-kompetenceniveau imellem niveau 2 og 3, men meget tydeligt ved springet op til niveau 4. Analysen kan dog ikke vise, hvorvidt det er teknologisk udviklede virksomheder, som har større

tendens til at adoptere AM-printteknologi – eller omvendt.

AM-kompetenceniveau	Antal virksomheder	Teknologiintensitet			
		high tech	medium/-high tech	medium/-low tech	low tech
Niveau 4: In-house + outsourcing	13	38 %	54 %	0 %	8 %
Niveau 3: In-house	21	19 %	24 %	43 %	14 %
Niveau 2: Outsourcing	12	17 %	50 %	25 %	8 %
Niveau 1: Non-user	146	5 %	31 %	34 %	30 %

Tabel 14: Virksomhedens teknologiintensitet sammenholdt med AM-kompetence (Beregnet som den kumulerede %-fordeling)

Virksomheder, der arbejder med AM teknologi enten via egne kompetencer eller som tilkøbte ydelser, har en højere teknologiintensitet. Men virksomhedens størrelse er ikke betydende for, om de kan arbejde med AM-teknologi og udvikle teknologiske kompetencer. Dermed ses samme tendens som 2018 dog med enkelte undtagelser; fx er andelen af "high tech" virksomheder, der både ejer/leaser og køber ydelser, steget markant med omkring 20 %. Samtidig er andelen af "medium/high tech" virksomheder, der kun ejer/leaser faldet cirka 15 %.

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. Radikal innovation er kendetegnet ved at være ny for markedet (eller verden) eller ny for virksomheden.

I tabel 15 vises den procentvise andel af henholdsvis produkt- og procesinnovation (udviklet i perioden 2016-2018) for de fire AM-kompetenceniveauer. Under produktinnovation skelnes der yderligere mellem hhv. inkrementel og radikal innovation.

AM-kompetenceniveau	Produktinnovation		Proces-innovation
	Inkrementel	Radikal	
Niveau 4: Inhouse + outsourcing	100 %	56 %	67 %
Niveau 3: Inhouse	85 %	41 %	63 %
Niveau 2: Outsourcing	80 %	50 %	50 %
Niveau 1: Non-user	72 %	38 %	34 %

Tabel 15: 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 2016-2018. For virksomheder, der køber AM-kompetencer hos leverandører (niveau 2), er der en lille overvægt af innovative virksomheder sammenlignet med de virksomheder, der ikke anvender AM teknologi (niveau 1).

Omkring halvdelen af virksomhederne på niveau 2 til 4 er radikalt innovative, især virksomheder, der benytter outsourcing, er radikalt innovative. Sammenlignet med niveau 1 hvor kun 38 procent

af virksomhederne er radikalt innovative. Her ses sammenlignet med rapporten for 2018 en markant stigning fra 24 % til 38 % i 2019 rapporten.

Dermed ses en sammenhæng mellem AM-kompetencer og evnen til at realisere produktinnovationer på både inkrementelt og radikalt niveau.

Ses der på sammenhængen mellem AM-kompetenceprofil og procesinnovation, er billedet en smule anderledes. Her tegner der sig et billede af, at virksomheder, der ejer deres AM-kompetencer (niveau 3 og 4), er bedre til at implementere ny teknologi og omsætte denne til procesinnovation. Cirka en tredjedel af de virksomheder, der ejer teknologien, har i perioden haft procesinnovation (henholdsvis 63 % og 67 %). Det ses yderligere at 50% af de virksomheder, der udelukkende tilkøber AM-teknologi ydelser (outsourcing) har haft procesinnovation. Kun 38 % virksomheder, der ikke benytter teknologien, har realiseret procesinnovation (2016 -2018). 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 med fokus på antallet af domæner, virksomhederne anvender AM-teknologien i, ses der tillige en sammenhæng mellem antallet af domæner samt produkt- og procesinnovation (tabel 16).

Antal anvendelsesdomæner	Produktinnovation		Proces- innovation
	Inkrementel	Radikal	
Anvender AM i alle tre	90 %	67 %	90 %
Anvender AM i to*	94 %	56 %	56 %
Anvender AM i en*	75 %	11 %	42 %
Ingen	72 %	38 %	34 %

Tabel 16: Anvendelsesdomæner sammenholdt med innovationsniveau

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

Når virksomhederne anvender AM-teknologi indenfor 2 eller 3 domæner, har de et markant højere produktinnovationsniveau end for anvendelse i et domæne eller ingen anvendelse af AM-teknologi. Virksomheder med højere anvendelse af AM-teknologi er således mere succesfulde med produktinnovation. Dette gælder for både inkrementel og radikal innovation.

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

Ejerskab samt anvendelse af AM-teknologi i flere anvendelsesdomæner er direkte relateret til virksomhedernes succes med produktinnovation og implementering af nye teknologier igennem

procesinnovation. Specielt gælder det, at virksomheder, der ejer deres AM-kompetencer og anvender AM til både produktudvikling, fremstilling af værktøjer/fixtures samt produkt/komponentfremstilling, har signifikant flere radikale produktinnovationer, hvilket potentielt kan skabe øget konkurrencekraft.

7.4 Medarbejderinvolvering

Undersøgelsen kortlægger tillige hvilke funktioner og medarbejdergrupper, der har adgang til eller er involveret i anvendelsen af AM-teknologien i virksomheden. Tabel 17 viser hvor mange virksomheder, der i hver type har krydset ja.

Funktioner med adgang til AM i virksomheden							
AM-kompetenceniveau	Udvikling	Produktion	IT	Salg	Indkøb/ADM/HR	Ledelse	Indeks SUM
Niveau 4: In-house + outsourcing	10	2	1	2	1	4	20
Niveau 3: In-house	15	7	4	2	1	5	34
Niveau 2: Outsourcing	10	1	0	1	3	5	20
Niveau 1: Non-user	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 17: 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 (niveau 3). Dette understøtter, at det næst mest anvendte AM-domæne er fremstillingen af fixturer, værktøjer ol. Yderligere er det interessant, at der tydeligvis er en forankring i ledelsen (på tværs af niveauer), hvilket kan indikere forankring i virksomhedens strategi.

Tillige ses en sammenhæng mellem at eje AM-teknologi og antallet af virksomheder, der er involveret i brugen af teknologien. Dvs. virksomheder, der ejer AM-teknologi (niveau 3), har en bredere forankring på tværs af funktioner i virksomheden, da indeks summen er signifikant højere (indekssum = 34). Her ses således en afvigelse fra 2018, hvor virksomheder, der både ejer og køber AM-ydelser (niveau 4), havde det den største indekssum.

Rapporten 2019 viser, at AM-teknologien som ofte er placeret hos udviklings- og produktionsmedarbejdere, og at ledelsen er involveret i virksomhedernes AM-arbejde. Derudover er det tydeligt, at den brede forankring på tværs af funktioner er relateret til ejerskab.

7.5 Indflydelse på forretningstilgangen

Undersøgelsen viser en klar tendens til, at virksomhedens AM-kompetenceniveau påvirker virksomhedens forretningstilgang. Virksomhederne oplever den største indflydelse på deres forretningstilgang, hvis de udelukkende ejer AM-teknologi. Både når virksomhederne både ejer og køber ydelser, oplever de den mindste effekt på deres forretningstilgang, mens virksomheder oplever den større effekt af AM-teknologien på deres forretning, hvis de udelukkende køber ydelser.

Af tabel 18 fremgår det, at virksomheder har den største effekt på forretningstilgangen, hvis de ejer AM-teknologien. Dog ses ingen effekt på nye services.

Det er tydeligt, at AM-teknologien understøtter og udvikler virksomhedernes evne til at imødekomme kundens behov igennem kundetilpassede produkter. Dette sker direkte igennem enkelte produkter, men også gennem samarbejde med kunder. Det kunne være igennem et udviklingssamarbejde. Optimering af forsyningskæden fremstår tillige som væsentlig for virksomheder, der udelukket ejer AM-teknologi. Tallene i nedenstående tabel er baseret på 18 besvarelser, og der kan derfor ikke drages konklusioner alene på baggrund heraf.

AM-kompetenceniveau	AM har haft indflydelse på forretnings-tilgangen	Effekter på forretningstilgang				
		Imødekomme kundebehov igennem kunde-tilpassede produkter	Forbedret samarbejde om kunde-tilpassede produkter	Optimering af forsynings-kæden	Forbedret samarbejde med andre aktører	Etableret nye services
Niveau 4: In-house + outsourcing	27 %	2	1	1	0	0
Niveau 3: In-house	43 %	6	5	6	4	0
Niveau 2: Outsourcing	33 %	1	2	1	1	0
Niveau 1: Non-user	-	-	-	-	-	-

Tabel 18: Indflydelse på virksomhedens forretningstilgang sammenholdt med AM kompetence (Tallene i nedenstående tabel er forholdstal)

Ejerskab af AM-teknologi har en direkte indflydelse på, hvordan virksomhederne i undersøgelsen oplever effekten på egen forretningstilgang. Vigtigst er fokus på øget kundesamarbejde og kundetilpassede produkter. Virksomhederne oplever størst indflydelse på forretningstilgangen og har flest positive effekter, hvis de udelukkende ejer AM-teknologi.

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 halvdelen (25 ud af 46) af de virksomheder, som arbejder med AM-teknologi, forventer fremtidige investeringer. 7 % af virksomhederne forventer at anskaffe AM-teknologi i fremtiden, hvis de ikke anvender AM-teknologi i dag.

AM-kompetenceniveau	Antal virksomheder	Virksomheder der forventer fremtidig investering indenfor AM-teknologien	Type af investering		
			Udstyr	Ydelser	Uddannelse
Niveau 4: In-house + outsourcing	13	7 56 %	5	5	3
Niveau 3: In-house	21	11 52 %	11	4	3
Niveau 2: Outsourcing	12	7 58 %	1	7	0
Niveau 1: Non-user	146	10 7 %	8	5	3
SUM	192	35 -	-	-	-

Tabel 19: Fremtidige investeringer sammenholdt med AM-kompetence

Der er derimod en signifikant højere andel, af virksomheder, der anvender AM-teknologi indenfor alle tre anvendelsesdomæner, som forudser yderligere investeringer i fremtiden. Blandt virksomheder, der anvender AM-teknologien indenfor alle tre domæner (prototyping, produktionsstøtte og produkt/komponent produktion), forventer 77% at foretage yderligere investeringer. 48 % af virksomheder med to anvendelsesområder forudser fremtidige investeringer. Dette er en smule lavere forhold til virksomheder, der udelukkende har et anvendelsesområde (42 %).

Antal anvendelsesdomæner	Antal virksomheder	Virksomheder der forventer fremtidig investering indenfor AM-teknologien		Type af investering		
				Udstyr	Ydelser	Uddannelse
Anvender AM i alle tre	13	10	77 %	8	7	7
Anvender AM i to*	21	10	48 %	7	5	1
Anvender AM i en*	12	5	42 %	2	4	1
Ingen	146	10	7 %	8	5	3
SUM	192	25	-	-	-	-

Tabel 20: Fremtidige investeringer sammenholdt med antal anvendelsesdomæner

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

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 en klar tendens til, at AM-modne (både ejer og køber AM kompetencer) virksomheder og virksomheder med flere anvendelsesdomæner i højere grad forventer fremtidige investering indenfor AM. Samtidig forventes investeringerne at fordele sig ligeligt imellem udstyr, ydelser og uddannelse.

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, at når virksomheden både ejer og køber AM-kompetencer samt når AM anvendes indenfor flere domæner, er forventningerne yderligere investeringer høj indenfor både udstyr, ydelser og uddannelse.

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

8 Barrierer for anvendelse af AM-teknologi

I både 2018 rapporten og i denne rapport ses det, at cirka 75 % af danske virksomheder ikke anvender AM-teknologi. En del af disse vil naturligt ikke finde anvendelse for teknologien. Men for en række virksomheder er det barrierer, der forhindrer virksomhederne i at overveje og anvende teknologien. Barrierer forhindrer tillige videre udbredelse af teknologien i virksomheden. Barrierer kan enten være reelle eller oplevede udfordringer og problemstillinger i forbindelse med anvendelse af AM-teknologi.

For at afdække barriererne for anvendelse af AM-teknologi bliver der i spørgeskemaundersøgelsen spurgt ind til forskellige årsager til, hvorfor virksomhederne ikke arbejder med AM-teknologi, og hvorfor virksomheder, der anvender AM-teknologi, ikke har udbredt teknologien til flere domæner.

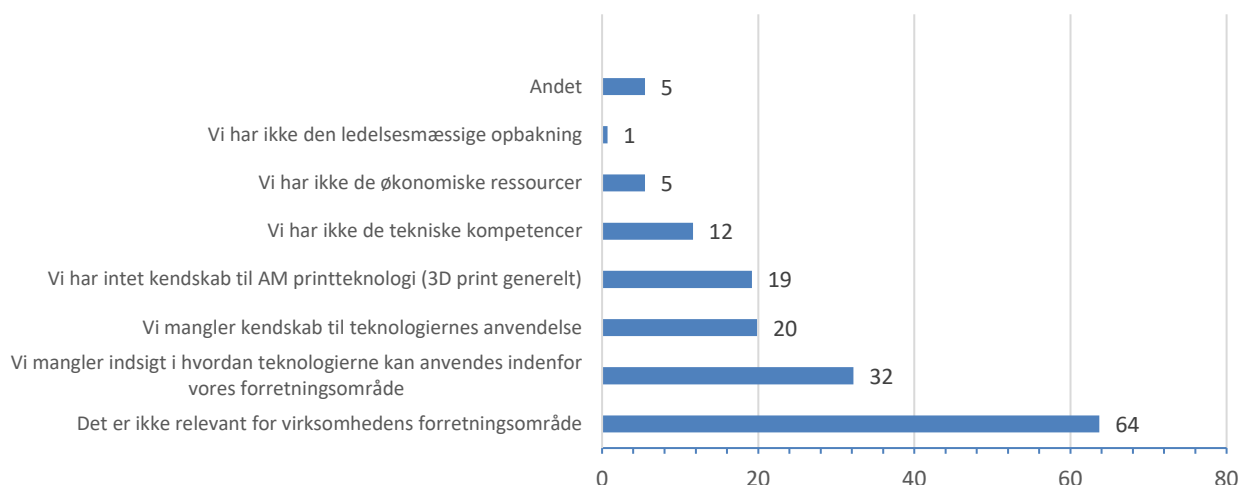
For yderligere at forstå barriererne for anvendelse af AM-teknologierne er to specialister fra AM-miljøet i Danmark blevet interviewet samt tre virksomheder, der på hver sin måde og hvert sit niveau arbejder med og har erfaring med AM-teknologi.

8.1 Barrierer for anvendelse af AM-teknologi

Barrierer for virksomheder, der endnu ikke anvender teknologien.

146 ud af de 192 virksomheder angiver, at de ikke anvender AM-teknologier. Figur 13 viser de væsentligste barrierer årsager til, at virksomheder ikke anvender AM-teknologi. Virksomhederne har haft mulighed for at angive flere årsager, tallene, som er angivet i procent, vil derfor ikke summere op til 100.

Væsentligste årsager til at virksomheden ikke anvender AM i dag [%]



Figur 13: Væsentligste årsager til ikke at anvende AM-teknologi

I kategorien "Andet" beskriver virksomhederne de væsentligste barrierer som følgende:

- Kvalitet, tolerancekrav og driftssikkerheden vurderes ikke høj nok med eksisterende teknologi
- Teknologien vurderes ikke relevant; der arbejdes med store emner eller væsker
- Der er ikke et økonomisk grundlag for at anvende denne teknologi i branchen på nuværende tidspunkt
- Der er regulatoriske restriktioner i en "late-mover branche"
- Teknologien er for dyr; fokus på metalprint eller serieproduktion

Den væsentligste årsag til ikke at anvende AM-teknologi angives som *manglende relevans for nuværende forretningsområde* (64%). Dette tal kan også ses i lyset af manglende viden om teknologien. Det kan altså ikke konkluderes, at AM-teknologi ikke kan understøtte disse virksomheder positivt. Det kan være et udtryk for, at mulighederne indenfor de enkelte anvendelsesdomæner ikke er afdækket, eller at virksomheden ikke besidder den nødvendige viden til at vurdere potentialet.

Disse udsagn understøttes af de tre følgende årsager til ikke at anvende AM-teknologi: *vi mangler indsigt i, hvordan teknologierne kan anvendes indenfor vores forretningsområde* (32%); *vi mangler kendskab til teknologiernes anvendelse* (20%) og *vi har intet kendskab til AM-printteknologi* (19%). Endelig er der en mindre gruppe af virksomheder, der angiver tekniske kompetencer eller økonomiske ressourcer som væsentlige årsager til ikke at anvende AM-teknologi.

Disse resultater viser et tydeligt billede af, at de væsentligste årsager til ikke at anvende AM-teknologi skyldes *manglende viden om AM-teknologiens potentiale* både rent teknisk, men også ift. at understøtte virksomhedens forretningsgrundlag.

Årsagerne angivet under "andet" tager udgangspunkt i, at print af produkter og komponenter er for dyrt, ikke lever op til kvalitetskrav eller ikke har hastigheden til at producere tilstrækkeligt i volumen. Da AM-teknologien netop er forankret i de tre anvendelsesdomæner, antyder svarene, at mange virksomheder, der ikke kender til 3D printning og AM-teknologi,

har begrænset kendskab til muligheder, samt indenfor hvilke anvendelsesområder teknologien kan bidrage positivt.

Barrierer for virksomheder, der allerede anvender teknologien.

De 46 virksomheder, der anvender AM-teknologi i et eller flere af domænerne, blev spurgt om de væsentligste årsager til at AM-teknologien ikke anvendes i flere domæner (tabel 21).

Væsentligste årsag til at virksomheden ikke anvender AM-teknologi?					
	Produktionsstedet har ingen udviklingsaktiviteter	Det er ikke relevant i forhold til nuværende udviklingsprocesser	Mangler indsigt i hvordan teknologierne kan anvendes til produktion af hjælpværktøjer	De rigtige teknologier er ikke til rådighed	Mangler økonomiske ressourcer
I produktudviklingsprocessen?	2	2	-	1	-
Til produktion af hjælpværktøjer?	-	9	3	1	-
Til produktion?	-	16	1	3	3

Tabel 21: Årsager til ikke at anvende AM-teknologi i alle domæner (antal virksomheder).

Nogle af svarene relaterer sig til specifikke domæner. Det generelle billede er dog at barrierer er: *AM-teknologi ikke er relevant for nuværende set-up eller processer, manglende teknologisk indsigt* eller *de rigtige teknologier ikke er til rådighed*. Det er tydeligt at viden og indsigt er de væsentligste barrierer for ikke at udbrede teknologien yderligere i virksomheden. Der ses specielt en skepsis i relation til anvendelse af teknologien i produktionen fx i forhold til at printe hjælpværktøjer og/eller komponenter/produkter. Det kan skyldes, at AM-teknologien reelt ikke er relevant for den enkelte proces. Men det kan også være et udtryk for manglende viden angående mulighederne på tværs af domæner og forskellige teknologier.

I det der kun er 46 besvarelser i denne del, er ovenstående ikke et udtryk for generelle konklusioner, men en indikation af tendenser.

8.2 CASEs med fokus på barrierer for anvendelse af AM-teknologi

For at forstå barriererne yderligere er der gennemført interviews med 3 virksomheder med forskellige kompetenceniveauer samt interview med to eksperter fra henholdsvis Teknologisk Institut og Damvig 3D print. På baggrund af interviewene er der udarbejdet en række cases med eksempler på de barrierer som virksomhederne oplever. Virksomhederne anvender alle i en eller anden grad AM-teknologi.

CASE: Fra støbeforme til forretningsudvikling, men viden mangler!

Hasle Refractories

Hasle Refractories er en privatejet produktionsvirksomhed grundlagt i 1843. Virksomheden producerer ildfaste elementer til business-to-business segmentet. Virksomhedens 35 ansatte

producerer alle elementer i Danmark.

I dag anvender Hasle Refractories i et begrænset omfang AM-teknologier til prototyping af støbeforme, da dette er billigere end at få fremstillet en støbeform, som eventuelt skal tilpasses flere gange. Virksomheden ejer ikke selv teknologien, men tilkøber ydelser. Teknologien blev introduceret i virksomheden for ca. 5 år siden af ledelsen, som var blevet inspireret af en artikel i Ingeniøren.

Ledelsen overvejer at anvende teknologien yderligere fx som supplement til sælgerens 3D-tegninger. Tanken er, at sælgeren i tillæg til det normale materiale fremviser 3D-printede elementer til præsentation hos kunden. Virksomheden overvejer tillige at benytte teknologien til tooling, hvor de benytter AM-teknologi til at fremstille støbeformen og ikke blot prototyper af støbeforme.

De primære barrierer for ikke at udbrede brugen af AM-teknologier yderligere i virksomheden er, at virksomheden mangler viden om teknologiens nuværende kvalitet. Dermed er der uklarhed om teknologien er god nok til at fremstille støbeforme. Desuden mangler virksomheden kompetencerne til selv at printe, hvis de ejede teknologien. Viden ville evt. skulle tilføres i en kortere periode fx igennem tilkøb af konsulenttydelser. Da virksomheden er en mindre virksomhed, er der også en bekymring for, om prisen for at anskaffe teknologien kan stå mål med det, som virksomheden sparer i produktionsomkostninger og forberedelse ved selv at fremstille støbeforme fremfor at købe dem, hvor leveringstiden er 2 til 3 uger.

CASE: Videre anvendelse kræver bedre teknologi – hvor er finishen?

Dansk producent af dele til vedvarende energi

Case-virksomheden blev stiftet i 1985 og har ca. 350 ansatte. Siden etableringen har virksomheden markeret sig som producent af komponenter, der benyttes inden for vedvarende energi. Virksomheden er internationalt forankret med kunder i hele verden.

De seneste 7 til 8 år har virksomheden benyttet AM-teknologier, hvor de både tilkøber ydelser og ejer teknologierne selv. Anvendelsen er især øget de seneste 3 år. AM-teknologien blev introduceret af forskningsenheden og bruges i dag forskellige steder i organisationen. Der fremstilles bl.a. mindre (5 x 10 cm) add-ons og kompositter i plastik, som indgår i det større færdige produkt. AM-teknologier har tillige forkortet udviklingstiden idet teknologien bruges til at fremstille geometrier, som testes løbende. Tidligere var virksomheden afhængig af fremstillingstiden på disse geometrier.

De største udfordringer, virksomheden oplever, er i relation til finishen. Det er svært at lave den endelige finish af produktet oven på en 3D-printet overflade. Overfladen på produktet skal være meget jævn og kunne holde til ekstreme vejrforhold, i tillæg er der branchespecifikke toleranceforhold, som det endelige produkt skal leve op til.

Køb af ydelser er især relevant for virksomheden i forhold til udvikling og forskning, hvor de tester nye metoder og materialer. Køb af AM-teknologier er ofte forbundet med store investeringer og usikkerhed grundet de mange forskellige AM-teknologier, hvor det kan være svært at gennemskue hvilken teknologi, der er den rigtige for virksomheden. Køb af teknologier kan dog være nødvendig, når IP'er skal beskyttes. Selvom markedet af udbydere er steget markant, er det stadig svært for virksomheden at finde udbydere, der printer store emner (over 5 meter).

Desuden oplever virksomheden, at den nyeste viden og forskning er svært tilgængelig, idet

den ligger hos forskningsinstitutioner og startups. Case-virksomheden er ikke interessant pga. at volumen er for lav. Nogle gange har virksomheden tilført disse kompetencer ved at opkøbe mindre startups.

CASE: Fra første brug til udbredelse kræver mere viden om teknologien!

Polysan

Polysan har brugt AM-teknologi de seneste 3 år. Teknologien blev introduceret af den tekniske direktør i forbindelse med, at der skulle laves en dyr støbeform. I starten købte virksomheden ydelser, men det er blevet for dyrt sammenlignet med at eje teknologien. I dag ejer virksomheden to 3D-printere og bruger teknologien til støbeforme, prototyping, reservedele samt internt i virksomheden fx til at printe informations skilte.

Virksomheden benytter selv SLA-teknologien, hvor der printes lag på lag. Denne teknologi er let tilgængelig og indenfor en overkommelig prisramme. Den primære årsag, til at Polysan ikke benytter andre teknologier, er, at dem de har kendskab til, er for dyre i indkøb. Desuden mangler virksomheden generelt viden om de forskellige AM-teknologier.

Viden i forbindelse med brug af virksomhedens 3D-printerne er primært kommet fra internettet og "trial-and-error", hvor de løbende har undersøgt: Hvad egner sig til 3D-print i virksomheden? Og hvad er ikke muligt fx pga. forkort holdbarhed? De fleste støbeforme kan printes i plastik. Dog holder de ikke så langt tid som de tidligere støbeforme af stål eller messing. Men grundet de lave produktionsomkostninger på 3D print i plastik (1:100) er det uden betydning, at virksomheden skal printe ekstra forme, når den gamle er slidt.

Polysan har ikke oplevet væsentlige udfordringer ved at indføre AM-teknologier – både ledelse og medarbejdere har taget godt imod de nye metoder. De største udfordringer i udbredelsen af AM-teknologi ligger i at viden, omkring hvor let og billigt det er at købe og benytte AM-teknologi, ikke er tilgængelig.

Barrierer ved cases

De tre cases dækker eksempler indenfor alle anvendelsesdomæner samt alle modenhedsniveauer, tilkøb af ydelser, ejerskab af AM-teknologi samt en kombination. Virksomhederne anvender AM teknologi enten som tilkøbt ydelse eller som egen teknologi til både prototyper, værktøjer og komponenter til slutprodukter indenfor både simple og mere komplicerede komponenter.

De primære barrierer, der fremhæves er:

- Mangel på viden om teknologiens nuværende kvalitet samt udfordringer med finish ved anvendt AM-teknologi
- Opbygning af kompetencer for selv at kunne printe ved implementering af egen AM-teknologi
- Pris på både teknologi og services, hvor der specielt ses store investeringer ved implementering af AM-teknologien internt
- Mange nye teknologier og hurtig udviklingen, der gør det svært at overskue, hvad der er den rigtige løsning for den enkelte virksomhed – specielt ved køb af egen printer
- Den eksisterende viden er svært tilgængelig

En af casene viser, hvordan noget af usikkerheden kan udlignes ved at tilkøbe ydelser. Det giver virksomheden mulighed på at trække på specialisternes viden fremfor selv at skulle

tilegne sig den. Samtidig er volumen i virksomheden ikke stor nok til at retfærdiggøre investering i teknologi og kompetence.

De tre cases underbygger og nuancerer de fundne barrierer fra spørgeskemaundersøgelsen. For at undersøge de bagvedlæggende årsager og mulige løsninger blev to AM-specialister interviewet. Interviewene sætter fokus på, hvilke barrierer specialisterne oplever deres kunder fra fremstillingsindustrien støder på.

8.3 Barrierer for anvendelse af Additive Manufacturing – et leverandørperspektiv

Damvig og Teknologisk Institut er begge specialister i branchen (serviceudbydere) med mange års erfaring indenfor 3D print og Additive Manufacturing og besidder kompetencer indenfor alle de toneangivende AM-teknologier (FDM, SLA, SLS, SLM, Injekt m.fl.). Begge har igennem de sidste årtier været en del af udviklingen indenfor teknologi og materialer samt været med til at udforske, de muligheder 3D print og AM kan give industrien.

Interviews

- Henrik Knaack fra Damvig 3D-printede-solutions.
- Jeppe Byskov fra Teknologisk Institut.

Barrierer for anvendelse af 3D print og Additive Manufacturing

I forhold til industriel 3D print peger respondenterne på tre barrierer:

1. Viden omkring forskellige 3D printteknologier, mulige materialer og anvendelse.
2. Tekniske kompetencer i både print, design, drift, vedligehold og udnyttelse af aktuel teknologi.
3. Forretningsmæssig forståelse af hvorledes Additive Manufacturing kan bidrage til eksisterende og fremtidig forretning.

For virksomheder, der ikke har stiftet bekendtskab med AM-teknologi, er manglende viden om teknologiernes muligheder samt manglende kompetence til at betjene den nye teknologi væsentlige udfordringer.

Barriererne opstår ofte, når virksomhederne foretager en direkte sammenligning mellem AM-printteknologi og konventionelle fremstillingsmetoder (som fx sprøjtestøbning), idet præmissen ofte ikke er korrekt. Det er derfor deres erfaring, at virksomhederne bør identificere absolut kritiske variable og mindre vigtige variable. For at opnå fordelene ved AM-printteknologien er det væsentligt at identificere, hvilke variable virksomhederne kan acceptere. Ved serieproduktion af værktøjer eller komponenter vil der kunne være farvevariation sammenlignet med konventionel fremstilling. Desuden bør opnåbare fordele identificeres. De samlede fordele og ulemper skal ses ud fra en samlet betragtning.

Hvordan kommer man i gang?

Specialisterne anbefaler, at virksomhederne kommer i gang med en billig (10.000 DKK) FDM printer og dedikerer en person til projektet. Denne person skal tilegne sig kompetencer og viden. Derved kan virksomhederne gå efter hurtige positive resultater ved at reducere udviklingstiden, skabe hurtige prototyper og interne modeller/emner.

Begge specialister kan vise eksempler på virksomheder, der har anskaffet printere, men hvor printerne ikke er blevet udnyttet pga. manglende forankring og viden blandt virksomhedens medarbejdere.

Hvad gør man?

Virksomhederne starter som oftest med ud med egne printere indenfor Rapid Prototyping. Mens det er usædvanligt, at de starter ud med printere indenfor Direct Tooling eller Manufacturing. Skifter virksomhederne fra Rapid Prototyping over i andre anvendelsesdomæner, oplever de ofte mangel på viden omkring teknologiernes potentiale og skepsis omkring kvalitet og reproducerbarhed.

Det anbefales derfor, at virksomheder, der ønsker at tage det næste skridt videre og trække AM-teknologien ind i produktionen, skal dedikere en eller flere medarbejdere. Disse medarbejdere opbygger viden og kompetencer. Det kan gøres igennem kurser og samarbejde med en serviceudbyder, hvad enten det er for at købe en mere avanceret printer eller få printet emner eksternt hos en underleverandør.

Barrierer ved introduktion til AM og virksomhedernes modenhedsniveau

Foruden en forskel i anvendelsesdomæner, ses en forskel i virksomhedernes modenhedsniveau. Mangel på tid er ofte en udfordring for virksomheder, der ikke anvender AM-printteknologi. Virksomhederne har ikke tid til at undersøge mulighederne og gør derfor ofte som "de plejer". En anden barriere er mangel på tillid til kvaliteten af 3D printede emner. Desuden oplever mange virksomheder, specielt SMV'er, at de ikke har ressourcer til at opbygge viden om teknologien og teknologiske muligheder. Dette ses både indenfor tilkøb af serviceydelser og ved køb egen AM-printer.

Barriererne ved at købe egen printer er små ved de simple AM-teknologier (FDM), og det er rimelig enkelt at komme i gang. Der kræves flere kompetencer ved de mere avancerede AM-printere og teknologier indenfor både design, materialer og håndtering. Desuden kræves et højere kendskab til teknologien, som gerne skal anvendes dagligt, for at potentialet udnyttes optimalt. Nogle virksomheder ser AM-printer som "branding", men oplever desværre at potentialet ikke udnyttes fuldt ud.

Virksomhederne oplever yderligere barrierer ved brug af mere avancerede AM-printere i form af øgede krav til arbejdsmiljø og efterbehandlingsprocesser. Selvom printere koster imellem 100.000-1.000.000 dkk., er opbygningen og vedligeholdelsen af de nødvendige faciliteter og interne kompetencer de væsentligste barrierer for at tage skridtet fra en god FDM-printer til mere avanceret printteknologi.

Specielt serviceudbyderne oplever ofte, at virksomhederne ikke ønsker at opbygge eller ikke kan opbygge en kompetence i avanceret AM-print, men derimod indgår i samarbejde med specialister. Markedet for AM-printteknologi bliver stadig billigere og mere overkommeligt at trække på, men den overordnede udfordring er viden og kompetence i forbindelse med den daglige drift.

Barrierer generelt

Generelt ses en tilbageholdenhed i forhold til anvendelsen af AM-print teknologi indenfor alle domæner i den danske fremstillingsindustri.

Der er fra AM service leverandører et stigende fokus på at inddrage ledelsen i beslutningen omkring AM-teknologi, specielt fordi det kræver ledelsesopbakning og ressourcer. Der ses indimellem eksempler på, at medarbejdere udviser skepsis til teknologien, ved at de føler at deres nuværende kompetencer indenfor mere konventionelle fremstillingsmetoder trues.

Når AM-print sammenlignes med konventionelle fremstillingsmetoder, er omkostningsberegningen vigtig og kan være en barriere for at anvende AM-teknologi. Omkostningsberegningen er ofte marginal, baseret på direkte omkostninger og medtager ikke mange af de besparelser og fordele printteknologien medfører. Der foretages direkte sammenligninger og potentialet ved AM-print medregnes ikke; ofte udelades værdiansættelse af lagerbinding, time-2-marked, reaktionstid, kundetilpasning mm.

For at nedbryde disse barrierer er det vigtigt, at virksomhederne tilegner sig AM-printkompetencer. Disse kompetencer vil fungere som løftestang til adoption af teknologien samt skabe mulighed for et forbedret samarbejde med specialister og serviceudbydere. Det er en vigtig pointe, at nogle komponenter kan/skal virksomhederne selv printe, imens andet bør håndteres af AM specialister. Samtidig er det ikke alle dele, der nødvendigvis skal printes. En samlet plan for integration af AM-teknologi kan dermed understøtte en begyndende anvendelse af teknologien.

Springene imellem meget forskellige AM-printteknologier (FDM, SLS, SLA, SLM etc.) og et konstant stigende antal materialer, der kan anvendes i print, er i høj grad med til at øge kompleksiteten for virksomhederne. Den manglende viden til at starte med at printe udgør også en barriere for virksomhederne, når de senere ønsker at tage de næste spring og udvide brugen af AM-teknologi.

EN informant udtaler at; **”3D print er ikke fremtiden, men nutiden”**; printerne bliver mindre, hurtigere og leverer bedre kvalitet, men kræver viden og kompetencer for at udnytte potentialet.

Begge informanter repræsenterer serviceudbydere, hvilket påvirker deres syn på branchen, men begge er af den generelle opfattelse, at markedet for AM-print stadig har et udviklingspotentiale. Potentialet ses indenfor udbredelsen af AM-printere i virksomhederne, anvendelse af serviceudbydere og indflydelse på virksomhedernes forretningsmodeller.

9 Konklusion

Baseret på analyserne i denne rapport ses en række gennemgående barrierer for virksomhedernes arbejde med at anvende AM-teknologi. Analysen viser, at hvis AM-teknologiens potentiale skal realiseres, er det væsentligt at arbejde målrettet og koordineret med flere indsatser.

Selvom 3D print og AM-teknologi har et stort potentiale, er det ikke alt, der *skal* eller *bør* printes. Det er ofte svært at identificere det fulde AM-potentiale i den enkelte virksomhed pga. AM's multidomæne profil og de mange forskellige printteknologier og printmaterialer.

9.1 AM-teknologi er relevant for de fleste, men afhænger af kontekst

Analysen viser, at mange virksomheder anser 3D print og AM som en avanceret teknologi med væsentlige adgangsbarrierer, men også at mange mener, at den er irrelevant for præcis deres virksomhed.

De udvalgte casevirksomheder anvender alle AM-teknologi og har således set et potentiale. Det er samtidigt svært for virksomhederne at udvide anvendelsen af AM-teknologien til nye områder.

Det er der flere årsager til, men virksomhederne har især svært ved at danne sig et overblik over de forskellige teknologier. AM-teknologi er i grundprincippet den samme metode, men materialer og maskiner er forskelligartede, giver forskellige muligheder og har forskellige fordele og mangler. Dette medfører en tilbageholdenhed ift. at kaste sig ud i nye veje og nye maskintyper. Eksperterne genkender denne tilbageholdende tilgang til AM-teknologi og peger på, at engagement kan skabes ved at inddrage virksomhedsledere tidligt i processen. Analysen viser desuden, at implementering af simple og relativt billige teknologier såsom FDM kan danne grundlag senere ift. at udvide brugen af AM-teknolog. AM kan bruges i alle virksomheder, men AM-løsningen afhænger af hvilke emner/produkter virksomheden fremstiller, hvor mange emner, der produceres, hvor komplicerede de er, produktionssetup samt behov for omstilling og fleksibilitet i fremstillingen.

Uanset anvendelsesdomæne kræver identificering af potentielle emner viden og kompetence indenfor både teknologierne, materialer og designkriterier. Hvis denne viden ikke er tilstede, vil AM-teknologi ofte forekomme irrelevant. Med den rette viden vil AM-teknologierne kunne anvendes af de fleste virksomheder, enten via egne printere eller i samarbejde med en ekstern leverandør; det er konteksten, der afgør valget.

Fordele og argumenter for at benytte AM er:

- mindre lagerbinding
- hurtigt reaktionstid
- produktionsfleksibilitet og kundetilpasning

Specielt brug af AM-teknologi indenfor produktionsstøtte via forme, fixture, gribere, værktøjer, som normalt er dyre og har lang leveringstid, gør virksomhederne meget mere fleksible og hurtige til at omstille produktionen også til mindre volumener.

9.2 Samarbejde og uddannelse øger indsigt og potentiale

Analysen peger på, at mange virksomheder har svært ved at overskue mulighederne indenfor AM-teknologien både hvad angår selve konceptet 3D print, AM-teknologierne, samt hvorledes teknologien skal sættes i spil for at udnytte potentialet.

Disse resultater understøttes af alle tre casevirksomheder, der på hver deres måde har svært ved at overskue den tilgængelige viden om AM-teknologier og materialer. Ekspertinterviewene bekræfter barriererne vedr. viden om AM-teknologierne, materialer og design. Uanset om virksomhederne ønsker, at eje sin egen printer eller samarbejde med en ekstern leverandør er det essentielt at opbygge kompetencer igennem uddannelse, anvendelse og informationssøgning. Ekspertene peger på, at ansvaret skal uddelegeres til en eller flere personer, som bliver interne superbrugere og kan være med til at udbrede kendskab og interesse i organisationen. Disse personer kommer til at fungere som ambassadører for teknologiens anvendelse og udbredelse.

Det er svært at overskue hele AM-miljøet, hvorfor opbyggelse af et landsdækkende AM-netværk kan have stor betydning. Netværk kan inkludere interessenter som serviceudbydere og uddannelsesinstitutioner.

9.3 Udnyttelse af potentialet kræver opbygning af tekniske kompetencer

Flere respondenter påpeger, at de mangler interne tekniske kompetencer til at kunne håndtere AM-teknologi.

Dette underbygges af casevirksomhederne, som peger på at mangel på kompetencer ift. at implementere mere avancerede AM-teknologier. Casevirksomhederne beskriver tillige en usikkerhed overfor deres behov i forhold til kapacitetsudnyttelse af en maskine. Dette afholder dem fra at tilkøbe yderligere AM-teknologi.

Ekspertinterviewene bekræfter virksomhedernes barrierer vedrørende tekniske kompetencer. Det er vigtigt at kompetencerne indenfor relevante AM-teknologier opbygges og indlejres i virksomheden, hvilket er svært, hvis printerne ikke benyttes løbende.

Derfor kan man anbefale en trinvis implementering af AM-teknologi, da mere avancerede printere ofte medfører et væsentligt højere kompetenceniveau ift. drift, vedligehold, efterbehandlingsprocesser samt arbejdsmiljø. Ved lav volumen kan det være rentabelt at få printet på specialprintere hos serviceudbydere.

9-4 AM-teknologi bør vurderes ud fra en totalbetragtning

Analysen peger også på de økonomiske og kvalitetsmæssige aspekter ved anvendelse af AM-teknologi.

Alle tre casevirksomheder ser manglende kvalitet og finish som en udfordring og har samtidig svært ved at identificere mulige teknologier til at afløse nuværende AM-teknologi og

fremme den videre anvendelse.

To af casevirksomhederne udtrykker bekymring over prisen og den økonomiske kalkule for erhvervelse af nye 3D printere. Eksperterne genkender bekymringerne vedrørende kvalitet, materialeegenskaber og overfladefinish. Derudover sammenlignes AM-teknologier ofte med konventionelle fremstillingsmetoder, hvilket altid gør AM-teknologien uforholdsmæssig dyr. Det er således vigtigt, at økonomiske kalkuler beregnes ud fra en total omkostningsbetragtning, hvor reduktion af lagre, hurtigere responstid, kundefleksibilitet og produktionsfleksibilitet værdiansættes.

De forskellige AM-teknologier har hver især deres fordele, og teknologierne bliver hele tiden hurtigere og billigere, så selv vanskelige kvalitetskrav vil løbende kunne imødekommes, hvis man har den nødvendige indsigt.

Omkostningsmæssigt skal der dog medregnes en række følgeomkostninger på avancerede 3D printere såsom service, kompetenceopbygning, produktionsindretning, finish mv. I den sammenhæng kan det være en fordel at tilkøbe ydelser hos en specialist, så AM-teknologien ikke skal implementeres internt i virksomheden straks.

9.5 Ikke alt skal printes internt

Efter at have gjort sig de indledende erfaringer, bliver det relevant at overveje om, og hvordan AM-teknologien kan udbredes fra et domæne til andre.

Det er tidligere vist, at virksomheder, der er aktive indenfor flere anvendelsesdomæner, har mere produkt- og procesinnovation. De primære barrierer, der ses ved udbredelse fra et domæne til et andet, er den manglende viden om teknologier, indsigt ift. anvendelse og selve teknologipotentialet.

De tre casevirksomheder anvender AM-teknologi indenfor forskellige domæner. Ens for virksomhederne er, at de alle overvejer yderligere anvendelse af AM-teknologi, men primært bremses af manglende viden om teknologierne og materialer samt forankring af denne viden internt.

Eksperterne påpeger, at når der skiftes anvendelsesdomæne, kan det ofte kræve et skift i AM-teknologi, fx et skift fra FDM til SLS. Den hastige udvikling indenfor alle teknologierne og på materialeområdet øger kompleksiteten.

Det bør derfor overvejes at formulere en kombineret AM-strategi, hvor nogle anvendelsesdomæner og teknologier ejes og anvendes internt mens andre håndteres i samarbejde med eksterne samarbejdspartnere og specialister. Dette vil ifølge analysen også understøtte virksomhedernes innovation.

9.6 Hvad nu – og hvad så?

AM bør ligesom mange andre teknologier være en del af virksomhedernes produktions- og udviklingsstrategi. Rapporten konkluderer derfor at kompetenceopbygning og samarbejde til at opbygge en fleksibel printstrategi, som muliggør dels interne og eksterne printaktiviteter, er væsentligt.

Inden AM adopteres vil det ofte ikke være muligt for den enkelte virksomhed at gennemskue det reelle potentiale, der vil kunne forløses igennem nye designmuligheder og materialeløsninger. En vej frem er derfor at opbygge et katalog af eksempler på, hvordan andre virksomheder har påbegyndt anvendelse af AM-teknologi; hvordan de har udbredt teknologien til andre domæner og hvilke overvejelser, de har gjort sig i processen.

Det er helt afgørende, at hvis teknologien skal udbredes i dansk industri i endnu større udstrækning, så SKAL viden være tilgængelig for virksomhederne. Derudover skal virksomhederne kunne sende medarbejdere på kursus og derved danne grundkonturerne til at kunne implementere teknologien i egen virksomhed. Dette vil formodentlig kræve et katalog over tilgængelig teknologi – et katalog som er opbygget på baggrund af teknologiens kunnen, og ikke tekniske specifikationer alene; hvilke opgaver den enkelte teknologitype kan understøtte samt hvad der kan printes, og hvilke muligheder giver dette?

På trods af triangulering af data (data indsamles fra flere uafhængige kilder) og overlap imellem udsagn fra deltagerne kan der ikke drages generelle konklusioner for hele den danske industri.

10 Metodeafsnit

10.1 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. Enkelte virksomheder lever ikke op til kravet på 20 ansatte, men i praksis bliver disse ganske få virksomheder talt med i gruppen af små virksomheder.

Der er udtrukket data (21.05.19) fra databaserne Orbis og Bisnode. Fra Bisnode udtrækkes 2.521 virksomheder indenfor branchekode 10-33 og med mere end 20 ansatte på adressen. Fra Orbis er foretaget samme udtræk dog med Danmark som region, da Orbis er en international database. Listen renses for virksomheder uden e-mailadresser samt virksomheder på Grønland og Færøerne. Sammenføjes de specifikke virksomheder nævnt ovenfor, er der identificeret en samlet population for undersøgelsen på 2.454 virksomheder heraf 454 virksomheder uden e-mail.

20. juni 2019 udsendes invitationsmail til de 2.000 virksomheder med kendt e-mailadresse. Den 3. juli 2019 sendes invitationsmail til de resterende 454 virksomheder. Den 11. juli sendes første påmindelses e-mail til 2.320 virksomheder, hele populationen minus virksomheder, som har besvaret; virksomheder, der ikke ønskede at blive kontaktet samt virksomheder uden e-mail. Anden påmindelsesmail sendes d. 14. august 2019 til 2.228 virksomheder - den samlede population minus samme virksomheder som ved første påmindelse. Medio august påbegynder studentermedhjælperen en rundringning. 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 anvender teknologien er deres besvarelse stadig vigtig uagtet at deres spørgeskemaet i så fald ville blive væsentligt kortere. Der blev ringet til ca. 100 virksomheder med et meget lille udbytte. Fx kan nævnes, at en af fx projektmedlemmerne ringede til 20 virksomheder fordelt over to dage, vedkommende havde lange samtaler med relevante personer så som direktører og fabrikschefer, der alle bekræftede, at de ville besvare undersøgelsen. De to dages arbejde gav i alt 3 besvarelser. Medio august udsendes invitationsmailen til 95 virksomheder, som ønskede mailen gensendt.

Der blev i alt modtaget 220 svar. Når datasættet er rensat for ugyldige svar, er der 192 besvarelser, hvilket udgør en svarprocent på 7,82 %. Af de 192 besvarelser er der store udsving på enkelte spørgsmål vedr. additive manufacturing, dette skyldes at de virksomheder, som tidligere i spørgeskemaet, havde svaret at de ikke brugte additive manufacturing, har udeladt at svare på de uddybende spørgsmål vedr. additive manufacturing.

10.2 Repræsentativitetstest

Datasættet er testet for repræsentativitet ift. geografisk fordeling på regioner; branche ud fra NACE-koder og til virksomhedsstørrelse målt på antal ansatte.

Geografi

Testene viser, at undersøgelsens sample er repræsentativ for populationen ift. 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 teknologiniveau. Denne opdeling er opstillet på baggrund af NACE-koder og 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 irrelevant. Dette 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.

11 Referencer

Columbus, L. (2018). The future of Manufacturing technologies. Forbes April 15th-2018
<https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2018/04/15/the-future-of-manufacturing-technologies-2018/>

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>