

Kandidatspeciale

Ledelse & Informatik i Byggeriet



AALBORG UNIVERSITET
KØBENHAVN

07-01-2022

Sociomateriel-design: Robotautomatisering af arbejdsprocesser i byggeriets udførende fase.



Af: Martin Meersohn & Nicolai Hammild

Vejleder: Henrik Buhl



AALBORG UNIVERSITET
KØBENHAVN

Aalborg Universitet København
A. C. Meyers Vænge 15
2450 København SV
Danmark

Sekretær: Lene Wenstrøm Jørgensen
Telefon: 99 40 97 34
Lene Wenstrøm Jørgensen

Studenterrapport

Uddannelse:

Cand. Tech. I Ledelse og Informatik i
byggeriet.

Semester:

10. semester

Titel på projekt:

Sociomateriel-Design:
Robotautomatisering af arbejdsprocesser
i byggeriets udførende fase

Projektperiode:

01.09.2021 – 07.01.2022

Vejleder:

Henrik Buhl

Medlemmer:

Martin Meersohn

Nicolai Hammild

Antal normalsider:

84 sider af 2.400 anslag pr. side

Afleveringsdato:

Fredag den 7. januar 2022

Abstract:

The thesis examines the entry of robot automatization of construction processes, in the executing phase of construction. This development is strongly driven by building policy initiatives, on which we have argued, are based on a technology deterministic approach to technology-design and development. Studies show that technological development processes, that neglect the various social practices in which they are envisioned to participate, have a limited chance of success. We found that a common denominator for the collaborative robot developers, was that they incorporated the political aspirations in their development by striving to improve work environment and efficiency with their products. Based on the above mentioned problematization, we conducted an observational ethnographic study with a Sociomaterial-design approach, to investigate how different actors inform design and development of the technologies in their daily practice, with an added focus on productivity and work environment. We utilized the theoretical framework contributed by Bjørn & Østerlund analytically and by doing so, transferred it to a Danish construction context. Their 3-step-model for identifying and analyzing Sociomaterial practices proved useful, in conceptualizing the situated practices of the practitioners and the artefacts involved.

The results of the thesis are multiple: 1) The framework of Sociomaterial-design is eligible in a Danish construction setting. 2) Practitioners influence the artefacts, and the artefacts influence the practitioners. 3) The space for design is emphasized by the practitioners Sociomaterial practices who inform further development through their use; however, this is visible through tacit knowledge on which light was shed upon by utilizing the Sociomaterial-Design approach. 4) The manufacturer of the collaborative robot, successfully contribute to an improved work environment and productivity.

Forord

Dette kandidatspeciale er udarbejdet i perioden 1. september til 7. januar 2022, som den afsluttende del af uddannelsen cand. Tech. i Ledelse og Informatik i Byggeriet ved Aalborg Universitet København. Rapportens emne er udvalgt på baggrund af vores personlige interesser, samt ønsker om at forstå robotteknologiers betydning, såvel som deres eventuelle rolle i byggebranchens fremtidige udvikling. I form af problemorienteret projektarbejde, undersøges og analyseres derfor dette valgfrie emne i nærværende rapport (Aalborg Universitet, 2017).

Rapporten henvender sig til vejledere og andre studerende, samt personer med interesse i, hvilke udfordringer og muligheder der opstår i forbindelse med den digitale transformation, som byggebranchen gennemgår; herunder robotteknologiers betydning for fremtidens byggeri. Under udarbejdelsen af dette speciale har vi fået lov at observere en række arbejdsprocesser, hvor automatiseringsteknologier indgår, i denne forbindelse har vi interviewet en række personer samt modtaget råd og vejledning. Vi vil derfor takke alle dem, som har bidraget til tilblivelsen af denne rapport.

1. *Vejleder:* Henrik Buhl
2. *Informant:* Peter Hartvigsen, CEO, Kobots A/S
3. *Informant:* Kristian Dalgaard, Chief Product Officer, Kobots A/S
4. *Informant:* Claus Møller, Teknisk Chef, James Hardie Danmark.
5. *Informant:* Morten Kjær, *Entrepriseleder:* Tømrer, Hustømrerne A/S
6. *Informant:* Jacob Byriel, Sjakbajs og Tømrer, Hustømrerne A/S
7. *Informant:* Jonas Engel, Amigo operatør og Tømrer, Hustømrerne A/S
8. *Informant:* Bent Knøth Jensen, *Byggeleder,* Niels Lien A/S
9. *Informant:* Per Nørgaard Kristensen, *Projekt- og tegnestuechef,* Green Box A/S
10. *Informant:* Bjørk Andersen, Projektudvikler, Videntcenter for Håndværk og Bæredygtighed
11. *Informant:* Hjørleif Klein, Global Product Category Manager, Velux
12. *Informant:* Thomas Stenbakken, Konsulent, Byggeriets Arbejdsmiljøbus

Aalborg Universitet København, den 07. januar 2022

God læselyst

Martin Meersohn & Nicolai Hammild

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	6
1.1 introduktion og tematisering	6
1.2 Problemfelt: En teknologideterministisk logik	10
1.3 Problemstilling: En industriel logik overføres til en projektbaseret branche	12
1.4 Problemformulering	15
1.5 Afgrænsning	15
1.6 Introduktion af Amigo	16
2. Videnskabsteoretisk grundlag	18
2.1 Projektet i rammen af STS	18
2.2 Ontologi for ting under udvikling	20
2.3 Praktisk Ontologi	25
2.4 Sociomateriel-Design	26
2.4.1 Komplikationer vedrørende sammenvævningen	28
2.5 Bounding practices: En stepmodel	29
3. Metode	35
3.1 Undersøgelsesdesign	35
3.2 Etnografisk feltarbejde	36
3.3 Deltagerobservation	36
3.4 Kvalitativt interview	37
3.5 Semistruktureret interview	38
3.6 Interviewguide, transskription og kodning	39
3.7 Aktørerne i det sociomaterielle netværk	39
4. Analyse	49
4.1. Praksis før Amigo	49

4.2 Delanalyse 1: Bounding practices.....	51
4.2.1 Bindinger mellem forskellige artefakter	51
4.2.2 Bindinger mellem artefakt og lokation	57
4.2.3 Bindinger mellem artefakt og folks bevægelse.....	66
4.2.4 Sammenfatning	70
4.3. Delanalyse 2: Amigos Indvirkning på produktivitet og arbejdsmiljø.....	72
4.3.1 Amigos procesoptimerende effekt.....	72
4.3.2 Det fysiske arbejdsmiljø på byggepladsen	76
4.3.3 Sammenfatning	87
5. Diskussion.....	89
5.1. Workshops.....	90
5.1.1 Alternativ bestilling- og afhentningspraksis.....	91
5.2 Vekselvirkningens betydning for Sociomateriel-design	92
6. Konklusion	94
Referencer	97
Figur liste	102
Bilagsliste	103

1. Indledning

1.1 introduktion og tematisering

Med fokus på robotautomatisering af arbejdsprocesser i byggeriets udførende fase, vil vi i denne rapport undersøge de såkaldte samarbejdsrobotters indtog i byggeriet. Herunder, hvordan disse indgår i de praksisser, som de er tiltænkt at understøtte, samt hvilke udfordringer og muligheder der er forbundet med design, udvikling- og implementering af robotteknologiske løsninger i byggeriet.

Samarbejdsrobotter i byggeriet er et nyt fænomen, der har til formål at understøtte håndværkere i at udføre ensformigt og nedslidende arbejde. Fænomenet er omfattet de såkaldte Build 4.0 teknologier, som branchen nu oftere bliver stillet over for. I den brede vifte af teknologier, der ifølge Teknologisk Institut hører under Build 4.0 paraplyen, kan der foruden robotter nævnes teknologier såsom:

- Droneteknologi til opmåling og overvågning af byggepladser
- 3D- print til fremstilling af diverse byggekomponenter
- Virtual reality til at bygge en digital tvilling af et fysisk projekt før det opføres- mhp. at reducere projekteringsfejl mv.
- Kunstig intelligens der f.eks. kan anvende data og sensorer til at styre bygningers indeklima og energiforbrug mm.
- BIM (Building information modelling) som henviser til projekteringsværktøjer såsom Autodesk' Revit, som samler alle nødvendige informationer i en digital model af et bygningsværk. Hvis der ønskes dybere indsigt samt overblik over Build 4.0 teknologier henvises til rapporten *BUILD 4.0: Værdiskabelse med nye teknologier i den danske byggebranche* (InnoByg, 2019).

Begrebet Build 4.0, blev i dansk sammenhæng introduceret i 2017, og er byggeriets version af industri 4.0 (Teknologisk Institut, 2018). Industri 4.0 er oprindeligt et tysk koncept tiltænkt fremstillingsindustrien og betegnes som *den fjerde industrielle revolution*. Industri 4.0 går i al sin enkelthed ud på at frembringe løsninger der gør det muligt, at man i nær fremtid kan integrere den digitale verden i den fysiske produktion. Ideen er at effektivisere produktionen ved at

sammenkoble maskiner, mennesker og IT-systemer på en sådan måde, at information kan udveksles i realtid (Schwab, 2016). Denne vision kan potentielt revolutionere industrien, men bag den ambitiøse målsætning, er der en række udfordringer der skal overkommes. For at visionen kan realiseres, er der brug for forskning i teknologisk innovation. Der mangler konkret viden der viser, hvordan det teknologiske potentiale kan sættes i spil, så det fungerer i praktisk brug (Teknologisk Institut (A), 2021). På trods af manglende viden vedr. realisering af den fjerde industrielle revolution, har Teknologisk Institut alligevel adopteret konceptet til en dansk byggek kontekst; da de mener at Build 4.0 ligeledes har potentialet til at revolutionere byggebranchen (Teknologisk Institut (B), 2021).

For at fremme udbredelsen af Build 4.0 teknologier, har Teknologisk Institut derfor indgået et samarbejde med BLOXHUB og InnoByg, hvor der arbejdes målrettet på at oplyse branchen om fænomenet; samt rådgive virksomheder med interesse i den digitale omstilling. Build 4.0 er ligeledes inkorporeret i den nationale strategi for digitalt byggeri (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Her er ambitionen at løfte byggeriets produktivitet og kvalitet gennem en total digitalisering- og automatisering af samtlige processer i byggeriets værdikæde. Med andre ord er visionen for fremtidens byggeri, at alle processer fra første skitseforslag til færdigt byggeri skal integreres digitalt (Realdania, 2021). Myndighedernes vision om at digitalisere- og automatisere byggeriet, støttes af flere brancheorganisationer som f.eks. Molio, DanskByggeri, WE BUILD DENMARK m.fl. Der er altså etableret et enormt ressourceapparat, der aktivt arbejder på at fremme brugen af teknologi i byggebranchen.

Hvis vi ser nærmere på byggesektorens rolle i samfundet, er der da også god grund til at tilskynde viden og innovation, der kan forbedre byggeriets produktivitet- og kvalitet. Værdien af den danske bygningsmasse kan omregnes til en økonomisk værdi på cirka 3.900 mia. Kr., hvilket svarer til godt 68 pct. af den samlede nationalformue. Det er samtidig ressourcekrævende at udbygge og vedligeholde den eksisterende bygningsmasse. Hertil beskæftiger bygge- og anlægssektoren cirka 180.000 personer. Dette udgør over seks pct. af den samlede beskæftigelse i Danmark (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019).

På trods af den høje beskæftigelse viser en brancheanalyse foretaget af Dansk Industri (Dansk Industri, 2018), at hver tredje byggevirksomhed må takke nej til opgaver grundet mangel på

faglært arbejdskraft. Hvis udbuddet af fremtidens byggeri skal kunne følge efterspørgslen/behovet, er der brug for at finde løsninger der kan afhjælpe dette problem. Visionen om at hæve produktiviteten igennem Build 4.0 teknologier, spiller således godt ind i statens udspil for strategiske investeringer i ny forskning. Regeringen og folketinget har netop afsat 2,4 milliarder kroner til grøn forskning, hvoraf 589 millioner kroner er målrettet forskning i digitalisering, teknologi og innovation, der skal styrke produktion og arbejdspladser i Danmark (Uddannelses- og Forskningsministeriet, 2021). Generelt, også hvad angår grøn forskning, efterstræbes der et højteknologisk samfund, hvor produktiviteten styrkes gennem innovation der tilgodeser, at samfundets udfordringer bliver mødt med teknologibaserede svar (Uddannelses- og Forskningsministeriet, 2021).

Build 4.0 som et fremtidigt forskningsområde, fremhæves i et notat fra uddannelses- og forskningsministeriet (2021), som værende nødvendigt, hvis byggeriet skal være en del af drivkraften i Danmarks samfundsmæssige udvikling. I notatet fra uddannelses- og forskningsministeriet, understreges det samtidig, at man i fremtiden skal prioritere samarbejde mellem branchens aktører og teknologiudviklerne højt (Uddannelses- og Forskningsministeriet, 2021).

Vi, forfatterne af denne rapport, er enige i ovenstående udsagn og anser samarbejde over en bred kam mellem byggeriets aktører, som et afgørende succeskriterie for teknologiske udviklingsprojekter. Vi mener, at teknologier der skal understøtte en praksis, bør udvikles med afsæt i en praksisforståelse. Teknologisk innovation bør derfor tage hensyn til, hvordan forskellige aktørgruppers kulturer (rutiner, teknologiforståelse, ageren etc.) er med til at forme- og udvikle den teknologi, som skal understøtte deres daglige praksis; og derigennem fremhæve hvilke udfordringer og muligheder der er i visionen om at automatiserer byggeriet.

Udfordringen er, imidlertid, at robotautomatisering i byggeriet, på trods af en øget bevågenhed, endnu ikke er særligt udbredt i den praktiske udførelse i byggeriet. I regeringens *Strategi for digitalt byggeri*, redegøres der for det aktuelle digitale niveau. Her understreges, at man ude på byggepladserne, hos entreprenører og håndværkere, blot har omfavnet digitale værktøjer i et begrænset omfang (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Rapporten: *Build 4.0: giver nye muligheder i byggeriet*, som desuden anvendes aktivt i det empiriske grundlag for *strategien for*

det digitale byggeri, understreger dette med udsagn om, at "*dem ude på byggepladserne*" endnu ikke er klar til at tage del i den digitale omstilling. Ifølge rapporten skyldes dette, at håndværkere er mindre tilbøjelige til at forholde sig til nye teknologier, end de er hos rådgivende ingeniører og arkitekter (Teknologisk Institut, 2018).

Det empiriske grundlag for forskning af robotautomatisering i byggeriets udførende fase er derfor begrænset, og erfaringsgrundlaget for de første robot-teknologiudviklere i branchen, er tæt på ikke eksisterende. Man kan sige, at vi befinder os midt i empirien af det fænomen som vi ønsker at studere. Ikke desto mindre er det vigtigt at studere, da forskning på området kan bidrage med viden, som kan være med til at lede automatiseringsagendaen i den rigtige retning.

Det tyder altså på, at robotautomatisering i byggeriet er en niche under hastig udvikling. Ramme betingelserne for at involvere sig aktivt med robotautomatisering er gunstige for teknologiudviklere såvel som for byggeriets etablerede virksomheder, der ønsker at gøre brug af sådanne teknologier.

Økonomisk støtte til at fremme projekter, der sigter mod innovation af byggebranchen ved hjælp af nye teknologier, strækker sig nemlig ud over statslige fonde, der hører under uddannelses- og forskningsministeriet; til private fonde, som f.eks. Real Dania og Industriens Fond. Man kan sige at vinduet for innovation står åbent, da der er rig mulighed for støtte til projekter, som kan drive den digitale omstilling.

En barriere for den digitale omstilling kan dog være forbundet med, at investeringsstyrken hos de mindre virksomheder ofte er svag. I samme strøg bør det nævnes, at mere end 98 pct. af byggeriets udførende virksomheder, kan betegnes som små, da de beskæftiger færre end 50 ansatte (Danmarks Statistik, 2022). Derfor kan krav om øgede digitale kompetencer betyde, at de økonomiske incitamenter ikke giver mening i forhold til effektiviteten, når denne holdes op mod investeringen. Netop derfor har beskæftigelsesministeriet oprettet en pulje på 315 mio. kroner, som er øremærket mindre virksomheder under 50 ansatte. Formålet med puljen er bl.a. at forebygge nedslidning, hvorfor der f.eks. kan opnås økonomisk støtte til nye robotteknologier (Beskæftigelsesministeriet, 2021).

Der er således et politisk ønske om at fremme den teknologiske udvikling hos den udførende del af byggeriet. Denne udvikling skal ses i lyset af, at der i nyere tid har været mange debatter om

både bæredygtighed og bedre arbejdsmiljø, som byggebranchen må forholde sig til. Særligt relevant for byggebranchen, er regeringens såkaldte Arne Pension, som fra 2022 kan give ret til en tidligere pension, grundet det hårde fysiske arbejde der kræves (Beskæftigelsesministeriet, 2020). En række af de nyeste skud på stammen, i form af robotteknologier, har udover produktivitet netop fokus på at understøtte håndværkerne ved, at skabe et bedre fysisk arbejdsmiljø med mindre slid og støvgener. Formålet er at de udsatte håndværkere, kan holde længere tid på arbejdsmarkedet. Det er øjensynligt i relation til dette, at en lang række private og offentlige initiativer er blevet til, med henblik på, at fremme teknologier af sådan en art.

1.2 Problemfelt: En teknologideterministisk logik

Denne rapport, som er det afsluttende speciale for uddannelsen i ledelse og informatik i byggeriet, skal jf. studieordningen have afsæt i problemorienteret projektarbejde. Da en problemorienteret tilgang typisk anvendes til at studere allerede etablerede fænomener, kan det ved første blik virke absurd at tilgå et fænomen, som endnu ikke er etableret; med afsæt i en problembaseret tilgang. For, hvordan kan man problematisere et nyt fænomen, som endnu ikke har medført væsentlige problematikker? Er det ikke at tage sorgerne på forskud?

Hvis vi ser nærmere på, hvordan den byggepolitiske digitaliseringsdiskurs indtil nu har påvirket, særligt den rådgivende og projekterende del af byggeriet, kan vi med rette kaste et kritisk blik på hele digitalisering- og automatiseringsagendaen, hvad angår den udførende del af branchen. Når vi undersøger forudsætningerne for, hvordan robotautomatisering kan innovere branchen, anlægger vi derfor et perspektiv, der gør op med den teknologideterminisme, som vi mener, har præget branchen i en negativ retning i mere end 20 år. Indsatser lige fra den *byggepolitiske handlingsplan* (Bolig- og Byministeriet, 1998), til *strategien for det digitale byggeri* (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019), har bidraget til en øget kompleksitet i byggeriet, der er opstået som følge af ambitioner om at øge produktiviteten. I den mellemlæggende periode har skift i ansvarlige ministre, ej heller ændret på ordlyden, når de skulle forholde sig til produktiviteten i det danske byggeri. Produktiviteten påtales som værende for lav, og det hævdes, at vejen til en øget produktivitet skal ske igennem en yderligere digitalisering af branchen (Bolig- og Byministeriet, 1998), (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Rationalet bag strategierne er, at en øget produktivitet af sektoren vil skabe billigere og sundere boliger, og dermed komme samfundet til gavn i form af øget velfærd.

Ambitionen bag *Strategien for det digitale byggeri* fra 2019, er altså fortsat at præge udviklingen mod en øget teknologianvendelse, med henblik på at indfri visionen om, at opnå yderligere produktivtets- og kvalitetsgevinster. På trods af en stadig stigende digitalisering af branchen er der intet der tyder på, at produktivitsniveauet stiger. Komplexiteten er derimod steget markant. Erfaring viser, at teknologiinvesteringer og øget produktivitet ikke nødvendigvis går hånd i hånd. Den nationale strategi for digitalt byggeri tager dog højde for denne kendsgerning, men forsøger at løse problematikken ved at skrue op for den teknologideterministiske logik. Den selv samme logik, som vi mener har gjort mere skade end gavn. Initiativer såsom nr. 14 i *Strategien for digitalt byggeri*, understreger, hvordan det digitale kompetencebehov er steget. Initiativet beror på et forslag der søger at tiltrække udefrakommende "digitale talenter" såsom softwareudviklere til byggebranchen. Digitale talenter som kommer ind i byggeriet fra en anden branche, har naturligvis ikke en tilstrækkelig dyb indsigt i byggeriets kompleksitet, eller forståelse for den praksis, som teknologierne skal understøtte eller erstatte. På trods af deres manglende kendskab til byggeriet forventes det, at de kan rationalisere byggeprocessen gennem nye innovative løsninger. Initiativ nr. 1. i samme rapport, tilstræber en samlet formidling af "Best practice". Heri betegnes en digital prioritering på ledelsesgangen som værende en direkte forudsætning for den digitale udvikling (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Logikken bag initiativet kan tolkes som om, at en øget digitalisering- og automatisering stadig kan være løsningen på byggeriets udfordringer, hvis blot brugerne tilpasser sig teknologiens præmisser; ved at finde- og formidle den "rigtige måde" at anvende teknologierne på. Denne Top-Down strategi for teknologidesign- og implementering, hvor byggeriets aktører bliver underlagt standardiserede procedure med henblik på, at facilitere arbejdsprocesserne, har vist sig at have den modsatte effekt.

Vi mener, at teknologier der udvikles med afsæt i en sådan, rationel-teknisk tilgang, med afstand fra de forskellige sociale praksisser de skal anvendes i, har en begrænset chance for succes. Teknologiske udviklingsprocesser bør derimod have afsæt i de mangfoldige praksisser som teknologien skal erstatte eller understøtte. Teknologisk udvikling- og implementering kræver først og fremmest en dyb indsigt i byggeriets komplekse karakteristika. Hertil bør sociale såvel som tekniske kompetencer inddrages tidligt i udviklingsprocessen. Den socio-tekniske tilgang er central for vores uddannelse. Begrebet, socio-teknik, henviser til, at det ikke er fyldestgørende at betone enten det tekniske eller sociale aspekt i en undersøgelse. Teknologiske udviklingsprojekter, er

nemlig typisk omfattet af en kompleksitet der involverer sociale såvel som tekniske elementer, der samme tid indgår i politiske og samfundsmæssige målsætninger.

Den nationale strategi for digitalt byggeri, er efter vores mening, stærkt præget af en teknologideterministisk logik. Dette er et problem fordi effekten heraf formentlig vil øge kompleksiteten yderligere, samt øge skellet mellem det administrative og operationelle plan i byggeriet. Teknologier der indføres, vil nemlig utvivlsomt ændre på arbejdsprocesser og derved også ved den praksis, hvori teknologien skal indgå. Ifølge artiklen *Construction Industry 4.0: Entangling colliding practices*, kan en vigtig forudsætning for succes forbindes med, at teknologidesign bør bunde i en praksisforståelse. I artiklen undersøges en række producenter af robotteknologier målrettet byggeriets udførende fase, hvor en større sammenhæng af kolliderende praksis mellem teknologiudviklere og brugere, blev synliggjort både under udviklingen og når de skulle tages i brug. Et gennemgående tema hos robotudviklerne var, at de selv søgte at tilskynde nye løsninger uden en egentlig praksisforståelse. Derved positionerede de deres teknologier, som noget der kommer udefra og som brugerne skulle tilpasse sig, hvilket udmøntede sig i kolliderende praksis når de blev taget i brug på byggepladsen (Buhl, Andersen, & Harty, 2020). Med andre ord blev de teknologiske værktøjer ikke anvendt i praksis som det var tiltænkt i udviklingsprocessen, hvilket kan resultere i, at teknologien ikke bliver brugt og dermed ikke vinder indpas. Hvis håndværkere alligevel bliver pålagt at bruge et teknologisk værktøj der ikke fungerer for dem i praksis, vil det ændre strukturer og arbejdsgange i en negativ retning der vanskeliggør byggeriet. Dette problem kan bringes i relation til rationalet bag regeringens *strategi for digitalt byggeri*, der netop efterspørger flere digitale talenter, som skal facilitere byggeriet gennem teknologiudvikling (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Vi mener at denne logik er den primære årsag til byggeriets stigende kompleksitet.

1.3 Problemstilling: En industriel logik overføres til en projektbaseret branche

Foruden den herskende teknologideterminisme der præger den byggepolitiske diskurs, mener vi, at de byggepolitiske strategier overser en central udfordring i visionen om at konvertere konceptet, industri 4.0, til Build 4.0. Forudsætningsgrundlaget for at automatisere byggeriets processer, *on site*, adskiller sig nemlig væsentligt fra fremstillingsindustrien, hvor produktionen finder sted under kontrollerede forhold på en fabrik.

Fabriksproduktion er først og fremmest kendetegnet ved, at udefra kommende faktorer som skiftende lokation, og vejrforhold ikke begrænser produktionen. Omstændighederne er generelt mere forudsigelige end på en byggeplads, hvilket giver mulighed for at opbygge en mere hierarkisk organisationsstruktur, der tillader standardiserede procedure igennem en stærkt specialiseret opgavefordeling. Under sådanne forhold er der utallige eksempler på, hvordan automatiseringsteknologier, med stor succes, har understøttet eller erstattet menneskelige arbejdsopgaver. Succeskriteriet kan i tillæg af markant billigere produktion, måles i form af mindre slid og sundere arbejdsmiljø.

Historisk set har byggebranchen opnået stor succes, ved at flytte nogle af byggeriets kompleksiteter ind på fabrikken under kontrollerede forhold, og dermed løst dem bedre og billigere. Hvis vi f.eks. ser nærmere på systemleverancer såsom badekabineproduktion, kan en præfabrikeret badekabine produceres op til 54 procent billigere, end når et badeværelse udføres manuelt på byggepladsen. Dette har vi erfaret efter dialog med Projekt- og tegnestuechef Per Kristensen fra Green Box A/S (se evt. bilag 01), hvilket vi har sammenholdt med priser fra (Murerfirmaet NKM ApS, 2021). Hertil skal det bemærkes, at Murerfirmaet NKM har specialiseret sig indenfor manuel udført badekabine entrepriser, hvorfor vi forventer at deres listepreiser er konkurrencedygtige. Besparelsen fordrer en produktion på minimum 40 kabiner, for i gentagelsen ligger gevinsten. Leveringen af en enkel kabine, kan af virksomheden Green Box, dog fortsat leveres med en besparelse på mere end 30 pct. Samtidig reduceres byggeriets leveringstid, da præfabrikationen kan udføres parallelt med selve byggeriet. I modsætning til manuel fremstilling på byggepladsen, har værkstedsfabrikation altså samlet al den nødvendige knowhow der kræves, for at fremstille produktet under samme tag. Erfaring viser, at produkternes tekniske udførelseskvalitet dermed er langt højere end ved manuel udførelse på pladsen (Mikkelsen, Beim, Hvam, & Tølle, 2005). Dette kan forklares ved, at de mange ansvarsskift i produktionen elimineres, hvilket sikrer en bedre kvalitetssikring. Hertil kan erfaringer fra tidligere projekter udnyttes systematisk i produktionen, og der er samme tid kun én aktør i form af systemleverandøren, der kan holdes ansvarlig for produktets kvalitet. Disse stordriftsfordele kan ikke opnås i samme omfang på byggepladsen. Hvis vi igen anvender badekabineproduktion som eksempel, som i øvrigt er en relativ simpel systemleverance, fremgår rationaliseringspotentiallet tydeligt. Hvis et badeværelse skal produceres ude på pladsen, vil det kræve en koordinering mellem murere, tømrere,

elektrikere, VVS'ere, malere og ventilationsarbejdere; som alle er uafhængige enheder med særskilte interesser. Hvis noget går galt i tidsplanen, vil det trække spor igennem hele organiseringen og planlægningen, hvilket fordre en mere agil ledelsesstruktur, da der i så fald må improviseres og findes nye løsninger. Hertil varierer sammensætningen af aktørgrupper mellem projekter, hvilket vanskeliggør en systematisk dataindsamling der kan anvendes i produktionen. Udfordringen skyldes netop, at byggeriets værdikæde er fragmenteret, hvorfor de respektive virksomheder er i indbyrdes konkurrence. Dette skaber altså en barriere for opsamling og deling af data der kan styrke fremtidig produktion (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019, s. 12)

Forudsætningsgrundlaget for at automatisere de udførende arbejdsprocesser, *on site*, adskiller sig derfor markant fra værkstedsfabrikation. I bogen *projektledelse i løst koblede systemer* beskriver Kristian Kreiner og Søren Christensen byggeriet som en ufuldkommen verden, der ikke kan planlægges i samme grad som industriens mere fuldkomne verden. I bogen konkluderes det, på baggrund af flere årtiers studier, "*at tingene i praksis ikke foregår på den måde, man almindeligvis forestiller sig og ønsker sig, at de skulle foregå på*" (Christensen & Kreiner, 1991:4). Nyhedsværdien af denne konklusion er ikke stor, da det længe har været alment kendt at byggeprojekter er præget af en høj grad af uforudsigelighed. Hvor værkstedfabrikationens forudsigelige omgivelsesbetingelser tillader en bureaukratisk organisationsstruktur der tilgodeser, at planlægning, standardisering, og kontrol kan indføres i en lineær arbejdsproces; kræver byggeriets ufuldkommene verden, altså en tilgang baseret på en agil ledelsesstruktur, hvor løsninger findes i takt med at problemerne opstår.

Når industri 4.0 adopteres til byggeriets ufuldkommene verden, vil der opstå udfordringer vi endnu ikke kender. Hvis robotautomatiseringsteknologier skal vinde indpas i byggeriet, skal de først og fremmest accepteres af de praktikere der skal anvende teknologierne i deres daglige virke. Når vi undersøger, hvilke muligheder og udfordringer der er forbundet med samarbejdsrobotters indtog i byggeriet, vil vi derfor fokusere på, hvordan teknologiudvikling- og implementeringsprocesser tilgodeser den sociale sammenhæng, som teknologien skal understøtte. Ved at følge teknologierne i brug vil vi desuden belyse, hvordan disse kan bidrage til at løse den førnævnte produktivetsproblematik. I relation til regeringens "Arne pension" vil vi desuden undersøge, hvordan robotteknologiske løsninger bidrager til at skabe et bedre fysisk arbejdsmiljø til gavn for branchen, såvel som for samfundet.

1.4 Problemformulering

For at opnå viden om samt forståelse af, hvordan automatiseringsteknologier, bedst muligt, kan overføres til byggeriets ufuldkommene verden, har ovenstående problematisering ledt os til følgende problemformulering:

- Hvordan kan forskellige aktørgrupper informere design og udvikling, der tilgodeser et bedre arbejdsmiljø samt øget produktivitet, af den teknologi som indgår i deres daglige praksis?
 - Hvordan har robotautomatisering, on site, bidraget til at løse produktivetsproblematikken, herunder særligt den stigende mangel på faglært arbejdskraft?
 - Hvordan har robotautomatisering, on site, understøttet samfundets tiltagende fokus på at skabe et bedre fysisk arbejdsmiljø i byggeriet?

1.5 Afgrænsning

For at danne os et overblik over, hvilke robotteknologiske løsninger der udvikles til byggeriet, har vi forud for dette studie, besøgt en række robotvirksomheder der forsyner byggeriet med deres teknologiske løsninger.

På baggrund af interviews, branche- og messebesøg, såvel som gennemgang af diverse artikler og brancheanalyser, har vi stiftet bekendtskab med en række af disse virksomheders teknologier og visioner. Derigennem har vi valgt at afgrænse vores fokus til én teknologi; nemlig samarbejdsrobotten Amigo. Amigo er kort fortalt en stemmestyret gipsskærerrobot, der har til formål at understøtte tømrerens arbejde. Vi har valgt at fokusere på Amigo, dels fordi den har til formål at understøtte tømrerne, der udgør den største faggruppe i dansk byggeri og dels fordi den viste sig at være den mest udbredte samarbejdsrobot i branchen.

På baggrund af tal fra Danmarks Statistik, kan man samtidig konstatere, at der fortsat bliver uddannet flest tømrere på de erhvervsfaglige uddannelser, som er målrettet byggebranchen. I 2020 udgjorde de nemlig hele 47,71 pct. af de færdiguddannede (Danmarks Statistik, 2021). Dog har antallet af uddannede tømrere i en længere årrække været faldende, mens behovet for tømrere er stigende. Flere tekniske skoler har i øvrigt købt en Amigo-robot, som på sigt skal indgå i undervisningsforløbet. Hertil er gipsskærerrobotten Amigo, i modsætning til de andre teknologier vi har stiftet bekendtskab med, allerede anvendt i praksis på større danske byggeprojekter.

På trods af at teknologien fortsat er under udvikling, vurderes det, at den er udbredt i et omfang, der rent empirisk kan understøtte en analyse. Dermed er vores analytiske genstandsfelt afgrænset, til et fokus på de aktørgrupper, hvorved Amigo indgår i deres daglige praksis.

Empirisk er interviewmaterialet og dertilhørende beskrivelse af informanter afgrænset til de aktører, som vi subjektivt har vurderet, spiller en væsentlig rolle for vores undersøgelse. Dette hænger sammen med vores valg af teori, som vil blive udfoldet i næste kapitel. En række interviews med bl.a. tekniske skoler, er grundet specialets tidsmæssige begrænsning derfor sorteret fra, grundet manglende dybde og ressourcer til opfølgning. Specialets projektperiode har samtidig givet anledning til en naturlig tidsmæssig afgrænsning på vores feltarbejde.

I problemformuleringen har vi afgrænset os til et fokus på, hvordan teknologien tilgodeser produktivitet og fysisk arbejdsmiljø. Dette hænger sammen med den valgte teknologi der primært markedsføres på at forbedre netop produktivitet og fysisk arbejdsmiljø. Vi har derfor undladt de bæredygtighedsmæssige aspekter, som står højt på den politiske dagsorden; og som robotudviklerne i øvrigt, har til hensigt at understøtte på sigt.

1.6 Introduktion af Amigo

Den følgende beskrivelse af robotteknologien Amigo, er hovedsageligt udarbejdet på baggrund af oplysninger fra Kobots A/S' hjemmeside. Kobots A/S blev stiftet i 2018 og beskæftiger i dag 24 ansatte. De har haft stor succes med at indhente fondsmidler og er først for nyligt begyndt at generere en reel indtægt. Man kan altså sige at Kobots eksistensgrundlag, som virksomhed, er et produkt af det i indledningen beskrevet "åbne innovationsvindue". Deres flagskib Amigo understøtter ifølge Kobots, samtidig de i indledningen beskrevet politiske ønsker, om at teknologier bør bidrage til et bedre arbejdsmiljø og reducere det hårde fysiske arbejde.

Kobots der har udviklet, producerer og forhandler Amigo, beskriver teknologien som følger:

Amigo er:

- Stemmestyrer og mobil skærerobot til byggepladsen.
- Skæreprocessen automatiseres ved hjælp af applikation eller stemmestyring.

- Øger produktiviteten og kapaciteten. Frigør ressourcer igennem håndfri skæring og opmåling.
- Reducerer støvscener og vibrationer fra manuelt skæringsværktøj i arbejdsprocessen, og skaber dermed et bedre arbejdsmiljø.
- Reducere arbejdsulykker og sundhedsrelaterede ulykker, igennem bedre arbejdsstillinger og som følge af støv- og vibrationsreduceringen.

Det er netop disse fordele, som i rapporten søges udfordret. Amigo findes i de to nedenstående varianter, henholdsvis Amigo 912, der kan skære plader op til 900 x 1200mm, og Amigo 925, som er den store model; der kan tage plader op til 900 x 2500mm.



Figur 01: Amigo 912 og Amigo 925. Kilde: (Kobots A/S, 2021)

Konstruktionsmæssigt er Amigo bygget op ved hjælp af et skinnesystem, hvor der er fastgjort et skærehoved, som er forbundet til en software baseret applikation. Tømreren skal derfor ikke længere have fat i en dyksav og manuelt skære i gipspladerne; men i stedet blot sætte en gipsplade ind i rammen på Amigo og indtaste/indtale dimensioner i den tilhørende applikation. Under transport er Amigo, alt afhængigt af modeltype, pakket i enten 5 eller 7 kasser, med en samlingstid på 5-10 minutter. Brugen af Amigo forudsætter et 2-dages kursus hos Kobots i Odense, men visionen er, at ufaglærte uden introduktion, i fremtiden skal kunne anvende robotten.

2. Videnskabsteoretisk grundlag

I dette afsnit forsøger vi at besvare tre centrale videnskabsteoretiske spørgsmål, som vi mener at ethvert forskningsprojekt bør stille; henholdsvis (1) det ontologiske spørgsmål, (2) det epistemologiske spørgsmål, samt (3) hvilken position vi, som forfattere, indtager i vores undersøgelse.

Med det ontologiske spørgsmål redegøres der for, hvordan vi ser og forstår den verden og den virkelighed, som vi udvælger og undersøger, for at opnå den viden vi ønsker. Med andre ord, redegør vi her, for vores teoretiske tilgang.

Med det epistemologiske spørgsmål redegøres der for, hvordan vi erkender og opfatter den verden, som vi vælger at undersøge. Med andre ord, beskrives her hvordan metode og teori hænger sammen.

Positionen vi indtager, henviser til hvordan vi som undersøgere, forholder os til det vi undersøger. Med andre ord, redegør vi altså her, for forholdet mellem det analytiske og det empiriske objekt.

2.1 Projektet i rammen af STS

Vores videnskabelige undersøgelser, som formidles i nærværende rapport, opererer under feltet Science and Technology Studies (STS). STS er et forskningsfelt, - og en videnskabsteoretisk tilgang der orienterer sig mod, hvordan videnskab og teknologi former og påvirker samfundet og vice versa. STS er et tværfagligt og vidt forgrenet forskningsfelt, og er derfor vanskeligt at definere entydigt. Tilgangen indebærer dog, at samfunds- og organisationsforandring studeres som processer, hvor menneskelige såvel som teknologiske handlinger har en gensidig indvirkning på hinanden, og dermed skaber sociotekniske netværk (Jensen, STS, 2020). Disse netværk er med til at forme den virkelighed der studeres og er således, på en og samme tid, konstituerende og konstitueret. Det er altså relationer mellem mennesker, ting, videnskab, teknologi, organisation og samfund der er i fokus.

STS er en relativ ny, men tiltagende, forskningsstrøm der søger at gøre op med den traditionelle videnskabstradition, som er kendetegnet ved en essentiel ontologi; hvor verdenen simplificeres ved at klassificere og kasseopdele i foruddefinerede kategorier. Fællesnævneren indenfor STS er,

at der netop ikke sættes skarpe skel mellem videnskab, teknologi og samfund (Jensen, Lauritsen, & Olesen, 2007). Vores egen position i STS- feltet går under betegnelsen praktisk ontologi, og er primært baseret på Casper Bruun Jensen (CBJ), Christopher Gads (CG) og Brit Ross Winthereik's (BRW) tilgang til feltet.

Denne praksisorienterede tilgang bygger videre på aktørnetværksteori (ANT), som skal understreges, blot udgør én tilgang indenfor STS-feltet. For at illustrere hvad denne praksisorienterede tilgang indebærer, fremhæver CBJ en række grundpræmisser, som er afgørende for ANT herunder at:

Analyser skal være *symmetriske*, hvilket betyder at forskeren skal fralægge egne antagelser om, hvem eller hvad der handler i en given situation. Med andre ord må analysen ikke påvirkes af fordomme. Dette skal forstås i relation til opgøret med den essentielle ontologi ud fra rationalet om, at vigtige iagttagelser går tabt, hvis forskeren på forhånd opdeler verden i klart afgrænsede kategorier. Et eksempel herpå kunne være en skelnen mellem det tekniske og det sociale aspekt, fordi vi ikke på forhånd kender sammenhængen mellem nye teknologier og sociale fænomener. Vi må derfor ikke tage egenskaber ved disse fænomener for givet. Som forsker skal man påtage sig en bevidst naivitet i sin tilgang, fordi nye teknologier ofte forandre sociale forhold i en organisation og omvendt. *Symmetriske* analyser indebærer derfor, at der fokuseres på *handling*, hvorfra netværk udspringer. Det er ud fra denne præmis, at man med ANT altid studerer den gensidige konstruktion af humane og non-humane aktører- hvor sidstnævnte er teknologier. Man vægter altså teknologiske og menneskelige handlinger ligeligt i sin analyse. Dette betyder dog ikke, at menneske og teknologi antages at være ens. Det er derimod en metodisk foranstaltning der sikrer, at egne forudindtagede holdninger ikke påvirker analysen. Dette kan skabe en mere nuanceret forståelse af, hvordan den relationelle dynamik mellem teknologi og menneske sammen skaber nye praksisser, strukturer og dermed nye virkeligheder; som påvirker organisationer såvel som samfund.

Fra et ANT-perspektiv består verden, som navnet angiver, udelukkende af aktører og netværk. Disse aktører udgør, som nævnt, humane og non-humane aktiviteter der sammen indgår i relationer, og dermed danner netværk. Dette betyder at veletablerede institutioner, som f.eks. demokratiet eller vores uddannelsessystem blot er summen af en række aktiviteter og handlinger; som udføres af humane såvel som non-humane aktører, i et ofte komplekst netværk af relationer.

Når disse aktørnetværk er blevet så stabile, at man ikke længere sætter spørgsmålstegn ved dem, er de blevet *Black boxet*. Med andre ord bliver de aktiviteter og handlinger som holder netværk stabile ofte taget for givet. Black Boxede forhold er således vanskelige at ændre, netop fordi, at man ikke har indsigt i de relationer, aktiviteter og handlinger, som holder dem sammen. Mange ANT-analyser handler således om, hvordan og hvorfor det lykkes for nogle netværk at blive stabile samt undersøge, hvilke konsekvenser dette har for de implicerede aktører og deres omgivelser (Jensen, STS, 2015, s. 410-411). Med denne fremgangsmåde kan der opnås en dybere indsigt i, hvordan samfundet skabes og forandres samt hvilken rolle teknologien spiller i denne forandringsproces.

Med disse grundprincipper in mente introducerer CBJ endvidere termen *ontologi for ting under udvikling*. Her er fokus *ikke* på stabile forhold (Black boxes) men derimod på teknologier under udvikling. Teknologier under udvikling er netop ikke stabile og har ofte en foranderlig dimension i kraft af, at de præges og formes af de aktører, som i højere eller mindre grad er involveret i udviklingsprocessen. Betegnelsen *ontologi for ting under udvikling* er afgørende for vores undersøgelse, som netop omhandler et endnu ikke stabiliseret system, nemlig; *Robotautomatisering af arbejdsprocesser i byggeriets udførende fase*; som dermed har fokus på sociotekniske systemer under udvikling (Gad, Jensen, & Winthereik, 2018).

2.2 Ontologi for ting under udvikling

For at definere hvad der kendetegner teknologiske udviklingsprojekter, anvender CBJ et illustrativt studie der viser, hvordan elektroniske patientjournaler (EPJ) fra midten af 1990'erne blev udviklet og implementeret på danske sygehuse (Jensen, STS, 2020, s. 515). Studiet fremhæver, hvordan en række forskellige aktørgrupper var involveret i denne proces. De forskellige aktører der var involveret i udviklingen af de elektroniske patientjournaler, havde i form af deres profession og position meget forskellige forventninger til, hvordan den nye teknologi skulle designes for at tilgodese netop deres behov.

Først og fremmest indgik projektet, som et strategisk element i en politisk dagsorden, hvor visionen var at moderniserer sundhedssektoren. Da teknologien skulle erstatte en analog patientjournal- praksis, var hhv. læger, sygeplejersker, medicinske informatikere og programmører, også repræsenteret i det tidlige stadie af udviklingsprojektet. Herefter blev EPJ-

projektet ydermere til genstand for en række forskningsprojekter indenfor STS-feltet, ligesom forskellige grupper lige fra patientorganisationer til medicinske jurister blev inddraget i projektet (Jensen, STS, 2020, s. 519).

Alle disse aktører havde i større eller mindre grad indvirkning på design og udformning af de elektroniske patientjournaler, som i daværende periode, endnu ikke var faste bestanddele i det danske sundhedsvæsen. Som CBJ udtrykker det, er det netop denne *mangfoldighed* i aktiviteter og fortolkninger, som er omdrejningspunktet for de analytiske problemstillinger vedrørende teknologiske udviklingsprojekter. Udviklingsprocessen kan således anskues som en form for magtkamp eller forhandlingsproces, hvor de forskellige aktørers interesser, behov og fortolkning af teknologien bidrog til forskellige forsøg på, at forme fremtiden for det danske sundhedsvæsen.

Når man følger endnu ikke afsluttede processer i heterogene aktørnetværk, får man altså et unikt indblik i en verden af forhandlinger om den teknologiske fremtid. CBJ understreger denne pointe ved at citere Bruno Latour, der i *science in action* (1987) definerede sin første metoderegul som følger: "*Vi vil engagere os med facts og maskiner mens de skabes; Vi vil ikke medbringe nogen antagelser om, hvad viden er. Vi vil se på, hvordan sorte bokse lukker sig*" (Jensen, STS, 2020, s. 529). Det er altså ikke en Black Box vi studerer, men derimod den forhandlingsproces, som afgør teknologiens fremtid. Når man studerer en Black Box; altså et fænomen, hvor den sociotekniske orden er stabiliseret, vil mange af disse forhandlinger som ligger forud for det stabile system gå tabt i analysen. Omend er det noget mere vanskeligt at optræfle en meget stabil konstruktion.

Vi har nu argumenteret for at interessen, indenfor ANT, der handler om at forstå de processer der leder til nye sociotekniske virkeligheder går under betegnelsen *ontologi for ting under udvikling*. I CBJ's illustrative eksempel udgjorde denne *ting*, som var under udvikling, elektroniske patientjournaler. CBJ understreger dog, at tilgangen ikke fordre en bestemt type teknologi som studieobjekt. Tilgangen kan således anvendes til at undersøge alle sociotekniske samfundsfænomener, hvad end den konkrete teknologi måtte være. De praktiske og metodiske foranstaltninger vil naturligvis variere alt efter hvor Black boxedede fænomenerne er (Jensen, STS, 2020, s. 530).

For at forstå, hvordan denne *ting*, som er under udvikling, kan skabe nye sociotekniske virkeligheder, introducerer CBJ termen *delvist eksisterende objekter*. Kort sagt betegner dette

udtryk, alle teknologiske objekter, hvis eksistens endnu ikke er afgjort. Dvs. endnu ikke er stabiliseret, hvilket betyder at objekternes fremtid stadig er til forhandling, og deres eksistensgrundlag dermed er fundamentalt usikkert. Hvis objekterne skal overleve, må de blive stabile. For at blive stabile må de udbredes, og vinde indpas i de praksisser som de skal understøtte eller erstatte. Dette kan være en stor udfordring i et heterogent aktørnetværk, hvor den samme teknologi skal tilgodese forskellige behov, og dermed kan opfattes på vidt forskellige måder blandt de respektive aktører. De elektroniske patientjournaler, som i dag kan anses som værende Black Boxet, er et godt eksempel på dette. For selvom EPJ er Black Boxet, er det stadig ikke en entydig teknologi, og kan derfor ikke studeres som et selvstændigt og velafgrænset fænomen. CBJ forklare, hvordan EPJ som én teknologi, eksisterer i flere forskellige sammenhænge- og på flere forskellige måder. F.eks. var den fra politisk side blot en del af en *vision* om at modernisere sundhedsvæsenet, mens den for programmører og designere var en teknologi der skulle udvikles. For sundhedspersonalet var det et værktøj der skal understøtte deres praksis, og for statistikere en database etc. Alle disse forskelligartede perspektiver overlapper og relaterer sig til hinanden igennem udviklingen af EPJ. Hertil kom det, at henholdsvis læger, plejepersonale og lægesekretærer havde meget forskellige forventninger til, hvordan EPJ skulle understøtte netop deres praksis. Fællesnævneren, som skulle danne grundlag for design og programmering af EPJ var sundhedsstyrelsens definition som lyder: *"en elektronisk patientjournal er et klinisk informationssystem, der direkte understøtter daglig procesorienteret undersøgelse, behandling og pleje af den enkelte patient"* (Jensen, STS, 2020, s. 521).

Fordi at teknologien skulle fungere i en interdisciplinær praksis, voldte det store udfordringer at definere, standardisere, og klassificere de aktiviteter, som EPJ skulle understøtte. F.eks. var lægerne bekymrede for, at teknologidesign, herunder procedure for anvendelse, ville medføre opgaveforskydninger. Lægerne var således modvillige overfor design, som potentielt kunne resultere i, at flere rutineopgaver såsom booking af undersøgelser, journalskrivning mm. ville lande på deres bord. Sekretærer og sygeplejere anså derimod sådanne forskydninger som værende fornuftige forandringer i samarbejdsrelationer. Det er sådanne uenigheder og/eller interessekonflikter, der kan anskues som en forhandlingsproces, som enten svækker eller styrker eksistensen af det teknologiske objekt.

Hvis teknologien ikke formår at vinde indpas i en given praksis som tiltænkt, vil det svække dens eksistens. Hvis den derimod formår at sammenbinde flere forskellige praksisser, vil dens eksistens blive styrket. Grunden til at EPJ er blevet stærkt stabiliseret og Black Boxet er netop fordi, at den formår at fange interessen på tværs af forskellige praksisser. Udover at EPJ sammenbinder flere forskellige praksisser internt, og på tværs af landets sygehuse, indgår den også på apoteker og hos praktiserende læger; hvilket er med til at styrke teknologien. Jo større udbredelse, desto stærkere teknologi.

Studiet af *delvist eksisterende objekter* handler således om at følge og forstå de forhandlingsprocesser, hvorigennem teknologier ændre form. Ontologi for ting under udvikling rammesætter dermed studiet af delvist eksisterende objekter. Igen kan det pointeres, at ANT-tilgangen gør op med den traditionelle tilgang, hvor teknologiske objekter anses som statiske og homogene. Pointen er, at de egenskaber der kendetegner teknologiske objekter, ikke er essentielle, men derimod dynamiske, og udvikler sig gennem dets relationer til forskellige praksisser. Når teknologien tager form og begynder at blive stabil, får den sin egen rolle i netværket som den non-humane aktør. Den får med andre ord sin egen handlekraft forstået på den måde, at teknologien påvirker den menneskelige adfærd i den praksis, hvori den indgår. Erkendelsen af, at mennesker og ting gensidigt skaber hinanden, tages forgiven i mange studier, men er afgørende for et ANT-perspektiv. Den Canadiske medieforsker, Marshall McLuhan, citeres ofte, i flere forskellige sammenhænge, for hans berømte udsagn fra 1967: "*We become what we behold. We shape our tools, and thereafter our tools shape us*". Dette citat indfanger essensen af det socio-tekniske perspektiv. Nok former vi som mennesker teknologien; men når teknologien er stabiliseret spiller den tilbage, og præger vores handlemønstre. Teknologier har således en aktiv rolle, der er med til at forme den sociotekniske virkelighed der studeres.

Smartphones og sociale medier er et moderne eksempel på, hvordan teknologier er med til at forme den sociale virkelighed når først de er bragt til verden. Store aktører som Facebook, Twitter, Google og YouTube har formået at sprede sig globalt på tværs af landegrænser og kulturer, hvilket har gjort dem til stærke aktører i de samfund, hvor de indgår. Det arabiske forår, som fik tilnavnet; *Facebook-revolutionen* er et ekstremt, men godt eksempel på, hvordan stærke teknologier kan påvirke samfund. Et andet eksempel er måden, hvorpå smartphones og sociale medier formår, at påvirke særligt unge menneskers adfærd. Det er evident, at sociale medier påvirker unges vaner,

sprog og relationer og spiller således en afgørende rolle for deres selvforståelse og identitetsudvikling. Teknologier er derfor mere end blot passive objekter. De er aktive spillere i et socioteknisk netværk, der tilsvarende skaber sociale virkeligheder.

Ud fra denne virkelighedserkendelse har teknologiske såvel som menneskelige aktører ikke nogen iboende karakteristika eller egenskaber som vi kan tage for givet. De egenskaber som aktørerne har, er altså ikke givet på forhånd, men skabt i den situerede praksis, og er således dynamiske. Dermed bliver den tidligere beskrevne grundpræmis om den bevidste naivitet vedr. symmetriske analyser til en forudsætning, omend en analytisk styrke, når man undersøger teknologiske udviklingsprojekter.

Opsamling

STS studerer tilblivelsen af sociotekniske netværk.

Metodisk fordrer dette et fokus på relationer, mellem menneskelige og teknologiske aktører.

Alle aktører, humane såvel som non-humane, antages at være dynamiske og foranderlige og tillægges samme værdi i analysen.

Delvist eksisterende objekter betegner, hvordan teknologier gradvist får enten mere eller mindre eksistens.

Ontologi for ting under udvikling betegner interessen, indenfor aktørnetværksteori, om at forstå de processer der leder til, at nye sociotekniske virkeligheder opstår.

Med denne relativt lange, men nødvendige, introduktion har vi nu skitseret en forståelsesramme, som udgør fundamentet for et ANT-perspektiv på teknologiske udviklingsprojekter. Herfra kan vi redegøre for vores ontologiske standpunkt, som vi indledningsvist betegnede som *praktisk ontologi*.

2.3 Praktisk Ontologi

Et ANT-perspektiv på teknologiske udviklingsprojekter fordrer, som beskrevet ovenfor, et særligt empirisk og analytisk fokus på praktisk handlen. Et fokus på praktisk handlen indebærer en opmærksomhed på, hvordan praksis varierer i forskellige situationer over tid og sted. Det er altså den situerede praksis der er i fokus. I dette henseende er konteksten, hvor praksisser udspilles vigtig at tage højde for. Mange ANT-studier kritiseres dog for, at det faktiske fokus ofte bliver for snævert, da det som falder uden for lokal praksis, let kommer til at fremstå som uinteressant at forholde sig til (Jensen & Gad, 2012, s. 7). Et eksempel herpå kunne være, hvordan institutionelle bindinger som f.eks. regulering, lovgivning, økonomi har indflydelse på, hvordan praksis udspiller sig og dermed på, hvordan nye sociotekniske virkeligheder tager form.

I studiet af praktisk ontologi må et fokus på den situerede praksis, ikke være på bekostning af det der falder uden for lokal praksis (Jensen & Gad, 2012, s. 7). Hertil bygger vores standpunkt videre på de aktørnetværksteoretiske grundpræmisser ved at udvide praksisbegrebet, så det udover et fokus på humane og non-humane aktiviteter, også inkluderer vores rolle som forfattere i det sociotekniske netværk; omkring det analytiske genstandsfelt (Jensen & Gad, 2012) (Jensen & Gad, 2013). Vores rolle i form af formidling og begrebsliggørelse af det fænomen som studeres, indgår i interaktionen af forskellige aktiviteter, der gensidigt konstruerer nye sociotekniske virkeligheder. Denne erkendelse umuliggør, at vi som undersøgere og formidlere, indtager en ekstern og passiv position i feltet. Studiet af praktisk ontologi omfatter således en undersøgelse af, hvordan mangfoldige aktiviteter i et heterogent aktørnetværk, inklusive vores egne kategoriseringer, påvirker teknologiske udviklingsprojekter.

Vores interesse i robotautomatisering af arbejdsprocesser i byggeriets udførende fase har, som vores overskrift indikerer, fokus på sociomateriel-design. Begrebet *Sociomaterialitet* er en udstrækning af det sociotekniske begreb som kendetegner ANT, hvilket vi finder mere retvisende at anvende for studiet af praktisk ontologi. Udover et fokus på, hvordan teknologi og menneske gensidig påvirker hinanden, omfatter det sociomaterielle et fokus på, hvordan materialitet i almindelighed indgår, som en integreret del i alle aspekter af hverdagens aktiviteter og relationer. I artiklen *Sociomateriality: Challenging the separation of technology, work and organisation* argumenterer forfatterne for, at alt i verdenen, hvad enten det er hjemme, på farten, privat eller professionelt altid involverer materielle midler (Orlikowski & Scott, 2008, s. 455). Disse materielle

midler kan måske ikke defineres som teknologier, men er ofte nødvendige for at teknologier kan fungere, og har således indflydelse på de aktiviteter der former en given praksis. F.eks. involverer kommunikation og formidling ofte computere, internet, papir og pen; ligesom transport involverer en udbygget infrastruktur med alt hvad det indebærer (Orlikowski & Scott, 2008).

Fra dette perspektiv erhverver mennesker og ting (artefakter såvel som naturlige objekter) deres egenskaber og dermed eksistens igennem deres relation til hinanden. Dette betyder, at det materielle og sociale udgør to sider af samme sag, og kan derfor ikke analyseres separat. Med andre ord er den sociale og menneskelige eksistens, så entangled (indfiltret/sammenvævet) med den materielle verden, at det ikke giver mening at forsøge at skille det ad.

Begrebet *sociomaterialitet* forsøger således at bevæge sig ud over adskillelsen af det tekniske og det sociale ved at påpege, at praksisser altid er sociomaterielle (Orlikowski & Scott, 2008, s. 463). Med henblik på at operationalisere vores standpunkt i STS-feltet, praktisk ontologi, vil vi i næste afsnit eksplicitere hvad den sociomaterielle-design tilgang indebærer. Herunder, introducere det begrebsapparat som vores empiri vil blive analyseret ud fra.

2.4 Sociomateriel-Design

Forskere der anlægger en praktisk ontologi for deres studie, indtager som nævnt, en aktiv position i det sociomaterielle netværk der studeres. Reelt betyder dette, at forskere igennem begrebsliggørelse og formidling af deres undersøgelser, potentielt, kan påvirke det teknologiske udviklingsprojekt som undersøges. Vi skriver "potentielt" fordi, at et sociomaterielt perspektiv på teknologiske udviklingsprojekter ofte har et problembaseret afsæt. Dette betyder, at den analytiske interesse ofte er rettet mod at udforske og forklare, hvordan sociomaterielle netværk opstår og udvikler sig over tid og sted. Der er altså ikke et direkte fokus på design, men et ønske om at forstå, hvordan videnskab og teknologi former og påvirker samfundet og vice versa. Med andre ord belyses kompleksiteten i et sociomaterielt netværk. Man rammesætter problematikker, men lader det være op til andre at løse dem. Den sociomaterielle tilgang kan således anskues, som en akademisk disciplin, uden direkte forbindelse til virkeligheden. Den potentielle påvirkning af det teknologiske udviklingsprojekt forbliver dermed indirekte.

Hvor den sociomaterielle tilgang tilbyder et akademisk og problemorienteret perspektiv på teknologiske udviklingsprojekter, er designperspektivet derimod kendetegnet ved en mere pragmatisk og løsningsorienteret tilgang. Dette giver mulighed for, at man som forsker kan påvirke designprocessen mere direkte.

Umiddelbart kan disse to forskningsinteresser forekomme modstridende. I bogen *Sociomaterial-Design: Bounding Technologies in practice* (Bjørn & Østerlund, 2014) redegør forfatterne for, hvordan de to tilgange kan forenes og anvendes, som perspektiv på teknologiske udviklingsprojekter. Vores analyse rammesættes således med afsæt i denne bog.

Bogens forfattere, Pernille Bjørn fra Københavns IT-Universitet og Carsten Østerlund fra Syracuse University i New York, konceptualiserer sociomateriel-design igennem en reflektiv analyse, baseret på egne erfaringer fra to længerevarende studier. Ligesom Casper Brun Jensens illustrative eksempel vedrørende EPJ-projektet, er den sociomaterielle-design tilgang, udviklet med afsæt i teknologidesign- og implementering i sundhedssektoren. Mere specifikt på to forskellige akutafdelinger på nordamerikanske pædiatriske hospitaler. Pernille Bjørn og Carsten Østerlund fremhæver samme argument som Casper Brun Jensen; nemlig, at tilgangen ikke fordrer en bestemt branche eller teknologi som analytisk genstandsfelt (Jensen, STS, 2020, s. 530) (Bjørn & Østerlund, 2014, s. 97).

Deres teorigenerende studie fremhæver dog, at visse betingelser skal være opfyldt for, at den sociomaterielle-design tilgang kan overføres til andre brancher uden modifikationer. En grundlæggende betingelse er, at når man som sociomateriel-designer træder ind på et hospital, så møder man mennesker, praksisser og artefakter, der alle bevæger sig rundt og gør det muligt for den sociomaterielle designer at følge med. Den faktiske praksis hos sundhedspersonalet er meget synlig, da interaktion med en patient er en fysisk aktivitet, og proceduren for arbejdsopgaverne omfatter observerbare praksisser; hvor artefakter som f.eks. patientjournaler, diagramtavler og whiteboards indgår (Bjørn & Østerlund, 2014, s. 98). Den sociomaterielle-design tilgang forudsætter således, at praksisser er håndgribelige og observerbare, hvilket i høj grad er gældende i den udførende del af byggebranchen.

2.4.1 Komplikationer vedrørende sammenvævningen

Bjørn og Østerlund, har mere end ti års erfaring med tværfaglige forskningsprojekter. De har dermed observeret, hvordan der kan opstå en konflikt mellem forskere med en teoretisk interesse i at udfolde praksissers kompleksitet, og forskere med en designdagsorden der søger, at simplificere kompleksiteten, med henblik på at designe teknologiske artefakter

I bogen (Bjørn & Østerlund, 2014) fremhæves det, at designforskere ofte kritiserer sociomateriel forskning for at have en tendens til at se bagud frem for, at undersøge nutiden. Omvendt kritiseres designforskning ofte for at være teknologideterministisk når der forsøges at intervenere gennem forskning (Bjørn & Østerlund, 2014, s. 7).

Bjørn og Østerlund understreger, at den sociomaterielle interesse ikke nødvendigvis bør fokusere på historiske udfordringer; ligesom designinterventioner ikke nødvendigvis er teknologideterministiske. Deres bidrag til feltet er således at præsentere et teoretisk fundament der tilgodeser en interventionistisk dagsorden, der samme tid tager højde for den sociomaterielle kompleksitet.

Kompleksiteten i den sociomaterielle ontologi består i, at det sociale og materielle er to sider af samme sag, og dermed uadskilleligt. Eller som Bjørn og Østerlund udtrykker, er det sociale og materielle *konstitutive forviklinger*, og vi kan derfor ikke antage, at nogle elementer er indbyrdes uafhængige. Det er således vanskeligt at afgrænse sit genstandsfelt uden at negligere vigtige elementer. Samme tid er verdenen dynamisk, hvilket gør det desto mere vanskeligt at fastholde rent analytisk. Det er altså uhåndgribeligt, både empirisk og analytisk, at afgøre, hvilke elementer i det sociomaterielle netværk der kræver et særligt fokus i forhold til teknologidesign.

På trods af forskelle i de to forskningsinteresser er begge retninger stærkt forankret i et empirisk og analytisk fokus på praksis. Et fokus på *praksis* skal med en sociomateriel-design tilgang forstås: som et fokus på de handlinger og/eller adfærd som aktører udviser i forbindelse med udførelse af rutinebaserede arbejdsopgaver (Bjørn & Østerlund, 2014, s. 15-16). Rutineprægede praksisser omfatter ofte en tavs viden hos praktikerne, ligesom der ofte indgår en række artefakter og/eller objekter i processen, hvis rolle ofte tages for givet. Formålet med en sociomateriel-design tilgang er netop at belyse de elementer der tages for givet i forskellige praksisser, da disse kan have stor betydning for den sociomaterielle struktur og dermed for design af det teknologiske

udviklingsprojekt (Bjørn & Østerlund, 2014, s. 17). Designperspektivet kan således tilslutte sig den praktiske ontologi, som netop tager højde for den situerede praksis, som varierer over tid og sted. Der hvor designperspektivet adskiller sig fra det sociomaterielle er, at førstnævnte anser det der ligger udenfor lokal praksis som stabilt. Med andre ord antages det, at et teknologisk artefakt har statiske grænser der nemt kan udpeges (Bjørn & Østerlund, 2014, s. 43).

Det store spørgsmål er således, hvordan et sociomaterielt perspektiv, med al dens kompleksitet, kan informere design- og teknologiudvikling; herunder, hvordan det analytiske fokus kan afgrænses, når grænserne for, hvad der påvirker teknologidesign, er dynamiske.

Som tidligere nævnt indebærer en praktisk ontologi at der fokuseres på *handlinger*, hvorfra de komplekse sociomaterielle netværk udspringer. Det er samme tid en forudsætning at man empirisk og analytisk påtager sig en bevidst naivitet for at vigtige elementer ikke negligeres. Men på et sygehus, såvel som på en byggeplads foregår der konstant utallige variationer af handlinger som kan være vanskeligt at følge til dørs. Den sociomaterielle-design tilgang tilbyder en metode til at overkommer dette dilemma. Ved at følge en stepmodel der fokuserer på forskellige grænsebindinger, kan den mangfoldige hårknude af sociomaterielle handlinger optrævles, så kun de vigtigste elementer ift. teknologidesign tages i betragtning. Stepmodellen indebærer tre fokuspunkter der redegøres for i det følgende.

2.5 Bounding practices: En stepmodel

Bounding practices, er en empirisk og analytisk stepmodel for sociomateriel-design. Bjørn & Østerlund har i deres teorigerende studie: *Sociomaterial-Design: Bounding Technologies in Practice*, både i titel og i bidrag, desuden lagt stor vægt på ordet Bounding, som har en central rolle for den praktiske anvendelse af teorien. Artefakter forstås her som værende sociomaterielle enheder, hvis egenskaber bringes til live igennem den situerede praksis. Når en bestemt praksis tager form, siger man, at den bliver enacted (vedtaget) i selv samme proces.

Bounding practices refererer altså til de processer, hvor praktikere sammenbinder forskellige artefakter igennem deres aktiviteter, og dermed skaber grænserne for, hvad der har/ikke har indflydelse på design af den teknologi, som skal erstatte eller understøtte den givne praksis. Ved at følge disse processer, belyses artefakternes rolle i netværket, og det vil fremstå tydeligt, hvordan disse artefakter udgør en større eller mindre del af det sociomaterielle netværk. Den

sociomaterielle tilgang, består af en tre-trins-model, hvorigennem kompleksiteten i netværket optræves.

Først, starter man med at undersøge sammenhængen mellem forskellige artefakter i forbindelse med, at praktikere rutinemæssigt udfører deres opgaver. Dette kaldes *Bounding multiple artefacts* (bindinger mellem forskellige artefakter). For at danne sig et overblik over, hvordan forskellige artefakter indgår i en given praksis, sætter man artefakterne sammen med bindestreg. I bogen gives et eksempel på en observation, hvor en sygeplejerske i forbindelse med en opgave, tager et clipboard og placere det på en tavle. Ved analytisk at sammenbinde **[clipboard-tavle]**, skabes grænserne for, hvilke artefakter der er omfattet af denne praksis. Dette kan vise sig at være en brugbar observation, når der efterfølgende skal designes en teknologi, som skal erstatte eller understøtte den givne praksis. I dette eksempel skulle et digitalt whiteboard erstatte en almindelig tavle på et hospitals akutafdeling.

Herefter undersøges, hvordan forskellige lokationer/placeringer har indflydelse på, hvordan praktikere anvender artefakter. Eller omvendt, hvordan artefakter har indflydelse på, hvordan arbejdsopgaver udføres på forskellige lokationer. Dette kaldes *Bounding of artefact and location* (bindinger mellem artefakt og lokation). I eksemplet med tavlen der skulle erstattes med et digitalt whiteboard, forklares det, hvordan forskellige sociomaterielle praksisser, hvori tavlen indgår, inkluderer bindinger mellem forskellige lokationer på akutafdelingen. F.eks. er der en kolonne på tavlen, som hedder *lokation*. Det der udgør lokationer på akutafdelingen, er tilstanden på forskellige patientkabiner. Lokationskolonnen giver således et overblik over, hvilke kabiner der er ledige samt, hvornår disse er rengjort. En kabine skal være rengjort, før nye patienter kan køres ind. Denne observation fremhæver et element, som ofte tages for givet, i forbindelse med design af teknologiske systemer i sundhedsvæsenet. Herunder rengøringspersonalets rolle i denne sociomaterielle praksis. Hvor praktikere som læger og sygeplejersker ofte inddrages i designprocessen, ser man sjældent praktikere som sekretærer og rengøringspersonale blive involveret. Ikke desto mindre er rengøringspersonalets rolle, i dette tilfælde, en aktiv del af den sociomaterielle praksis, vedrørende registrering og koordinering mellem ledige kabiner, rengøring og patienthåndtering. Grænsebindingen vil i dette tilfælde se ud som følger: **[tavle-rengøring-lokation-tilstand-tid-dato-ny patient]**.

Endelig undersøges, hvordan praktikere bevæger sig rundt imellem artefakter og de opgaver de skal udføre. Dette kaldes *Bounding of artefact and people's movement (bindinger mellem artefakt og aktørers bevægelse)*. På akutafdelingen er tavlen, som koordineres igennem ikke mobil, men har derimod en fast placering. Her blev der observeret en klar forbindelse, mellem tavleartefaktet og sygeplejerskernes bevægelse på afdelingen. Den sociomaterielle praksis, som omfatter **[tavle-bevægelse]**, handler om, hvordan sygeplejerskernes pause blev koordineret igennem registrering på tavlen. Sygeplejerskerne arbejder i skiftehold på 12 timer, og der er altid syv til ni sygeplejersker på arbejde. Grundet den lange arbejdstid, er der krav om pauser, for at sikre en høj arbejdskvalitet. Sygeplejerskerne har forskellige kvalifikationer og dermed forskellige roller at varetage. Hertil er sygeplejerskerne, hver især, ansvarlige for en række patienter. Når en sygeplejerske skal holde pause, må en anden overtage dennes rolle. Alle oplysninger som er nødvendig for at koordinere denne indsats, samt holde overblik over afdelingens status, fremgår af tavlen. Sygeplejerskerne bevæger sig altså rundt på afdelingen, hvor de påtager sig forskellige roller på forskellige tidspunkter. Sygeplejerskernes rolle, færdigheder, kompetencer, samt lokation og bevægelse fremgår altså af tavlen. Bindingerne der afgrænser denne praksis, er således: **[Tavle-sygeplejerske-rolle-pause-lokation-tid-etc.]**

I Sociomateriel-design defineres *Boundaries*, som konstant skiftende resultater der opstår som følge af forskellige aktørers Bounding practices. Det er derfor vigtigt at understrege, at de praksisser, som vi observerer blot, tegner et øjebliksbillede, da praksisser ændre sig med tiden. Ved empirisk, at følge aktørers Bounding practices og noterer, hvordan store såvel som små bindinger påvirker praksis, kan der efterfølgende dannes et analytisk overblik over, hvilke bindinger der går igen og er mest fremtrædende i den givne praksis. På den måde kan det med større sikkerhed vurderes, hvilke bindinger der er mere og mindre vigtige i forhold til det teknologiske udviklingsprojekt (Bjørn & Østerlund, 2014).

Med henblik på at kunne identificere de mest prominente Bounding practices i vores studie, uddybes det sociomaterielle-designkoncepts tre fokuspunkter yderligere i det følgende:

(1) Fokus på *bindinger mellem forskellige artefakter*, som angivet i eksemplet ovenfor mellem **[clipboard-tavle]**. I tilfælde, hvor den nye teknologi allerede er implementeret i praksis, skal der fokuseres på bindinger mellem teknologien og andre artefakter der supplerer til praktisk udførelse.

For at forstå meningen med, at sammenbinde forskellige artefakter, anvendes et andet eksempel fra Bjørn og Østerlunds studie. Her forklares, hvordan sundhedspersonalet kommunikerer igennem forskellige artefakter. Denne kommunikation kan have indflydelse på, hvordan den givne praksis tager form. Sådanne rutiner i samarbejdsrelationer bør derfor inddrages, når der designes – og implementeres ny teknologi. Der blev f.eks. anvendt en papirform i forbindelse med en triage-proces på den amerikanske akutafdeling. Når en ekstern enhed såsom en praktiserende læge, sender en patient til akutmodtagelsen, følger et såkaldt forventningsark. Forventningsarket kan indsendes på tre forskellige måder, herunder: pr. fax, pr. e-mail eller ved at ringe informationer ind VIA et telefonsystem. Disse informationer vil blive delt således, at en læge, et andet hospital, en ambulance eller en helikoptertjeneste kan registrere patientens personlige oplysninger, og dermed vurdere, hvordan patienten skal behandles. Aktører udenfor akutafdelingen, som ambulanceredere, registrerer ligeledes deres handlinger i dokumentet.

I akutmodtagelsen udskriver triage-sygeplejersken herefter de indkommende forventningsark, og placere dem i en bunke ved siden af telefonen og faxmaskinerne. Herefter overføres informationerne manuelt og løbende til den digitale patientjournal. Denne praksis er ringe organiseret da oplysningerne typisk først overføres, efter patientens behandling er påbegyndt. I stedet for en række separate dokumenter, observeres det, at selve bunken af forventningsark, i første omgang, udgør et artefakt i sig selv. Sammensætningen af **[forventningsark-bunke]**, spiller en rolle i organiseringen af det sociomaterielle netværk. F.eks. i forbindelse med, at læger og sygeplejersker faciliterer afdelingens patientflow. Her indikerer størrelsen af bunken, hvor mange patienter afdelingen kan forvente at modtage. Størrelsen af bunken giver dermed personalet en vigtig information, som de kan handle ud fra. Med andre ord fungerer artefaktet **[forventningsark-bunke]** som et koordinerende artefakt, der angiver afdelingens fremtidige status. En stor bunke indikerer, at afdelingen vil blive oversvømmet med patienter indenfor kort tid, hvor en lille bunke indikerer, at det vil blive stille på afdelingen. I eksemplet forklares det ydermere, hvordan den sociomaterielle designer observerer, at to kollegaer på akutafdelingen møder hinanden på gangen. Den ene sygeplejerske spørger: ”nåh, hvordan ser det ud” hvortil kollegaen svarer ved at holde sin hånd op, og lave et mellemrum på ca. ti cm. Mellem tommel- og pegefinger, for at indikere størrelsen på **[forventningsark-bunken]**. Sygeplejersken der spurgte, reagerer ved at ryste opgivende på hovedet. På den måde spiller **[forventningsark-bunken]** en rolle som er indforstået

mellem kollegaerne på akutafdelingen. Når en praksis som denne udmøntes som en rutine og dermed indgår som en del af det der udgør det sociomaterielle netværk siger man, som tidligere nævnt, at den bliver *enacted* i praksis. Det er netop sådanne situationer, der oftest tages for givet af praktikerne selv, som den sociomaterielle-design tilgang har til formål at belyse; da det kan have stor indflydelse på, hvordan nye teknologier skal designes og implementeres for at understøtte den sociomaterielle praksis bedst muligt.

(2) Fokus på bindinger mellem artefakter og *lokation*, som angivet i eksemplet ovenfor mellem **[tavle-rengøring-lokation-tilstand-tid-dato-ny-patient]**. Det vi ser her er, at bindingen mellem artefakt og lokation tildeler artefaktet en ny rolle, der adskiller sig fra, *bindinger mellem forskellige artefakter*, og dermed sætter nye betingelser for sociomateriel design. Som sociomateriel designer kan man designe nye artefakter, men man kan ikke designe nye praksisser, da disse opstår i den situerede praksis, og dermed er uforudsigelige. Man kan dog forsøge, ved at tage højde for det rum, hvor de sociomaterielle praksisser udspilles. *Bindinger mellem artefakter og lokation/placering*, omfatter derfor også et fokus på, hvordan mobile artefakter kan placeres forskellige steder. Placering af sådanne artefakter tilføjer en ny dimension til, hvordan praktikere udfører deres praksis. Hvis vi vil forstå virkningen af, at artefakter flyttes og anvendes forskellige steder, må vi derfor sammenbinde **[artefakt-placering]**, så vi efterfølgende kan analysere, hvordan omgivelserne på forskellige placeringer påvirker den sociomaterielle praksis.

(3) Fokus på *bindinger mellem artefakt og aktørers bevægelse*. I modsætning til ovenstående eksempel, hvor artefaktet flytter placering/lokation, er der her fokus på de bindinger der opstår mellem aktørerne og deres bevægelser mellem artefakterne og den opgave de skal løse. Udover eksemplet vedrørende **[tavle-sygeplejerske-rolle-pause-lokation-tid-etc.]**, kan denne *Bounding practice* anskue bevægelser som følger: Hvis vi ser på eksemplet med bindinger mellem forskellige artefakter, hvor **[forventningsark-bunke]** udgjorde et artefakt i sig selv. Her må personalet, der planlægger og faciliterer afdelingens patient flow, bevæge sig fra modtagelsesskranken, hen til triage-afdelingen for at se bunken, og dermed danne sig et overblik, som de kan handle ud fra. Grænsebindingen der omfatter denne praksis, ser altså ud som følger: **[sygeplejerske-modtagelsesskrank-bevægelse-triageafdeling-registring-forventningsark-bunke-bevægelse-modtagelsesskrank-registring]**.

Vi er opmærksomme på, at praktikere kan udføre et uendeligt antal grænsebindinger. Kortlægningen af interaktioner, handlinger og aktiviteter mellem aktører, forskellige artefakter, lokationer og bevægelsesmønstre, giver os dog mulighed for at afgrænse vores empiriske og analytiske fokus; og samme tid være i stand til, at identificere en række mangfoldige sociomaterielle aktiviteter som kan informere teknologidesign.

Opsamling

Studiet af praktisk ontologi omfatter en undersøgelse af, hvordan mangfoldige aktiviteter i et heterogent aktørnetværk, inklusive vores egne kategoriseringer, påvirker teknologiske udviklingsprojekter.

Praktisk ontologi kendetegnes ved, at det der falder udenfor lokal praksis, også antages at være dynamisk. Det kan derfor være vanskeligt at fastholde analytisk.

Sociomaterielt-design tilbyder netop at afgrænse det studerede fænomen, uden at gå på kompromis ved den kompleksitet, der kendetegner teknologiske udviklingsprojekter.

Sociomaterielt-design tilbyder i dette henseende, en empirisk og analytisk 3-trins stepmodel, med fokus på (1) bindinger mellem artefakter-, (2) – og lokation, (3) – og bevægelsesmønstre. Dermed afgrænses det rum, hvor den sociomaterielle praksis udspilles.

Formålet med tilgangen er at belyse de elementer der tages for givet i forskellige praksisser, da disse kan have stor betydning for den sociomaterielle struktur og dermed for design af teknologiske udviklingsprojekter.

I Sociomateriel-Design, erkendes virkeligheden ud fra en kombination mellem aktørernes egne opfattelser- og italesættelser samt vores egne fortolkninger og observationer.

3. Metode

3.1 Undersøgelsesdesign

Den sociomaterielle-design tilgang, har som beskrevet ovenfor, rammesat vores empiriske og analytiske udgangspunkt. Dette kapitel vil således præsentere, hvordan vi rent metodisk har håndteret, indsamlet og behandlet vores empiri. Med afsæt i vores teoretiske og metodiske standpunkt, sociomateriel-design, er empirien i vores undersøgelse, hovedsageligt baseret på kvalitative etnografiske studier.

Vi har observeret hvordan Amigo indgår i forskellige sammenhænge, herunder hvordan en række forskellige aktørgrupper anvender Amigo i deres praksis. Med afsæt i disse observationer, har vi sekundært udført en række kvalitative interviews. Disse interviews har haft et understøttende formål, forstået på den måde, at de er anvendt til at skabe afklaring omkring observationer, som vi har fundet interessante. Hertil har aktørernes udsagn i flere tilfælde, givet anledning til yderligere observationer. Der har således været en form for vekselvirkning mellem observationer og interviews. Denne kvalitativt indhentede empiri, suppleres med en række skriftlige kilder, hvorved majoriteten er blevet anvendt i specialets indledende afsnit.

Selve studiets undersøgelser er ikke opbygget omkring et traditionelt casestudie. Vi har i stedet valgt at lade en specifik teknologi, i form af Amigo, udgøre det centrale omdrejningspunkt for vores studie. Rent metodisk har vi ved at følge brugen af Amigo i forskellige sociale sammenhænge, dannet rammen om et netværk af aktører, der altså udgør vores empiriske og analytiske genstandsfelt.

Amigo er dog stadig under udvikling, og Kobots A/S arbejder fortsat aktivt på, at promovere og udbrede teknologien igennem forskellige strategiske samarbejder. Vi vil derfor gøre opmærksom på, at vores afgrænsning af aktører, som i højere eller mindre grad er involveret i og omkring brugen og udviklingen af Amigo er variabel. Jævnfør vores praktiske ontologi vil vi igen understrege, at vores analyse og konklusion dermed tegner et øjebliksbillede, af det sociomaterielle fænomen som vi studerer.

3.2 Etnografisk feltarbejde

Som led i vores feltarbejde, har vi søgt at opnå viden ved at placere os i felten fra en lokal synsvinkel. Metoden er behjælpelig i forhold til at kunne undersøge og identificere den verden, som man træder ind i. Når man studerer et nyt fænomen, træder man altså ind i en ukendt verden af fællesskaber der b.la. består af en række relationer mellem menneskers erfaringer, tavs viden og kulturelle praksis (Hastrup, 2015, s. 55). Det er i dette henseende værd at nævne, at der skelnes mellem feltet og felten. Felten refererer til det konkrete sted, hvorved arbejdet foregår, mens at feltet refererer til det analytiske genstandsfelt, som er baggrunden for selve feltarbejdet (Hastrup, 2015, s. 57). Ved at placere sig i felten der studeres, opstår der nemlig en forståelse for de selvfølgeligheder, som ellers ville være taget for givet. Selvfølgeligheder der ikke omtales af de observerede, men som har en afgørende betydning for deres handlinger og deres praksis; søges ved hjælp af denne metode derfor fremhævet, til gavn for en videre analyse (Hastrup, 2015, s. 80).

Feltarbejde adskiller sig fra andre videnskabelige metoder ved, at man studerer et fænomen i en konkret og unik situation, fremfor i f.eks. et miljø med særlige forsøgsindretninger, hvorved et fænomen kan undersøges under samme forhold, gentagende gange (Hastrup, 2015, s. 57). Rent metodisk fordrer feltarbejde samtidig en disciplineret opmærksomhed, såvel som en forståelse af, at man uundgåeligt påvirker det studerede, ved igennem sin tilstedeværelse, netop at studere det. Dette betyder, at man ved at placere sig i felten, ikke opnår empiriske fund, som ikke er farvede af vores egne interesser for feltet eller position i felten. Eftersom at feltarbejde i sin helhed, dækker over en række etnografiske metoder og teknikker, vil vi i det følgende uddybe deltagerobservation, som tilbyder en velegnet metodologisk ramme til at undersøge menneskers praksis.

3.3 Deltagerobservation

Deltagerobservation stammer fra antropologien og er en hyppigt anvendt metode inden for kvalitativ forskning, på tværs af human- og samfundsvidenskabelige discipliner (Szulevicz, 2015, s. 81). Måske lidt paradoksalt, består metoden af en sammentrækning af to modsatte begreber. Deltager, henviser til man er en del af en given praksis, mens at observation hentyder til at man ser på noget, uden at deltage. I praksis bliver begge dele da også udført samtidig, ved at man kan springe ind og ud af den sociale praksis, og dermed enten deltage i en given aktivitet, eller observere den. Der er forskellige former for deltagerobservation, hvor kategorien naturalistiske

observationer kan fremhæves, eftersom observationerne her foregår i subjektets egne omgivelser. Dette fordrer altså, at det studerede eksisterede, før den pågældende observation blev igangsat. Metodens formål beror på et ønske om at forstå og belyse den praksis, som mennesker deltager i (Szulewicz, 2015, s. 84-85).

I relation til deltagerobservation, kan nævnes den topografiske vending, der omfavner en erkendelse af, at det materielle og det sociale er tæt forbundet. Hertil hører det, at sociale bindinger udspilles i konkrete og fysiske lokaliteter. Selve interaktionen mellem det sociokulturelle og de kropslige handlinger i en lokaliseret praksis, kendetegnes ved den topografiske vending. Dette passer ind i vores praktiske ontologi, der som nævnt, har fokus på den situerede praksis. Hertil er metoden behjælpelig i analysering og forklaring af menneskelige handlingers sociale og materielle standpunkt (Szulewicz, 2015, s. 85). Metoden understøtter, at man som observatør igennem engageret deltagelse, kan åbne et felt op, og opnå indsigt i både kultur og praksis, som ellers kunne være vanskelig at opnå. I modsætning til andre kvalitative fremgangsmåder fordrer denne metode, at man opbygger en relation til de aktører som observeres. Vigtigst af alt, er i relation til det datamæssige udbytte, man opnår ved brug af metoden.

Som tidligere nævnt i både teoriafsnittet, såvel som i det forrige omkring det etnografiske feltarbejde, anerkender vi, at vores data kan farves og præges af subjektive elementer. Af styrker kan der ved dette nævnes, at man igennem deltagelse kan opnå en højere grad af forståelse for den observerede praksis, hvilket reducere risikoen for, at vi enten misforstår eller drager forhastede konklusioner. Derudover kan observationerne være behjælpelige, i forhold til at få stillet de rigtige spørgsmål i de efterfølgende interviews (Szulewicz, 2015, s. 87).

3.4 Kvalitativt interview

Det kvalitative interview har i denne rapport, haft til formål at undersøge og belyse vores informanternes praksis, deres erfaringer og deres handlinger (Brinkmann & Tanggaard, 2015, s. 13). Igennem dialog har vi styrket vores kendskab til feltet, felten og dets aktører, med afsæt i lokale praksisser (Brinkmann & Tanggaard, 2015, s. 14). Interviewet som kvalitativ metode, er ifølge Tanggaard og Brinkmann, den mest anvendte metode når det kommer til kvalitativ empiriindsamling (Brinkmann & Tanggaard, 2015, s. 21). Målet med selve interviewet, er foruden at kunne redegøre og fortolke på aktørernes livsverden, at komme så tæt på virkeligheden, at man i

en skriftlig analyse kan fremhæve et sammenhængene og teoretisk velinformeret tredjepersonsperspektiv (Tanggaard & Brinkmann, 2015, s. 31)

Et forskningsinterview kan strække sig i sin udformning fra værende meget stramme, med mange styrende spørgsmål, til de mere relativt ustrukturerede, der kun beror på enkelte planlagte spørgsmål (Tanggaard & Brinkmann, 2015, s. 34). Historisk set har feltarbejde i høj grad ledt til de ustrukturerede interviews, der kendetegnes ved uformelle samtaler, med de aktører der deltager i feltet (Tanggaard & Brinkmann, 2015, s. 35). I forbindelse med vores feltarbejde, har vi da også udarbejdet feltnoter, såvel som video- og lydoptagelser, for at imødekomme de uformelle samtaler og derved i denne forstand interviews, som er opstået spontant. Interviewformen i dette speciale, har dog primært været udført i form af det semistrukturerede interview, som i det følgende vil blive uddybet.

3.5 Semistruktureret interview

Med afsæt i vores tilegnede indsigt for feltet, felten og vores teoretiske indgangsvinkel, søger den semistrukturerede interviewform at understøtte vores kendskab yderligere. Denne rapport vil derfor bære præg af, at metode og teori er forbundet, hvorfor vi anser vi denne forforståelse, forud for vores interviews som en styrke. Hertil hæfter vi os ved Tanggaard og Brinkmanns svar på kritikken om, at dette kan begrænse og farve vores udsyn og neutralitet, da de understreger at forskningsinterviews altid vil være styret af en dagsorden og derfor aldrig være neutrale.

Ifølge vores ontologiske standpunkt har vi dog heller ingen intention om at være neutrale, eller beskrive det studerede fænomen objektivt. Vi indgår som flere gange nævnt, selv som aktive aktører i det sociomaterielle netværk vi studerer. For alligevel at begrænse denne manglende neutralitet, vælger vi i vores interviews at anlægge en bevidst naivitet, der understøtter og tillader vores informanter at udtrykke sig med sine egne ord (Tanggaard & Brinkmann, 2015, s. 37). Vores teoretisk funderede spørgsmål, er således forberedt med afsæt i vores forforståelse. Værktøjsmæssigt har de semistrukturerede interviews, derfor til formål at understøtte vores observationer, med detaljerede indblik i vores informanternes livsverden. Interviewformen tillader desuden, at der skabes plads til kreativitet og uforudsete opfølgninger, der i højere grad tillader at vi kan spore os ind på vores informanternes praksis (Tanggaard & Brinkmann, 2015, s. 38).

3.6 Interviewguide, transskription og kodning

Vores interviews er som før nævnt blevet afholdt med afsæt i vores observationer, men disse er samtidig blevet understøttet af en interviewguide. Vores interviewguide er udformet med afsæt i vores teori/metode i form af Sociomateriel-design, og haft til formål at sikre, at vores forskningsspørgsmål blev behandlet under de afholdte interviews. Vi har gjort en dyd ud af, ikke at følge interviewguiden kronologisk og slavisk, men i stedet haft fokus på at interviewets forløb, som en almindelig samtale (Tanggaard & Brinkmann, 2015, s. 41).

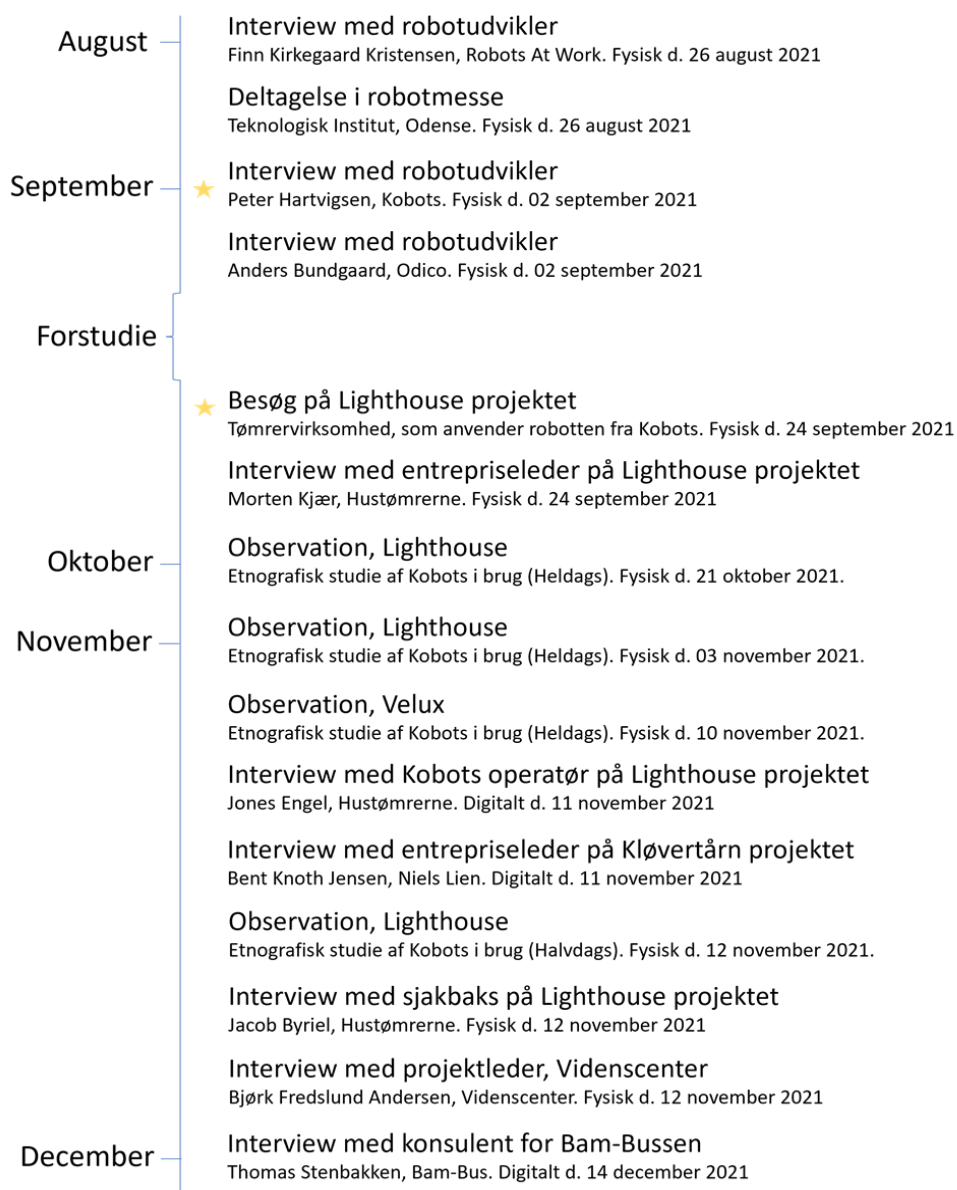
Vi har bestræbt os på at interviewe vores informanter fysisk, hvilket med undtagelse af enkelte tilfælde er lykkedes. De resterende interviews, er blevet afholdt over et videoopkald via Microsoft Teams eller telefonisk. Alle interviews er blevet optaget med diktafon, og efterfølgende transskriberet i sin fulde længde. Selve transskriberingsarbejdet er blevet udført, uden brug af digitale software værktøjer. Ved selv at transskribere kommer man dybere ind i sit materiale, hvilket øger både validiteten og kvaliteten af det udførte, ved at have et indgående kendskab til både informant og kontekst (Tanggaard & Brinkmann, 2015, s. 43).

Under transskriberingen har vi desuden forholdt os analytisk til de temaer, som vi har berørt under vores interviews. Dette viste sig, at forenkle det efterfølgende kodningsarbejde, da den teoristyrede interviewguide blev anvendt på tværs af informanterne. Vi har derfor under transskriptionen, bl.a. forsøgt at være særligt opmærksomme på, når der blev talt om artefakter, bevægelse og lokaliteter. Kodningen har bidraget til vores overblik, ved at vi på tværs af de afholdte interviews, har kunne identificere og sammenligne vores informanters udsagn (Tanggaard & Brinkmann, 2015, s. 47). Disse udsagn er ikke som sådan kogt ned, som man ville hvis man meningskondenserede inden sin analyse, men vi har i stedet fremhævet og overført de mest relevante og/eller interessante udsagn til den senere analyse.

3.7 Aktørerne i det sociomaterielle netværk

Da vores informanter udgør en væsentlig bestanddel af vores kvalitative empiri, vil vi i det følgende introducere dem, samt deres rolle i det sociomaterielle netværk i og omkring gipsskærerobotten-Amigo. Afsnittet har samtidig til formål at redegøre for vores kreative proces, både i forhold til vores emneafgrænsning, planlægning og udvælgelse af informanter. Afsnittet vil fremføres som

en fortælling, med afsæt i nedenstående illustration, som er en tidslinje, hvorved de to stjernemarkerede begivenheder; har været af særlig betydning for vores studie.



Figur 02: Tidslinje over møder, observationer og interviews (Egen illustration)

Da vi selv tager del i det sociomaterielle netværk, mener vi, at det er på sin plads at introducere vores rolle som aktører. Vi er begge uddannet bygningskonstruktører med speciale i den udførende del af byggeriet. Hvor jeg, Martin, også har erfaring med projektering, har jeg, Nicolai, kun beskæftiget mig med det udførende del; men har i tillæg hertil en baggrund som tømrer, hvor jeg før bygningskonstruktørstudiet bl.a. har ageret sjakbajs. Vi har mødt hinanden på denne

uddannelse, og valgte at skrive sammen, da vi igennem uddannelsen har udviklet en fælles interesse for netop robotteknologiernes indtog i byggeriet.

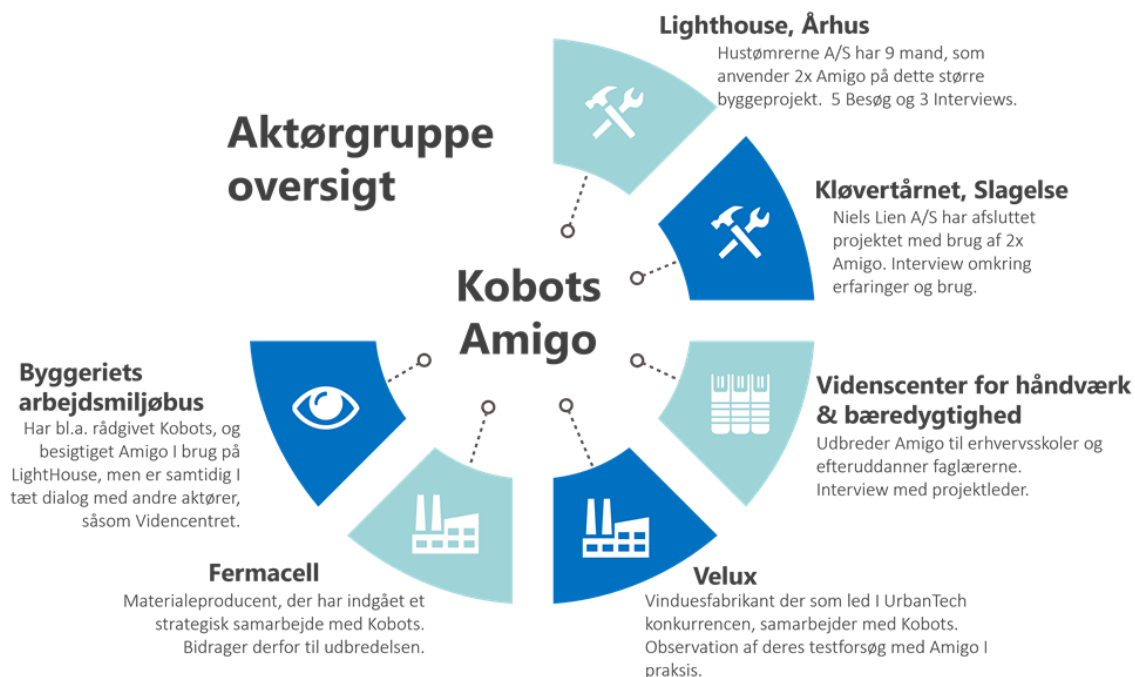
I kraft af vores baggrund anser vi først og fremmest os selv som praktikere. Da vi hver især, igennem vores roller i byggeriet har erfaret, hvordan den digitale agenda har ændret særligt den projekterende del af byggeprocessen, mener vi, at denne udvikling kun går en vej. For at positionere os selv bedst muligt, i en branche under hastig udvikling, valgte vi derfor at tage denne uddannelse. Uddannelsen i ledelse og informatik i byggeriet (LIB) er en relativ ny uddannelse, som netop henvender sig til praktikere, som bygningsingeniører og konstruktører. Uddannelsen er skabt ud fra en erkendelse om, at de digitale strategier, som beskrevet i indledningen, tilsyneladende ikke fungerer i praksis. Uddannelsen beskæftiger sig hovedsageligt med Build 4.0 teknologier, med fokus på, hvordan byggeriets behov bedst muligt oversættes til den digitale- og automatiserede tidsalder. LIB er altså ikke en uddannelse der sigter mod at udvikle tekniske kompetencer, som f.eks. programmering eller udvikling af IT-værktøjer mv. Uddannelsen sigter derimod på at skabe kandidater med en dybere forståelse for, samt indsigt i, hvilken betydning digitale teknologier har for byggeprocessen, og hvordan disse teknologier påvirker byggeriet og dets aktører. Kort fortalt handler det om at bygge bro mellem de stadig stigende tekniske krav byggeriet møder og den praksis, som teknologierne anvendes i. Ved at bygge en akademisk forståelsesramme oven på den eksisterende praktiske viden, er målet at skabe kandidater der kan være med til at lede byggeriets udviklingen i den rigtige retning (Aalborg Universitet, 2021). Det var således oplagt for os at anvende en teori der omfavner den akademiske såvel som pragmatiske tilgang i vores speciale. Valget af den sociomaterielle-design tilgang giver os dermed mulighed for at prøve kræfter med noget vi brænder for; og som vi begge ønsker at beskæftige os med, efter endt uddannelse.

Vores emnevalg beror således på en personlig interesse, særligt for den udførende del af byggeriet herunder, hvordan vi skal forholde os til den teknologiske transformation byggeriet gennemgår. Vi indledte derfor vores arbejde, med uformelle interviews af forskellige robotudviklere, såvel som deltagelse i messebesøg for at udvide vores horisont. Efter vores indledende dialoger med de forskellige udviklere, begyndte vi at undersøge de aktører, som foruden producenterne selv, påvirkede udformningen af teknologierne. Dette med afsæt i vores teori, som fordrer at man på baggrund af et givent fænomen, foretager en subjektiv vurdering og afgrænsning af de aktører,

som indgår i det sociomaterielle netværk. Undersøgelsen har været med et overvejende fokus på at kunne fremhæve forbedringer i arbejdspraksis, såvel som design. Med afsæt i dette, valgte vi at gå videre med Kobots Amigo, som vi introducerede indledningsvis. Allerede ved første øjekast skilte Amigo sig ud fra de andre teknologier, ved at være aktivt i brug på byggepladser og igennem Kobots samarbejde med materialeproducenter og uddannelsesinstitutioner allerede var at finde i forskellige sociale sammenhænge. Vi hæftede os hertil ved, at direktør og stifter af Kobots A/S, Perter Hartvigsen, selv har en baggrund som tømrer. Som tidligere nævnt, tilslutter vi os en relativ ny forskningsstrøm der mener, at teknologiudvikling bør bunde i en praksisforståelse. Det var derfor interessant for os at følge Amigo i brug, og dermed undersøge, hvordan praksisforståelse inddrages i den tekniske udvikling, samt hvilke muligheder og udfordringer der opstår når teknologien udbredes og implementeres i praktisk brug. Det er i denne sammenhæng vigtigt for os igen at understrege, at Kobots A/S ikke fungerer som case for vores studie på trods af, at Amigo udgør omdrejningspunktet for vores undersøgelser. Tanken var derimod, at vi ved at følge Amigo i brug, kunne udlede en viden som kan overføres til at udvikle og tilgå en hvilken som helst robotteknologi i byggeriets udførende fase.

Efter beslutningen om at undersøge Amigo var truffet, fortsatte vi vores afdækning af, hvilke aktører der havde været i berøring med robotten. Derfra begyndte vi at indlede dialoger med en række skoler og entreprenører, som enten havde købt og anvendt robotten, eller som havde idéen på tegnebrættet. For at holde styr på empirien og vores kontaktpersoner, udformede vi tidligt i denne proces et informations- og kontaktkatalog, som løbende blev opdateret med aktører i det netværk der udfoldede sig, når vi undersøgte hvem der påvirkede Amigo og vice versa.

I takt med, at vi identificerede det sociomaterielle netværk, begyndte det hurtigt at tage fart. Flere aktører introducerede os for andre, som de også mente kunne bidrage til vores speciale. Dette betød, at vi i et tidligt stadie, på trods af vores teoretisk bevidste naivitet, måtte foretage en subjektiv afgrænsning. Den anden stjernemarkerede aktør fra figur 02, var i forbindelse med et byggepladsbesøg, hvor Hustømmerne anvendte Kobots Amigo. Deres brug af Amigo, størrelsen på projektet, og den åbne invitation til hyppige besøg, udmøntede sig i en tidlig beslutning om, at de ville være det største omdrejningspunkt for vores observerede empiri. Afgrænsningen gjorde derfor, at vi udarbejdede en aktørgruppe oversigt, som vist på figur 03; hvis formål er at understøtte en formidling af netop praksisbrugen af robotten.



Figur 03: Aktørgruppeoversigt (Egen illustration)

Vi vil med afsæt i ovenstående figur, i det følgende introducere vores informanter, som repræsenterer de i oversigten benævnte aktørgrupper. Fælles for vores informanter er, at de som praktikere bidrager med et unikt indblik i deres tilknytning til Amigo. Derved styrkes forudsætningsgrundlaget for en analyse af, hvordan de hver især bidrager til den videre udvikling af robotten, og om den har forudsætningerne for at bryde igennem som et fast segment i branchen.

Peter Hartvigsen, CEO, Kobots

Hartvigsen har en baggrund som tømrer, og var i de seneste 17 år inden Kobots, direktør og tømrermester i egen virksomhed, hvor han rådede over 20-25 mand. I denne periode reflekterede han over både produktivitet og arbejdsmiljø. Det slog ham, at han kunne tælle på en hånd, hvor mange ansatte han igennem tiden havde haft, som var over 50 år. Han hævder at op imod 75 procent af de faglærte tømrere, forlader branchen inden de går på pension. Han bemærkede samme tid, at profitmarginen for en tømrermester var meget lav. Efter at have gjort sig nogle tanker om, hvordan man kunne innovere tømrerfaget, stod det ham klart, at en given teknologi, skulle forbedre produktivitet og arbejdsmiljø. Et af de steder han så et optimeringspotential, var

i forhold til bearbejdning af materialeprodukter, on site, hvor han hurtigt sporede sig ind på gipsarbejdet.

Grundtanken bundede i, at en håndværker kunne indtale et vilkårligt mål, og så gå ned til sin pladestak, hvor den gipsplade han skulle bruge så var skåret. Efter at have kontaktet en række robotvirksomheder, som skød idéen ned; gik det op for ham, at hvis han troede på sin idé, så var der noget om snakken. Derfor besluttede Hartvigsen sig i 2017 for at finde en, som kunne forvandle hans serviettegning til en prototype. Denne prototype er i dag blevet videreudviklet til Amigo, som behandles i vores analyse. Hartvigsen har i denne rapport bidraget med informationer om den historiske udvikling, samt visionen bag Amigo. Han har desuden rundvist os på deres hovedsæde, introduceret os fysisk for Amigo, samt informeret os om fremtidige udviklingsspor og øvrige aktører i netværket. For fulde interview se bilag 02.

Kristian Dalgaard, Chief Product Officer, Kobots

Kristian Dalgaard har været med hos Kobots helt fra start, siden Peter Hartvigsen i 2017 med en skitsetegning på en serviet, præsenterede idéen om en stemmestyrer gipsskærerrobot for ham. Dengang var Kristian fortsat under uddannelse, på det Tekniske fakultet hos Syddansk Erhvervsskole. I dag er han uddannet Cand.polyt. i Product Development & Innovation, og har medarbejderandele hos Kobots, hvor han er ansat som Chief Product Officer.

Til dagligt varetager han udvikling af robotteknologier, hvorved Amigo, er deres flagskib. Dalgaard har i virksomheden ansvaret for at sætte dagsordenen for deres projekter, såvel som at overse og lede arbejdet forbundet med udvikling og optimering af deres produkter. Dalgaard har således bidraget til dette speciale ved at informere om, hvordan udviklingsprocessen vedrørende Amigo har forløbet, såvel som deres udviklingsplaner for fremtiden. Dalgaard har i øvrigt, ligesom Hartvigsen, ved en anden vist os rundt hos Kobots. For fulde interview se bilag 03.

Claus Møller, Teknisk Chef, Fermacell / James Hardie

Claus Møller er Teknisk Chef for Jamies Hardie Danmark, der i 2017 opkøbte fibergipsproducenten Fermacell, hvor han samlet set har været ansat i 21 år. Han har altså sin karriere igennem, beskæftiget sig med fibergips. Med en uddannelsesmæssig baggrund som eksportingeniør, er hans primære virke, at ledelse virksomhedens tekniske områder som b.la. dækker produktudvikling.

I 2020 var han med til at indgå et samarbejde med udviklerne bag Amigo, som et led i at understøtte deres forretning, såvel som den digitale udvikling. Kobots har tilpasset deres gipsskærerobot Amigo, til at imødekomme en standard Fermacell plade, hvor han ser et stort potentiale i, at robotten kan forenkle arbejdet med fibergips. Samarbejdet er indgået uden forpligtelser og økonomisk støtte, men skal i stedet ses som gensidig vinding, forstået på den måde, at en promovering af Amigo, samtidig kan være med til at promovere Fermacell plader, der f.eks. støver mindre med Amigo, end når de skæres med dyksav. For fulde interview se bilag 04.

Morten Kjær, Entrepriseleder på projekt LightHouse: Hustømrerne

Morten Kjær er oprindeligt uddannet tømrer og blev udlært i et mindre firma, hvor han fik afprøvet alt lige fra fredet ejendomme til nybyggerier, inden han videreuddannede sig til bygningskonstruktør. I dag har han som entrepriseleder for Hustømrerne, ansvaret for alt indvendig aptering, som tømrerne har med at gøre på byggeprojektet LightHouse i Århus. Byggeriet bliver med sine 142 meter, Danmarks største boligbyggeri, når det står færdigt i 2022.

Kjær blev i sin tid introduceret for Amigo af byggemarkedet Stark. Da LightHouse projektet gør meget brug af Fermacell, var det for ham, derfor oplagt at afprøve robotten. Det største incitament for erhvervelsen af Amigo, var fra hans synspunkt de arbejdsmiljømæssige fordele, som han så i robotten. Kjær påpegede desuden, at hvis ikke der var nogle fordele at hente, så ville hans akkordtømre ikke benytte Amigo. Udover at lade sig interviewe, har Kjær forsynet os med oversigtstegninger og tidsplaner over projekt LightHouse. Disse dokumenter anvendes til at understøtte vores observationer og sikre os dermed et godt overblik over det rum, hvor den sociomaterielle praksis tager form. Dette er behjælpeligt når vi i analysen ser efter grænsebindinger mellem forskellige artefakter, lokation og bevægelse på projektet. Dokumenterne er vedhæftet som bilag 05 og 06. For fulde interview se bilag 07.

Jacob Byriel, Sjakbajs og Tømrer på projekt LightHouse, Hustømrerne

Byriel har været tømrer i 17 år og ageret som sjakbajs hos Hustømrerne i de 5-6 år han har været en del af virksomheden. Han stiftede bekendtskab med Amigo under et projekt tilbage i 2019, da han blev introduceret til robotten igennem entrepriseleder, Morten Kjær, som viste ham en præsentationsvideo med Amigo.

Efter at have anvendt Amigo på projekt LightHouse i længere tid, mener han især at det er de arbejdsmiljømæssige aspekter, som retfærdiggør brugen. Det er hovedsageligt Byriel der i samarbejde med Morten Kjær, har stået for at implementere Amigo i sjakket. Byriel har i denne rapport bidraget med sin erfaringer omkring både implementering og brugen af Amigo. For fulde interview se bilag 08.

Jonas Engel, Amigo operatør og Tømrer, Hustømrerne

Jonas Engel blev udlært tømrer i 2014, og har lige siden gået på store byggepladser og lavet gipsarbejde. Det er i forbindelse med LightHouse projektet at han stiftede bekendtskab til Amigo. Han hørte faktisk først om den, da han fik at vide at han skulle på kursus i, hvordan man brugte den. I dag er han på trods af sin indledende skepsis, godt tilfreds med robottens udbytte, selvom at den efter hans udsagn, fortsat har en del børnesygdomme. Disse har ledt til en åben linje hos Kobots, som han tit er i god dialog med.

Hver dag behandler Amigo 3 paller gips og det er Engel der har ansvaret for al skæring. Ved hjælp af Amigo, er han gået fra at kunne forsyne 1-2 mand, til at kunne forsyne et sjak på 6 mand med skårrede gipsplader. Engel har i form af sin rolle som Amigo operatør, bidraget med hans kendskab til Amigo, ligesom han tillod os at følge ham, i forbindelse med vores observationer af praksis. For fulde interview se bilag 09.

Bent Knoth Jensen, Byggeleder på Kløvertårnet, Niels Lien

Jensen er 54 år, uddannet tømrer og har været i byggebranchen siden han gik ud af folkeskolen. I 8 år har han været på den anden side af skrivebordet, i sit virke som byggeleder, hvoraf de seneste to år har været hos Tømrer & Snedkermester Niels Lien. Hos Niels Lien har han været med på projekt Kløvertårnet i Slagelse, som de lige har afleveret. Det var på dette byggeri, at hans tømrersjak gjorde brug af Amigo, eftersom alle indvendige vægge i det 8 etagers byggeri skulle beklædes med fibergips.

Bent fik igennem presseomtale, første gang kendskab til robotten, inden ham og hans chef blev enige om at prøve den af på Kløvertårnet. I forbindelse med brugen sendte han 3 af sine tømre på kursus i at benytte Amigo, inden de lejede to maskiner til projektet. Derefter forløb arbejdet ved, at han havde faste folk der skar, som hver især betjente 2-3 mand med plader til montage. Jensen

her derfor med afsæt i projekt Kløvertårnet, kunne bidrage med erfaring omkring brugen af Amigo, i en anden kontekst, end den vi har observeret. For fulde interview se bilag 10.

Bjørk Fredslund Andersen, Projektudvikler, Videntcenter for Håndværk og Bæredygtighed.

Andersen har en baggrund som tømrer og blev udlært i 2000. Han arbejdede som tømrer i 7 år, inden han de næste 13 år, underviste ude på erhvervsskolerne. Det seneste år har han været ansat, som projektleder hos Videntcentret, hvor han sammen med sine kollegaer bl.a. har til formål at fremme nye teknologier og bæredygtighed. Videntcentret har tæt kontakt til erhvervsskoler og faglærere, hvortil de formidler undervisningsmateriale, såvel som informationer omkring nye teknologier. En af de teknologier der søges udbredt på de tekniske skoler, er Amigo.

De har da også et samarbejde med Kobots, hvor Andersen og hans kollegaer deltog i et introduktionsforløb i at benytte Amigo. Dette samarbejde har bl.a. udmøntet sig i undervisningsvideoer og webinarer. En af arbejdsopgaverne for Andersen, består i at introducere tekniske skoler for Amigo. I forbindelse med sådanne introduktioner til faglærerne, køre han selv ud og underviser i brugen heraf. Det er på baggrund af forløb som dette, at en række erhvervsskoler har erhvervet sig robotten Amigo. På trods af Andersen virke, er der en række institutionelle bindinger, som har hindret Amigo i at blive taget i brug i undervisningen. Han er dog af den overbevisning, at det er et spørgsmål om tid før, at de skoler der har erhvervet Amigo, får den inkorporeret i undervisningen. For fulde interview se bilag 11.

Hjørleif Klein, Global Product Category Manager, Velux

Hjørleif Klein har en baggrund som tømrer og bygningskonstruktør, som han har suppleret med en master uddannelse i ledelse. Han har været hos Velux i mere end 10 år, hvoraf han de sidste 3 år har været ansat som Global Product Category Manager. Det er med Klein i spidsen, at Velux har valgt at indgå et samarbejde med Kobots. Senest har de i fællesskab til Urban Tech programmet, hvor Velux er Partner og Kobots er Startup, præsenteret en fællesløsning til vinduesmontage. Urban Tech er et pilotprojektbaseret acceleratorprogram for startup virksomheder i hele verden, som kører i Danmark. Bag programmet står bl.a. industriens fond, Realdania, COWI og Velux. Til dette formål havde Velux specialproduceret et beslag der skulle forenkle arbejdet med lysningsmontage, mens Kobots havde forsynet deres applikation med data om alle Velux vinduestyper. På denne måde, blev lysningsarbejdet effektiviseret, igennem brug af Amigo.

For Velux betyder samarbejdet, at de er med til at drive den teknologiske udvikling af branchen, ved at sætte nye standarder for håndværkerens arbejde. Samtidig er der nogle forretningsmæssige fordele ved, at man som mastodont bliver associeret med nye, for ham at se, banebrydende teknologier; som samtidig forenkler arbejdet med deres egne løsninger. Klein har bidraget til vores studie ved at invitere os med til at overvære udarbejdelsen af en præsentationsvideo til Urban Tech konkurrencen. Kobots/Velux havde i øvrigt modtaget 15.000 kroner fra programmet til at udarbejde en præsentationsvideo i form af en side by side visualisering af arbejdsprocessen med og uden brug af Amigo. Foruden os selv og Hjørleif, deltog en Ph.d.-studerende fra Milano, ved navn Marco Cucuzzi der bl.a. registrerede tidsprocesserne, som led i hans projekt omhandlende Lean Construction. Derudover var der fra Kobots tre medarbejdere til stede i form af Marketingskoordinator Mathilde Irene Skov Hansen, Software ingeniør Lars Juel Andreasen og teknisk service ansvarlige Poul Henning Olesen. Seancen der tog en hel dag, blev filmet med professionelt setup, hvor en garvet tømrer skulle foretage lysningsarbejdet manuelt, inden han gentog processen med brug af Amigo. En mere detaljeret beskrivelse af vores observationer fremgår af bilag 12.

Thomas Stenbakken, Konsulent, Byggeriets Arbejdsmiljøbus

Thomas Stenbakken er i dag ansat, som konsulent hos Byggeriets Arbejdsmiljøbus (Bam-Bus). Han er som de fleste andre hos Bam-Bus, oprindeligt håndværker og har tidligere arbejdet som tømrer i 15 år. I hans tid som tømrer var han arbejdsmiljørepræsentant. Bam-Bus er en neutral konsulentttjeneste, som finder sted mellem arbejdstager og arbejdsgiver, hvor konsulenter som Stenbakken, kan bidrage med arbejdsmiljørådgivning. I forbindelse med hans virke, har de igennem deres mange byggepladsbesøg skabt et stort netværk, til både virksomheder og leverandører. Det er herigennem de har stiftet bekendtskab til robotudviklere, såsom Kobots A/S. Stenbakken har lige som os besøgt LightHouse i Aarhus, hvor formålet med hans besøg var at observere Amigo i brug. En strategi hos Bam-Bus er at videreudvikle produkter, der kan bidrage til et bedre arbejdsmiljø; hvorfor de har interesse for Amigo. Han har samtidig deltaget i bl.a. workshops med Kobots, der er interesserede i, at Bam-Bus og derved Stenbakken, understøtter udbredelsen af Amigo. For fulde interview, se bilag 13.

4. Analyse

Dette afsnit indledes med en kort redegørelse af, hvordan de praksisser som Amigo skal understøtte typisk ser ud. Dernæst vil vi med afsæt i det sociomaterielle-design koncepts tre forskellige Bounding Practices belyse, hvordan implementering og brug af Amigo har påvirket praksis, såvel som hvordan praksis har påvirket design af Amigo.

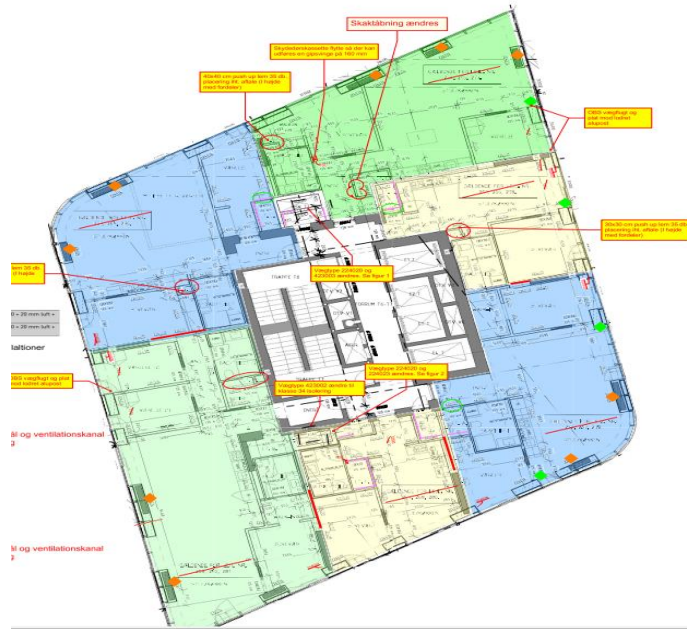
Som beskrevet indledningsvis anser vi produktivitets- og arbejdsmiljøaspektet, som centrale succeskriterier i forhold til design, udvikling og implementering af automatiseringsteknologi i byggeriet. Den sociomaterielle-design analyse vil derfor blive konkretiseret, som led i en besvarelse, af problemformuleringens to under spørgsmål.

Vi opdeler derfor analysen i to dele, hvor delanalyse 1, i form af det Sociomaterielle-Design koncept har fokus på, hvordan praksis påvirker teknologidesign og omvendt; har delanalyse 2 til formål at klarlægge, hvordan Amigo indtil nu, har bidraget til et bedre arbejdsmiljø og øget produktivitet samt hvilke udfordringer der er forbundet hermed. Anden del af analysen er teorineutral forstået på den måde, at vi ikke anvender de tre Bounding practices aktivt i analysen. Analysen baseres derimod på faglitteratur, statistik og faktuelle beregninger der kan fastslå, hvordan brugen af Amigo, i praksis, har påvirket produktiviteten såvel som arbejdsmiljøet. Analysen understøttes naturligvis af vores empiri, som er indsamlet med afsæt i vores teoriapparat, og er dermed styret af vores teoretiske tilgang.

Hver delanalyse sammenfattes med henblik på at belyse, hvordan Amigo, som automatiseringsteknologi on site, indfrier visionen om at øge branchens produktivitet, samt skabe et bedre fysisk arbejdsmiljø på byggepladsen. Tilsammen vil problemformuleringens tre spørgsmål således blive besvaret i rapportens konkluderende afsnit.

4.1. Praksis før Amigo

For at kunne belyse, hvordan Amigo indgår i praktisk brug i forskellige sociale sammenhænge, må man altså først forstå den praksis som Amigo skal understøtte. Vi vil i det følgende derfor beskrive, hvordan håndtering og bearbejdning af fibergips typisk foregår i praksis, uden brugen af Amigo.



sociomaterielle netværk varierer over tid og sted. Når vi belyser, hvordan Amigo indgår på LightHouse projektet, er det klart, at fund fra denne situerede praksis ikke uden videre kan overføres til en anden kontekst. For at få et mere nuanceret indblik i, hvordan Amigo indgår i praktisk brug bør man observere Amigo i flere forskellige kontekster. Vi har forsøgt at imødekomme dette. Et eksempel herpå kunne være vores observation af Amigo i forbindelse med Velux/Kobots eksperimentet. Eksperimentet foregik dog under kontrollerede forhold i form af et professionelt setup, i kælderen under Velux hovedsæde i Hørsholm, og kan derfor ikke sammenlignes med en autentisk situation. I en autentisk situation ville Veluxvinduet først og fremmest være monteret i en rigtig tagkonstruktion på en byggeplads, hvor brugen af Amigo skulle koordineres med andre aktører. Rummet hvor den sociomaterielle praksis udspilles, ville dermed være markant anderledes end det kontrollerede eksperiment, som vi observerede. Tidsbesparelsen ved selve skæringsprocessen blev dog veldokumenteret i forsøget, og vil derfor inddrages senere i analyseafsnit 4.3.1 hvor vi behandler spørgsmålet vedrørende produktivitetsproblematikken.

4.2 Delanalyse 1: Bounding practices

Vi vil nu anvende det sociomaterielle-design koncepts fokus på hhv. bindinger mellem forskellige artefakter, lokation og bevægelse. Afsnittet vil behandle de tre former for Bounding practices separat og kronologisk, inden det afsluttes med en sammenfatning.

4.2.1 Bindinger mellem forskellige artefakter

I det følgende vil vi se på forskellige bindinger mellem artefakter i den praktiske udførsel. Med andre ord vil vi altså identificere de processer, hvor aktørerne igennem deres aktiviteter kombinerer forskellige artefakter, som led i deres praksis. På denne måde får vi et indblik i, hvilke artefakter der indgår i en Amigo praksis, og hvordan dette evt. kan informere til fremtidigt design.

Når man træder ind på en byggeplads, er der sjældent et stykke værktøj der isoleret set kan anvendes, uden inddragelsen af andre værktøjer eller virkemidler. Det samme viste sig hurtigt at være gældende for brugen af Amigo. Foruden de praktiske foranstaltninger der skal være på plads, såsom strømtilførsel og signaldækning, er der en række artefakter, som på baggrund af tømrernes praksis tages i brug for at Amigo fungerer for dem.

På LightHouse projektet i Aarhus, blev Amigo betjent af tømrersvend, Jonas Engel. Jonas agerer således som Amigo operatør i det sociomaterielle netværk. Her er hans rolle at forsyne et tømrersjak med gipsplader, der foruden ham selv, består af seks mand. I Amigo operatørpraksissen, indgår der en række synlige artefakter som konstituerer den sociomaterielle praksis. Fibergipspladerne skal løftes op på Amigo manuelt. Men fremfor at bøje sig, og derved overbelaste ryggen, benyttes der en elektronisk paralleløfter, som er placeret til højre for Amigo. Operatøren kan således, i én bevægelse, uden at bøje ryggen sætte pladen på plads. Herfra tager han fat i sin smartphone, hvor han indtaster målene, som er blevet formidlet af hans kollega, igennem en papirlap. En papirlap kan indeholde mål på flere ønskede skæringer. Så snart dimensionerne er indtastet og en plade er sat på plads, påbegynder Amigo automatik at tilskære gipspladen. Skærehovedet på Amigo, som er en vinkelsliber med en skæreskive, er samtidig koblet til en støvsuger, som er tilkoblet en cyklon. Denne **[støvsuger-cyklon]** binding, danner grundlaget for de arbejdsmiljømæssige forudsætninger, som Amigo bl.a. skal indfri. Cyklonen anvendes, da Amigos støvopsamlende effekt er så god, at en støvsuger uden cyklon ville indebære, at posen tømmes mange gange dagligt. Dette ville i praksis betyde, at sjakkets arbejdsflod ville afbrydes, hver gang posen skulle tømmes. Bindingen mellem **[støvsuger-cyklon]** har således indflydelse på, hvordan den sociomaterielle praksis tager form. Cyklonen bliver af aktørerne ikke nævnt som et selvstændigt artefakt, men indgår automatisk i konstellationen, fysisk forbundet til støvsugeren, både under brug og transport. I relation til brugen af Amigo, understreger Kobots i deres datablad, at brugen af Amigo altid forudsætter, at der tilkobles en støvsuger til Amigo's skærehoved; på trods af at denne ikke medfølger ved erhvervelse af robotten. Samtidig har de altså på LightHouse projektet valgt at efterkomme Kobots anbefaling, til at udvide støvopsamlingsopsætningen således, at denne også omfatter en cyklon (Kobots A/S, 2021, s. 8).

På LightHouse projektet, er der foruden **[støvsuger-cyklon]** bindingen, inkluderet endnu en faktor, der er afgørende for tømrernes praksis. Den førnævnte elektroniske paralleløfter, er ifølge Sjakbajs Jacob Byriel, nemlig en af deres betingelser for at udføre arbejdet med fibergipsprodukter. Han understreger og begrundet dette, med alternativet til den førnævnte observation af Amigo operatørens arbejdsgang; der som beskrevet var understøttet af den elektroniske paralleløfter, med sin udtalelse om:

”Hvis du skal bukke dig ned for at bære den op på et bord for at skære den, jamen så ødelægger du ryggen efter en uge. Så er du færdig.”

(Byriel, Sjakbajs og Tømrer, Hustømmerne A/S, 2021, bilag 08, s. 5)

Sjakbajsen Jacob Byriel fortalte i øvrigt, at hver palle med fibergips vejer et ton, hvorfor brugen af elektroniske paralleløftere er afgørende for deres praksis.

(..) ”De vejer et ton pallerne. Du kan ikke trække dem rundt, med en normal paralleløfter. Så skal underlaget godt nok være meget, meget lige. Og gå lidt ned ad bakke, den rigtige vej”

(Byriel, Sjakbajs og Tømrer, Hustømmerne A/S, 2021, bilag 08, s. 5)

Amigo operatøren selv, var ikke klar over at man kunne anvende elektroniske paralleløftere på den måde som han gør det, i forbindelse med hans nuværende Amigo praksis, og udtaler følgende.

(..) ”den var der lige pludselig (paralleløfteren). Det er ikke noget jeg selv har bedt om, og jeg vidste ikke det fandtes (..) men det er jo guds gave til min ryg”

(Engel, Amigo operatør og tømrer, Hustømmerne A/S, bilag 09, s. 3)

Bindingen mellem **[elektronisk-paralleløfter-støvsuger-cyklon-smartphone-Amigo]**, er altså fuldstændig afgørende for Amigo-operatørens sociomaterielle praksis. Dette skyldes primært, at arbejdsmiljøet prioriteres højt af sjakket. Succeskriteriet for Amigo hænger altså i denne situerede praksis sammen med de arbejdsmiljømæssige bindinger, hvilket i sig selv udgør et samlet artefakt, i forhold til selve opsætningen.

Elimineringen af de belastende arbejdsstillinger og vrid, der var forbundet med den traditionelle skæreproces, var sammen med støvreduktionen; også de afgørende faktorer for erhvervelsen af Amigo på projekt Kløvertårnet i Slagelse. Hvad der var fuldstændig afgørende for Hustømmerne A/S på LightHouse projektet, i forhold til en arbejdsmiljøoptimerende elektroniske paralleløfter, var dog ikke en prioritet for Niels Lien tømrerne på projekt Kløvertårnet i Slagelse. Man kan sige, at hvor den situerede praksis LightHouse fordrede den førnævnte binding **[elektronisk-paralleløfter-støvsuger-cyklon-smartphone-Amigo]**, hedder den på Kløvertårnet **[støvsuger-cyklon-smartphone-Amigo]**. Hos begge firmaer, på de respektive byggepladser, har arbejdsmiljøet på trods af disse forskelle, været afgørende for deres praksis. Konsulenten Thomas Stenbakken fra

Byggeriets arbejdsmiljøbus, som har et indgående kendskab til Kobots A/S og deres produkt Amigo, har ligeledes besøgt LightHouse byggeriet, hvor han observerede Amigo i praktisk anvendelse. Det mest iøjefaldende for ham var, at det arbejdsmiljømæssige var højt prioriteret, og han bemærkede at der ikke hang støv i luften; hvilket der normalt gør, når der anvendes dyksav. Thomas Stenbakken understregede samtidig, at støvreduktion, for ham at se, er et af de vigtigste områder vi som branche skal udvikle på. Han begrundede dette med følgende udsagn:

”Støvudviklingen er en af vores kæpheste, fordi der bliver produceret rigtig meget støv, og det er dét, der slår allerflest bygningshåndværkere ihjel”
(Stenbakken, Konsulent, Bam-Bus, 2021, bilag 13, s. 5)

Når man skærer i en gipsplade, betyder dette samtidig, at pladen ikke skal anvendes i sin fulde størrelse. Altså, for hver skæring er der et reststykke. Når en plade er tilskåret, placerer Amigo operatøren reststykket på en trækvogn. Trækvognen har en snæver og tilsyneladende eftermonteret hylde, ligesom der er opbygget skillevægge; for lettere at kunne sortere i de til reststykker der opstår. Amigo operatøren modtager løbende skæringsordre fra sine kollegaer på papirlapper, hvorfor han har skabt et system til håndteringen heraf. I en spand, som er placeret på trækvognens snævre hylde, smider han kronologisk de udførte skæringsordrer ned, øjeblikkeligt efter de er indtastet i applikationen.

Det viste sig samtidig, at mængden af papirlapper har en koordinerende effekt i sjakket, eftersom mængden af ikke indtastede sedler indikerer, hvor lang kø/ventetid der er, før de respektive tømrer kan forvente at modtage deres skæringsordre. I stedet for at lade en flaskehals afbryde den pågældende tømrers arbejdsflow, observerede vi, hvordan tømrerne planlægger og koordinerer arbejdsprocessen således, at hver mand arbejder på flere vægge ad gangen. På denne måde kunne tømrerne fortsætte montagen af hele plader, imens de ventede på at modtage deres bestillinger. Grundet ventetiden resulterede denne koordinering i, at bestillingssedlerne kom til at indeholde stadig flere skæringer end tidligere. Når Amigo operatøren afleverer en bestilling til en montagetømrer, modtager han samme tid en seddel med nye bestillinger. I tilfælde af ventetid, brugte montagetømrerne altså tiden på, at tage flere mål. På denne måde blev spildtiden reduceret samme tid med, at Amigo operatøren havde et system over bestillingssedlerne.

”Man er meget mere omstillingsparat når du går ude og montere gipsen, i det at du tit har gang i 2 eller 3 vægge; for ellers så kan jeg nogle gange ikke følge med.”

(Engel, Tømrer og Amigo operatør, Hustømmerne A/S, 2021, bilag 09, s. 6)

Når Amigo operatøren modtager en **[papirlap-med-skæringsordre]**, betragter han den som et separat artefakt, der fordrer en fremtidig skæringshandling. Montagetømreren betragter derimod denne binding som et artefakt, der fordrer en fremtidig montage. Når målene fra sedlerne er overført til applikationen, smider operatøren dem som nævnt i en spand: **[Spand-med-papirlapper-som-er-indtastet-i-Amigo-applikationen]**.

Ser vi på de sociomaterielle-design aspekter, er det altså afgørende, at man tager stilling til denne form for koordinerende kommunikationspraksis, som foregår igennem disse bindinger. Det skal bemærkes, at spanden med indtastede papirlapper ikke blot er en skraldespand. Det viste sig nemlig, at årsagen til at de indtastede **[papirlapper-med-skæringsordre]**, ikke blev smidt ud var af sikkerhedsmæssige årsager. Amigo applikationen kan nemlig max registrere 40 skæringsskabeloner ad gangen. Efter endt skæring kan skabelonen ses i ”seneste”, hvilket giver mulighed for, at samme skabelonen kan anvendes igen på et senere tidspunkt. Den ældste skabelon bliver således slettet, når nummer 41 bliver indtastet. Hvis appen nulstilles, bevidst eller ved en teknisk fejl, slettes alle gemte skabeloner. Ud fra de 40 skabeloner kan Amigo have op til 10 skæringsordrer i kø (Kobots, 2021 s, 29). Når operatøren overfører bestillingsordrerne fra papirlapperne til applikationen, kan han altså max overføre 10 ad gangen. Hvis appen nulstilles, skal han indtaste målene igen. Spanden med indtastede papirlapper er således en sikkerhedsforanstaltning, som tømrersjakket har indført i tilfælde af tekniske fejl i appen.

”Hver gang du sletter en plade i en kø, så går den i fejl. Så skal du genstarte den, og så mister du din kø (..) Det er jo fuldstændig hovedløst at du er nødt til det ”

(Engel, Amigo operatør og tømrer, Hustømmerne A/S, 2021, bilag 09, s. 3)

Vi observerede også, hvordan bindingen mellem **[bunke-af-ikke-indtastede-papirlapper-med-skæringsordre]** har indflydelse på, hvordan der kommunikeres internt i sjakket. Hvis bunken af papirlapper er stor, hvilket indikerer der er mange afventende skæringsordre, kan en verbal

kommunikation ofte undgås da montagetømmerne ved, at operatøren i så fald er travlt optaget. For den enkelte tømmer fordrer den lange kø, den førnævnte omstilling i arbejdsgangen, ved at vedkommende der afleverer en ordre, grundet travlhed påbegynder arbejdet med en ny væg. Denne nonverbale kommunikation kan have stor betydning for praksis, da støjgenen omkring Amigo vanskeliggør verbal kommunikation.

For at igangsætte og betjene Amigo, benytter operatøren en smartphone, som er placeret på toppen af en bunke af rest plader, på den førnævnte trækvogn. På trods af, at trækvognen kan opfattes som et separat artefakt, har den alligevel indflydelse på den sociomaterielle praksis.

I denne situerede praksis, har trækvognen altså en betydning for, hvordan Amigo operatøren, såvel som de øvrige aktører organiserede sit arbejde. Trækvognen indgår som artefakt i en sorteringspraksis, og indgår således i den konstitution der udgør det setup, som skaber den situerede praksis for operatøren såvel som for montagetømmerne i sjakket.

Foruden de synlige artefakter på nedenstående illustration, kan man ved (1) Amigo, skimme den førnævnte **[støvsuger-cyklon]** binding. I dette tilfælde er støvsuger-cyklon placeret på samme underlag som Amigo, nemlig et rullestativ. Dette er et designtiltag der har ændret den praksis, som normalt er forbundet med at flytte Amigo rundt på etagen. I det følgende afsnit vil vi bl.a. belyse, hvordan denne designændring har påvirket den sociomaterielle praksis.



Figur 05: Illustration af artefakter der konstituerer Amigo operatørens praksis på projekt Lighthouse.

4.2.2 Bindinger mellem artefakt og lokation

Fælles for ovenstående artefakter er, at de er mobile, forstået på den måde, at de kan flyttes rundt til forskellige lokationer på byggepladsen. Hvordan placering og flytning af disse artefakter planlægges og koordineres, har betydning for, hvordan den sociomaterielle praksis tager form.

I analysens indledende afsnit beskrev vi, hvordan en traditionel praksis uden brug af Amigo, typisk så ud. På LightHouse projektet omfattede den traditionelle praksis i øvrigt fire skærestationer, fordelt ud på de seks lejligheder på en etage. Ved indførelsen af Amigo, ændrede den situerede praksis sig først og fremmest ved, at tømrerne gik fra fire skærestationer, til en enkelt. Den nye arbejdskoordinering og planlægning var til at begynde med, alligevel præget af den gamle praksis. Dette kom til udtryk ved, at tømrersjakket, ligesom ved den traditionelle praksis, flyttede udstyret med sig løbende. **[Elektronisk-palleløfter-støvsuger-cyklon-smartphone-Amigo-trækvogn-gips]** blev altså flyttet rundt mellem hver lejlighed efterhånden som sjakket blev færdige. Nedenstående illustration, til venstre, viser en etageplan med lejlighedsskel, hvor illustrationen til højre blot viser etagens omrids. Det er først når tømrersjakket lukker væggene med fibergips, at lejlighedsskellene opstår. Indtil da, kan man bevæge sig frit på hele etagen. LightHouse projektet er i øvrigt planlagt således, at når tømrersjakket indtager en etage, er der ingen andre faggrupper til stede.



Figur 06: Illustration af skærestationer, på underlag af en arbejdstegning. OBS: Roteret, se evt. bilag 05.

Ulempen ved tømrernes praksis, på dette tidlige stadie, var først og fremmest, at ovenstående konstellation af artefakter, som udgør skærestationsopstillingen skulle flyttes flere gange pr. etage. Hver gang skærestationen flyttes, bliver arbejdsprocessen afbrudt. Hertil var denne praksis organiseret således, at gipspallerne var fordelt udover hele etagen. Overskydende gipsplader

måtte derfor flyttes i takt med, at tømrerne lukkede lejlighedsskellene. Dette resulterede i, at der opstod en flaskehals i de sidste lejligheder der vanskeliggjorde arbejdsprocessen.

(..) det vi startede med at gøre længere nede, fra 2 til måske 6-7 etage; der holdt vi skellene åbne, og så tog vi robotten med rundt fra lejlighed til lejlighed. Det kunne vi jo så også gøre hvis vi stod og skar med en dyksav. Det ville jo være det man gjorde, for der trækker du jo gipsen med dig. Det som det bare ender med er, at du får sådan en hårknude inde i sidste lejlighed, hvor alle bare bliver presset sammen. Så får du bare pissetravlt.
Det bliver sådan noget klumpearbejde (..)

(Engel, Amigo operatør og tømrer, Hustømmerne A/S, 2021, bilag 09, s. 5)

For at optimere denne flytte-praksis, har Kobots A/S, på foranledning af tømrersjakket, udstyret Amigo med et underlag med hjul. Som vist på figur 05, er **[Amigo-støvsuger-cyklon]** fastmonteret til dette rullebord, hvilket gør denne del af skærestationsopstillingen mere mobil.

Det er genialt at den har hjul på. Den er nem at flytte og det gør mange ting meget nemmere. Den skulle lige have haft 4 drejehjul, i stedet for kun 2. Så havde det været helt optimalt. Det gør det meget nemmere med flytning for os. Dem der går nede i andre bygninger, de kan ikke rigtig bruge det til noget; men vi har jo muligheden for at gå igennem værelser og ud i en elevator, og så køre op. Hvor de andre de går inde i opgange nu.

(Engel, Amigo operatør og tømrer, Hustømmerne A/S, 2021, bilag 09, s. 4)

Når operatøren i ovenstående citat omtaler ”dem der går nede i de andre bygninger”, henviser han til et tømrermakkerpar fra Hustømmerne, som ikke indgår i sjakket. De anvender også en Amigo-robot i de førnævnte sidebygninger på LightHouse projektet. At **[Amigo-på-bord-med-hjul]** ikke giver mening for dem, understreger vores teori om, at den situerede praksis varierer over tid og sted, og kan derfor ikke generaliseres.

Under vores sidste observation på projekt LightHouse, bemærkede vi, at tømrersjakket havde ændret på placeringen af Amigo, ligesom al gips der skal skæres på etagen, nu er samlet lige i nærheden af skærestationen. Her var Amigo og den mængde gips, der skulle benyttes på hele etagen placeret i, hvad der i illustrationen til venstre på figur 06, betegnes som lejlighed (1). Hvor

Amigo før blev flyttet rundt i lejlighederne, er hele skærestationen nu fast placeret i lejlighed (1), og flyttes først når hele etagen er færdig. Dermed blev bindingen mellem artefakter og lokation, ændret fra [**flytning-af-Amigo-støvsuger-cyklon-på-rullebord-til-given-lejlighed**] til [**flytning-af-Amigo-støvsuger-cyklon-på-rullebord-til-næste-etage**]. Amigo operatøren udtaler følgende om den nye praksis:

Jamen fordelene er for det første at du ligesom kan have én skærestation ét sted og det er skidegodt til os, fordi det giver rigtig meget plads i alle de andre lejligheder vi går i, ligesom at samle det hele under én. Du har noget tempo ved det og du har en meget begrænset støvmængde, så længe at du bruger robotten rigtig. Du har også mindre støj på etagen
(Engel, Tømrer og Amigo operatør, Hustømmerne A/S, 2021, bilag 09, s. 2)

Den førstnævnte praksis er altså ikke længere relevant. Rullebordsløsningen er dog stadig en optimering når der flyttes etage. Det skal dog bemærkes, at rullebordsløsningen skal antages som et forsøgseksperiment, da Kobots produktgaranti ikke dækker denne transportform. Dette fremgår i deres produktkatalog:

”Amigo må ikke transporteres i samlet tilstand. Alle dele samt mobil, oplader og headset skal være pakket, og placeret korrekt i medfølgende opbevarings-/transportkasser.”
(Kobots, 2021, s.9).

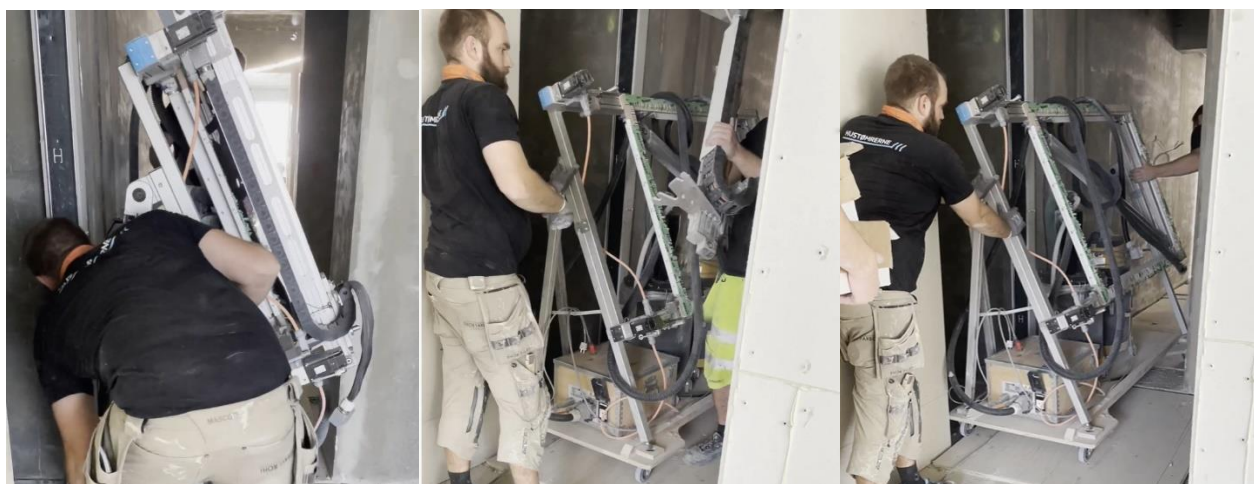
Både Kristian Dalgaard og Peter Hartvigsen fra Kobots A/S, har i forhold til flytningen af Amigo, gjort det klart, at det er hurtigt og nemt at skille Amigo ad, og placere delene i de respektive transportkasser.

”Man skiller den ad og samler den igen. Og man kan skille den ad og samle den igen på under ti minutter”
(Hartvigsen, CEO, Kobots A/S, 2021, bilag 02, s.11).

Dette var også den forrige praksis, inden rullebordet blev en del af Amigo opsætningen. Ændringen optimerede den indledende fremgangsmåde, med at rykke Amigo rundt i lejlighederne, selvom selve flytte-rundt-praksissen senere viste sig at være uhensigtsmæssigt. Samtidig viste det sig, at

tømrerne foretrak at rulle Amigo fra etagen og ud i materialeliften, fremfor at skille den ad som tidligere, og som foreskrevet i Amigos datablad. Under vores videodokumenterede observation af et etageskifte, bemærkede vi, som vist på figur 07, at de to tømrere faktisk forsøgte sig med at skille så lidt ad som muligt, når Amigo skulle transporteres.

I dette tilfælde, kunne de nøjes med at afmontere skærehovedet, inden Amigo gnidningsfrit kunne trilles igennem døråbningen og ud i materialeliften. Sjakket sparede en del tid ved denne praksis. Rullebordet ændrede altså deres nedpakningspraksis til **[flytning-af-Amigo(minus-skærehoved) - støvsuger-cyklon-på-rullebord-til-ny-etage]**.



Figur 07: Skærmbillede fra videooptagelse af etageskifte. Egen optagelse: se evt. bilag 14.

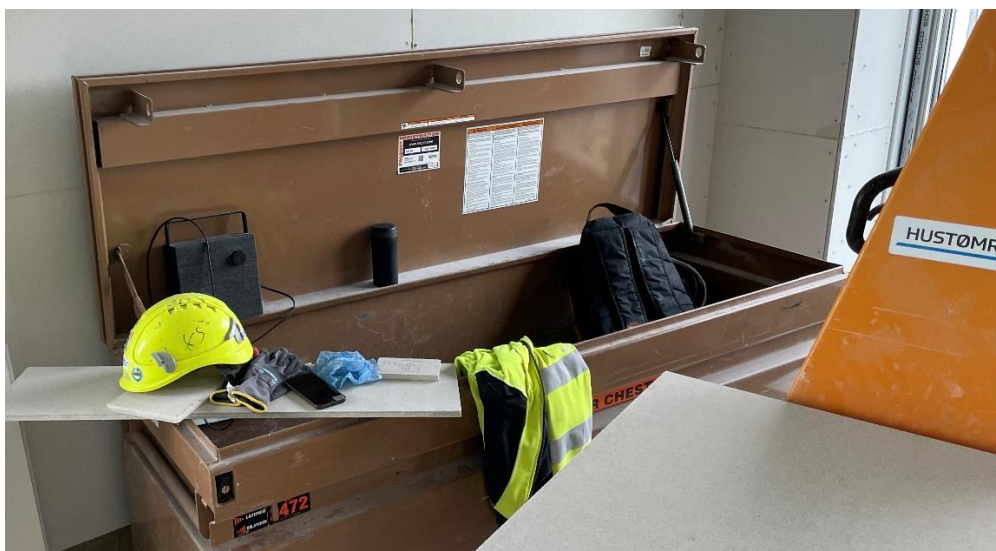
Foruden ovenstående flytte-praksis, skal Amigo pakkes sammen til fyraften. Byggepladser udsættes desværre ofte for tyveri. Derfor afmonteres og nedpakkes de vigtigste redskaber hver dag. Situationen er den samme på både LightHouse projektet i Aarhus og på Kløvertårnet i Slagelse. Amigo er nemlig et dyrt redskab, hvorfor begge tømrervirksomheder sikrer sig mod tyveri af robotten.

”Til fyraften – der demonterede vi egentlig de dyre dele på den og
så fik resten så lov at stå natten over uden problemer.”

(Knoth Jensen, Byggeleder, Niels Lien A/S, 2021, bilag 10, s. 5)

På LightHouse understreger entreprenørlederen, Morten Kjær, vigtigheden i at sikre sig mod tyveri. Derfor afmonterer de, som på Kløvertårnet, hver dag til fyraften bl.a. hovedstyret og en styreboks

på Amigo. Delene nedpakkes i en tyverisikret transportkasse, som set på nedenstående illustration. Kassen er altid placeret på den etage der arbejdes på; typisk lige i nærheden af Amigo.



Figur 08: Illustration af den tyverisikrede rigide transportkasse.

Fremfor at transportere Amigo ned i en aflåst værktøjscontainer, eller placerer den i en firmabil, kan den ved at blive demonteret, og nedpakket i aflåste kasser, forblive på etagen til næste arbejdsdag. Da der ofte er "kamp" om materialeelevatoren mellem de forskellige faggrupper på projektet omkring fyraftenstid, er dette en stor fordel for sjakket, som dermed sparer en del tid på til- og afrigning af Amigo.

"Bindinger mellem artefakter og lokation" kan anskues på en anden måde end vores analyse indtil nu har belyst. Indtil nu har vi fokuseret på, hvordan selve placeringen af de fysiske artefakter, har påvirket den sociomaterielle praksis, som er centreret omkring selve gipsmontage-praksissen.

En gipsmontage-praksis indebærer naturligvis, at der bygges et skellet som pladerne kan monteres på. På LightHouse projektet varetager tømrersjakket således også en stålskelet-praksis som har indflydelse på, hvordan gipsmontage-praksissen koordineres. Hvor vi indtil nu har fokuseret på, hvordan lokationen/placeringen af artefakter har påvirket praksis, vil vi i det følgende belyse, hvordan andre aktørers lokation, som ikke indgår direkte i montage-praksissen, alligevel har indflydelse på denne.

Gipsmontage-praksissen forudsætter altså en koordinering med stålskelet-praksissen. På LightHouse projektet koordineres denne proces således, at to tømrere i sjakket, påbegynder

stålskeletarbejdet på næste etage inden den pågældende etages gipsmontage afsluttes. Når sjakket færdiggør gipsmontagen på en etage, er stålskelet-praksissen så langt fremme, at gipsmontage-praksissen kan påbegyndes straks, når Amigo og det dertilhørende skæringsstation setup, er flyttet og placeret på næste etage.

Den sociomaterielle praksis hvori Amigo indgår, er altså i denne situerede praksis, afhængig af, at stålskelet-praksissen forløber som planlagt. Stålskelet-praksissen i sig selv, indebærer en koordinering med en række andre faggrupper. Her viste det sig at det kunne være nødvendigt, at nogle bagvægge straks skulle lukkes med gipsplader, inden stålskelet-praksissen kunne fortsætte. Dette skulle gøres straks, da det ellers ikke var muligt at komme til efterfølgende.

I nogle tilfælde var det for tømrernes egen skyld, som vist på figur 09. I andre tilfælde skulle stålskelet-praksissen koordineres med andre faggrupper, som f.eks. badekabine montørerne, elektrikere og VVS'ere. I denne praksis bemærkede vi, at stålskelettømrerne selv udførte gipsmontagen, på den traditionelle metode, der indebærer en binding mellem **[dyksav-skæreskinne-støvsuger]**. Tømrerne oplyste, at det grundet den beskedne mængde gipsskæringer der indgik i denne proces, ikke kunne betale sig at tilrigge Amigo; eller gå ned på etagen, hvor Amigo er placeret, for at bestille pladerne ved operatøren, da dette ville forstyrre deres montageproces.



Figur 09: Eksempel på bagvægge der må lukkes, før staldarbejdet kan fortsætte.

(..) vi gør det manuel, ja. Og når de så er sat på plads; det gør Aarsleff (..) så laver vi resten af Stålet, inde i lejlighederne. Så skriver jeg i skinnerne hvor mange lag og hvilken slags type plader der skal på, og så går jeg. Så har Jonas styr på det når han kommer op. Så har folkene en lejlighed hver, så der er fem mand der monterer en lejlighed hver

(Byriel, Sjakbajs og Tømrer, Hustømrerne A/S, 2021, bilag 08, s. 5)

Da vi senere interviewede entreprenør, Morten Kjær, fulgte vi op på dette, ved at spørge ind til, hvor stor en gipsmængde det kræver for, at det kan betale sig at etablere hele Amigo setuppet.

Den skal kunne servicere et par mand, minimum (..) Det giver ikke nogen mening at han skal have flere omstillinger. Så der skal være nok gipsplader der skal skæres, til at han kun laver det; før det giver mening, hvis du forstår. For det kan godt være at du har rigtig mange kvadratmeter lige væg. Så har du også rigtig mange plader der ikke skal saves. Der skal være snit nok, til at han ikke laver andet; før vi laver opstillingen

(Kjær, Entreprenør, Hustømrerne A/S, 2021, bilag 7, s. 3)

Morten Kjær understregede i øvrigt, at det er svært at lave en formel der viser, hvornår det kan betale sig at opstille Amigo-skærestationen, da dette i høj grad afhænger af situationen. Vi mener derfor, at situationer som denne, hvor der er fokus på de omkringliggende faktorer der ikke indgår direkte i Amigo-praksissen; bør tildeles en højere prioritering i fremtidige studier, end vi har formået i dette studie. Vi anbefaler dette, da koordineringen mellem stålskelet-praksissen og gipsmontage-praksissen viste sig, at have stor indflydelse på hinanden, hvorfor de tilsammen konstituerer den sociomaterielle praksis, som vi formoder kan informere design og videreudvikling af Amigo. I dette tilfælde ser bindingen mellem lokation, artefakter og aktører, som bør undersøges yderligere ud som følger: **[Montagepraksis-koordinering-med-stålskeletpraksis-vedrørende-etageskift-og-tilrigning-af-skærestation-traditionel-metode-versus-Amigo]**.

Til sidst i dette afsnit vil vi påpege en særlig binding mellem aktører og lokation, som vi mener kan være afgørende for Amigos funktion. Amigo operatøren, Jonas Engel, forklarede under en samtale, at selvom Amigo fungerer rigtig godt i tømrersjakkets nuværende praksis, bærer den dog præg af en række tekniske fejl som kan påvirke processen.

”Den har nogle børnesygdomme med at gå i nogle fejlmodes, så man er nødt til at genstarte den.”

(Engel, Tømrer og Amigo operatør, Hustømmerne A/S, 2021, bilag 09, s. 2)

Når disse fejl opstår, kan det være nødvendigt at kontakte Kobots tekniske servicesupport, som via telefon kan guide operatøren gennem problematikken. I tilfælde, hvor det er selve softwaren der er årsag til problematikken, kan det ofte løses online fra Kobots A/S hovedsæde i Odense.

(..) jeg snakker også rigtig meget med en af deres ingeniører. Hver gang jeg bøvler med et eller andet, så kan jeg ringe til ham – og så kan han fortælle mig hvad jeg skal gøre, ellers så kan han gøre det, hvis han lige er ved computeren (..) Den (Amigo) kunne f.eks. finde på at køre over sin akse nogle gange, eller finde på at køre skævt og sådan noget. Det er sådan nogle ting, som han kan fikse lynhurtigt, hvis man bare lige kan få fat i ham og at han sidder ved en computer.

(Engel, Tømrer og Amigo operatør, Hustømmerne A/S, 2021, bilag 09, s. 7)

Tømmerne på LightHouse forklarede i denne sammenhæng, at i tilfælde af tekniske fejl i Amigo, kan det være nødvendigt at gå tilbage til den traditionelle montage-praksis der indebærer brug af **[dyksave-skæreskinner-støvsuger]**, indtil Amigo igen er køreklar. Dette kræver at sjakket konstant er omstillingsparate, da et sådant praksisskifte ændrer hele organiseringen og planlægningen af arbejdsprocessen. En lignende problematik, gjorde sig gældende for tømmerne på Kløvertårnet i Slagelse.

Den kunne eventuelt skære alt for dybt, så den egentlig kvalte sig selv og så gik i nul. Så var vi nødt til at få fat i dem i Odense. Men fordelene ved den, det er så at den er online, så de kan gå ind og se hvad den har gjort og så kan de reparere det online.

(Knoth Jensen, Byggeleder, Niels Lien A/S, 2021, bilag 10, s. 7)

Når der opstår tekniske problemer, som i ovenstående citat, er det vigtigt for tømmerne, at de omgående kan få kontakt til den tekniske support, så problemet kan blive løst så hurtigt som muligt. I sådanne tilfælde er tømmerersjakkets praksis altså afhængig af en binding mellem **[Byggepladsen-hvor-praksis-finder-sted-og-telefonisk-kontakt-til-Kobots-tekniske-support-i-Odense]**.

Vi har ikke et overblik over, hvor ofte tømrernes praksis begrænses, som følge af tekniske fejl i Amigos funktion. Dette skyldtes til dels den relativt begrænsede tidsperiode, hvor vi har fulgt sjakkets praksis, samt det faktum, at vi forventeligt, har opnået en dybere forståelse af det undersøgte fænomen i forbindelse med vores analyse. Under vores feltarbejde var vi derfor ikke opmærksomme på, at netop denne binding kan være afgørende for, hvordan den sociomaterielle praksis tager form.

I denne kontekst skal det i øvrigt bemærkes, at når Kobots A/S sælger en Amigo-robot, forbeholder de sig retten over den data som Amigo producerer. Under vores forstudie besøgte vi, som beskrevet tidligere, en række andre virksomheder der udvikler robotteknologiske løsninger til byggeriet. Her blev vi bekendt med, at netop dataindsamling udgør et centralt element i virksomhedernes forretningsmodel. Da vi interviewede stifter-og adm. direktør af Kobots A/S, Peter Hartvigsen, spurgte vi derfor indtil, om dataindsamling også indgår i deres forretningsmodel.

Jo det kan jeg garantere dig (..) Det er helt klart en forretningsmodel, men vi har ikke nogen kunder der spørger på det i dag, men vi tror på at der vil være rigtig meget brugbare data som mange kunder vil være interesserede i, men også som vi selv kan lave analyser og forbedringer ud fra (..) Vi opsamler al data. Alt bliver locket, alt bliver opsamlet, og vi opsamler allerede nu rå mængder data (..) vi kan jo se hvor mange plader vi skære, hvor mange kvadratmeter, hvor mange meter etc.

(Hartvigsen, CEO, Kobots A/S, 2021, bilag 02, s.25-26).

Hartvigsen oplyste, at dataindsamlingen først og fremmest skal anvendes til at forbedre deres produktservice, men fortalte dog også, hvordan dataindsamlingen skal anvendes til at opnå en digital indsigt i branchen som kan informere fremtidig teknologiudvikling. Hartvigsen understreger at der mangler en faktisk viden om, hvordan man producerer i byggeriet. Han mener derfor, at dataene i sig selv, i forretningsøjemed, i fremtiden kan være værdifuld for andre interessenter i branchen.

Hartvigsen forklarede også, hvordan Amigo i fremtiden kan indgå i en abonnementsydelse, som kunderne kan tilkøbe. Her skal dataene bl.a. anvendes til at opdaterer Amigos software med nye skabeloner, tilpasning til bearbejdning af andre materiale, samt informere kunden om hvornår

maskinen skal serviceres etc. Med andre ord er der en stærk binding mellem Amigo som værktøj, og dens softwarebaserede funktion, som løbende opdateres og avanceres.

Dette kan teoretisk set, blive problematisk for Kobots kunder i fremtiden, da Kobots er en relativt nyetableret virksomhed, og dermed ikke fast forankret som aktør i branchen. Som beskrevet i rapportens teoriafsnit, styrkes teknologier såvel som de virksomheder der udvikler disse, i takt med, at produktet udbredes og vinder indpas i branchen. Det skal derfor fremhæves, at Kobots A/S indtil nu, primært er drevet af fondsmidler samt privatinvesteringer. Salgsindtægter er altså endnu ikke benævnelsesværdige. I tilfælde af, at Kobots ikke kan sælge deres produkt, og dermed skabe en omsætning, vil virksomheden ikke overleve. Derfor kan det blive et problem, at Kobots A/S ejer den data, som Amigos funktion afhænger af.

I praksis betyder dette, at kunder i så fald risikerer at stå tilbage med et værktøj der ikke kan opdateres eller serviceres. En binding mellem **[Kobots-ejerskab-af-data-samt-service-og-kundens-sikkerhed-for-et-funktionsdygtig-produkt]** bør gentænkes. Det skal dog understreges, at vi ikke har mødt nogle udfordringer der giver anledning til bekymring for Kobots A/S overlevelse i branchen. Vi har derimod oplevet stor begejstring for Amigo blandt de aktørgrupper der anvender denne i deres praksis. En købs-/salgskontrakt og/eller design der tilgodeser en større sikkerhedsgaranti for en bæredygtig investering, vil alligevel være til gavn for kunde såvel som for sælger, da dette må forventes at fremme salg af Amigo.

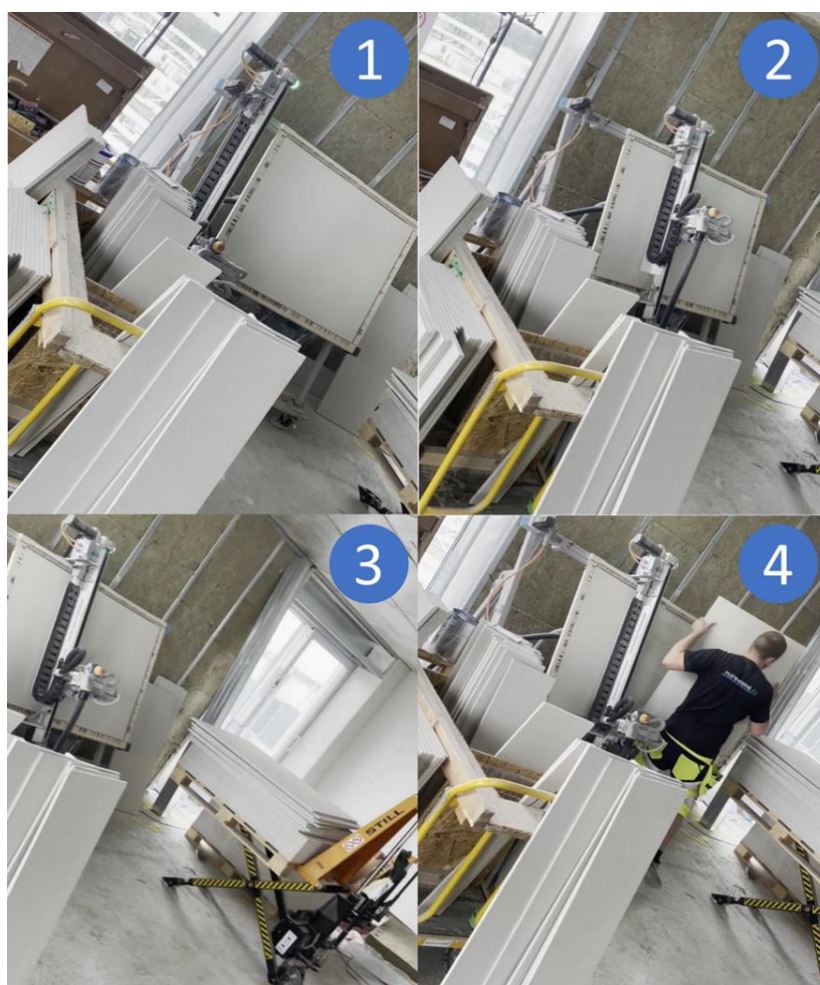
4.2.3 Bindinger mellem artefakt og folks bevægelse

Denne tredje Bounding practice, har til formål at inkludere aktørernes bevægelse i det rum, hvor den sociomaterielle praksis finder sted. Fokus rettes således mod de bindinger der opstår, som følge af praktikernes bevægelser mellem de artefakter, der konstituerer Amigo-skærestationen, og de opgaver de skal løse i forbindelse med gipsmontage-praksissen.

Da vi redegjorde for betydningen af skærestationens placering herunder, **[Elektronisk-palleløfter-støvsuger-cyklon-smartphone-Amigo-trækvogn-gips]**, undlod vi at udfolde beskrivelsen af, hvordan samtlige af etagens aktører bevægede sig, som følge af denne situerede praksis. Udviklingsprocessen i overgangen fra flere skærestationer med dyksav, til at flytte Amigo rundt i lejlighederne, frem til den nuværende; at have én skæringsstation med en fast placering betyder, at Amigo operatøren bevæger sig meget mere rundt på etagen, end ved de tidligere praksisser.

På denne måde er; **[Papirlap-med-skæringsordre-i-køen-på-rullebordet]**, et artefakt, der er forbundet til hans bevægelsesmønstre, eftersom artefaktet fordrer handlinger, der tilsvarende tilskynder bevægelse. Af denne grund, kan vi med fordel indlede dette afsnit, med afsæt i netop operatørens bevægelser, som er betinget af både artefakternes bindinger og placering.

I nedenstående fotoserie, ses dele af den arbejdsproces der er forbundet med en skæring. Billede **(1)** viser Amigo, der med sit grønne lys tændt, indikere at den er klar til at igangsætte en skæring. Operatøren har forinden overført målene fra bestillingssedlerne til applikationen, hvor de nu står i kø. Nu skal gipspladen blot placeres på Amigo, inden skæringen automatisk påbegyndes. Når pladen er placeret, er operatøren allerede i bevægelse. Han leverer nu pladen, som er skåret forinden, til den pågældende tømmer, hvis skæringsordre er blevet udført; alt imens Amigo udfører næste ordre.



Figur 10: Skærmlip fra videooptagelse af en skæring. Egen optagelse: se evt. bilag 15.

Den automatiske skæringsproces, som illustreres på billede **(2)** og **(3)**, strækker sig over mindre end 20 sekunder og afsluttes ved at operatøren, på billede **(4)** er kommet retur. Her stiller han pladen ved siden af den gipsstak, som befinder sig på den elektroniske palleøfter, inden han placerer en ny plade på Amigo. Operatøren starter således processen igen, ved først at indtaste målene fra de modtagne sedler til køen, således at Amigo kan påbegynde en ny skæring. Denne praksis omfatter en binding mellem: **[Amigo-operatør-igangsætter-skæring-bevægelse-rundt-på-etagen-afleverer-skæringsordre-modtager-ny-ordre-vender-retur]**. Ved at følge praktikerens bevægelser finder vi ud af, hvordan bindinger mellem lokation og artefakt har indflydelse på den sociomaterielle praksis. Artefakt, lokalitet og bevægelse har som før nævnt, samtidig en betydning for de øvrige praktikere på etagen, der er afhængige af Amigo-operatørens handlinger og bevægelse. Deres skårede plader leveres løbende i intervaller, hvis tidsmæssige bestemmelse afhænger af den samlede mængde af **[skæringsordre-i-køen]**. Vi beskrev ligeledes, hvordan en tidligere praksis skabte en flaskehals af gipsplader og aktører, der vanskeliggjorde arbejdsprocessen. Ved at re-konfigurere koordineringen således, at Amigo-skærestation nu er placeret på samme sted under udarbejdelsen af en hel etage, er aktørernes bevægelsesmønstre ændret markant.

Man kan altså ikke adskille skærestationens placering, eller **[skæringsordre-i-køen]**, fra de bevægelsesmønstre der omfatter Amigo operatøren, såvel som de øvrige tømrers arbejde. På samme måde forudsætter **[levering-af-skåret-plade-fra-Amigo-operatøren-til-montage-tømrer]**, at den pågældende tømrer kan afslutte den forrige væg, og tage nye mål. Hvor placeringen af artefakterne indgår i praktikernes koordinering, har det altså samtidig en betydning for praktikernes bevægelse, som med afsæt i samme artefakter, tilskynder forskellige bevægelsesmønstre.

Sjakkets bevægelsesmønstre var som følge af den traditionelle montage-praksis, der omfattede fire sæt af **[dyksav-skæreskinne-støvsuger]**, markant anderledes. Her var skærestationerne fordelt ud over hele etagen, og krævede således mindre bevægelse, da skærearbejdet foregik tæt på de vægge, hvor gipsen skulle monteres.

Den nuværende praksis, hvor skærestationen er fast placeret i lejlighed **(1)** (se figur 06, s,7), kræver derfor meget mere bevægelse, når gipspladerne skal fordeles rundt på den 598 m² store etage.

Hertil er processen koordineret således, at det er Amigo operatøren der fordeler disse plader rundt, til de seks montagetømre, imens Amigo automatisk skærer næste ordre. I praksis betyder dette, at Amigo operatøren konstant må arbejde i et utroligt højt tempo, for at følge med. Dette kan naturligvis løses ved et rotationssystem i sjakket. Men på nuværende tidspunkt er det kun to af tømmerne i sjakket, der har været på Amigo-kursus, hos Kobots i Odense. I praksis er det dog primært kun, Jonas Engel der betjener Amigo. Han erstattes altså kun i tilfælde af fravær. Som akkordtømmerne siger, så ligger gevinsten i gentagelsen, hvorfor de bestræber sig på at bibeholde de roller, som de ved fungerer.

Som sociomaterielle designere, hæftede vi os dog ved, at Jonas Engel dagligt håndterer og fordeler op mod 180 plader, hvilket svarer til tre hele paller. Selvom han har en god ergonomisk arbejdsstilling, som følger af Amigo-skærestations-setuppet, der omfatter den elektroniske palleløfter, håndtere og fordeler han altså ca. tre ton gips om dagen, ved håndkraft.

Vi spurgte derfor tømmerne om de havde overvejet en alternativ arbejdsproces, hvor de evt. selv kunne hente pladerne ved skærestationen, og dermed aflaste operatøren. Her oplyste de, at da de ikke nøjagtig ved, hvornår deres skæringsordre kan afhentes, risikerer de at gå forgæves, hvilket påvirker deres arbejdsflow ligesom det skaber unødvendigt trafik omkring den støjende skæringsstation. En af tømmerne foreslog dog, at man eventuelt kunne løse denne problematik, såfremt Amigo platformen tillader, at flere enheder logger på samtidig. I så fald kunne de respektive tømmer selv indtaste sine bestillinger via smartphone, og dermed undgå den praksis som indebærer, at bestillingssedler skal afleveres til operatøren. Dette vil naturligvis indebære, at applikationen designes på en sådan måde, at interfacet giver et overblik over hvilket ordrenummer der er under bearbejdning. Med et tømmerjak på seks mand, vil det ligeledes kræve at systemet tillader mere end ti skæringsordre i køen, hvis det skal operationaliseres. Med et sådan tiltag ville bevægelsesmønstret i sjakket igen ændre form, og samme tid facilitere Amigo operatørens rolle, så han blot skal forsyne Amigo med plader, og ikke længere fungere som den koordinerende katalysator i sjakket.

4.2.4 Sammenfatning

Ved at følge de tre fokuspunkter i det sociomaterielle-design koncept, har vi identificeret, hvordan forskellige konstellationer mellem artefakter, lokation og bevægelsesmønstre; tilsammen skaber grænserne for det sociomaterielle netværk, som kan informere design- og videreudvikling af Amigo. Med et intenst fokus på aktørernes handlinger, inden for disse tre analytiske domæner, kan vi hermed sammenfatte de mest prominente elementer, i de observerede praksisser.

Med afsæt i blot fire heldagsobservationer og fire interviews, fordelt over to måneder, har vores analyse belyst en udviklingsproces på LightHouse-projektet, som omfatter tre forskellige praksisser i forbindelse med fibergipsmontage.

Den første praksis vi identificerede, var på baggrund af vores informanternes udsagn. Denne har vi navngivet *den traditionelle praksis*, da den omfatter en sammensætning af følgende artefakter [**Dyksav-skæreskinne-støvsuger**]. Den traditionelle praksis var kendetegnet ved, at skærestationerne var mobile, og at gipsen var jævnt fordelt på etagen. Da gipsen i praksis ofte blev skåret direkte fra pallerne, var arbejdsstillingen belastende; ligesom overskydende plader blev trukket med fra lejlighed til lejlighed. Dette resulterede i, at der til sidst opstod en flaskehals, hvor tømrere og materialer stod i vejen for hinanden, hvilket vanskeliggjorde den praktiske udførelse.

Da Amigo blev indført måtte koordineringen i sjakket, tilpasses efter Amigos funktionsmæssige forudsætninger. Tømrersjakket blev således opskaleret fra seks til syv mand, da anvendelsen af Amigo vurderes mest effektiv, såfremt den kører kontinuerligt. Den traditionelle praksis var koordineret sådan, at de seks tømrere var fordelt i tre makkerpar, hvor én tømrer opmåler og monterer pladerne, mens den anden tømrer varetager selve skæringsarbejdet. Ved indførelsen af Amigo blev de syv tømrere forenet til ét sjak, hvor den syvende mands rolle, som Amigo operatør, er at forsyne de øvrige tømrere med gipsplader. Implementeringen af Amigo ændrede således koordineringen af den opgave, som tømrerne skulle udføre. På trods heraf, var den første Amigo-praksis stærkt præget af den traditionelle praksis. Amigo blev ligeledes flyttet fra rum til rum i takt med, at arbejdsprocessen skred frem. Tømrersjakket var/er dog, i samarbejde med deres entreprenør, konstant opmærksomme på, hvordan de kan optimere processen, på en sådan måde, at Amigos potentiale udnyttes bedst muligt. Med andre ord er planlægningen og koordineringen i sjakket stærkt centreret omkring brugen af Amigo. Et konstant fokus på

procesoptimering i sjakket, har resulteret i et eksperiment, hvor Amigo nu er udstyret på hjul. Dette med henblik på, at Amigo skulle være lettere at transportere fra rum til rum. Bevægelsesmønstret i sjakket, var ved den første Amigo-praksis stærkt præget af den traditionelle praksis, om end, den på trods af den mere mobile variant med hjul; stadig var vanskeligere at transportere, da den i form af sit setup **[elektronisk-palleløfter-støvsuger-cyklon-smartphone-Amigo-trækvogn]**, fylder markant mere. For at optimere denne proces, har Amigo nu en fast placering i lejlighed (1), under udarbejdelsen af en hel etage. Dette er den sidste, og nuværende, Amigo-praksis som vi har identificeret.

Der er naturligvis ikke skarpe skel mellem de tre identificerede praksisser, som vi har skitseret. Overgangen mellem de tre praksisser er flydende, som følge af en konstant søgen efter procesoptimering i sjakket. Vores analyse tegner således et øjebliksbillede af en udviklingsproces der konstant ændrer form.

Den nuværende praksis, hvor Amigo har én fast placering på etagen, har igen skabt et nyt bevægelsesmønster i sjakket. Dette kommer til udtryk igennem praktikernes handlinger, hvorigennem de kombinerer forskellige artefakter som led i deres praksis. Her spiller en kombination af: **[bunke-af-papirlapper-med-skæringsordre]** en afgørende rolle for organiseringen blandt tømrerne. Ovenstående binding har altså en koordinerende effekt. Hvis bunken af papirlapper er stor, hvilket indikerer der er mange afventende skæringsordre, kan en verbal kommunikation ofte undgås da montagetømrerne ved, at operatøren i så fald er travlt optaget. Dette har skabt en praksis, hvor Amigo operatøren spiller en afgørende rolle i det sociomaterielle netværk. Udover at forsyne Amigo med gipsplader, fordeler han aktivt de bestilte skæringsordrer rundt på etagen til de respektive montagetømrere. Hertil varetager operatøren en sorteringspraksis, hvor restplader systematisk placeres på en trækvogn. Trækvognen indgår altså som artefakt i en sorteringspraksis, og er således en del af den konstitution der udgør det setup, som definerer tømrernes nuværende praksis på LightHouse.

4.3. Delanalyse 2: Amigos Indvirkning på produktivitet og arbejdsmiljø

Vi har nu redegjort for, hvordan implementering og brug af Amigo indgår i et sociomaterielt netværk, der former praksis såvel som design af Amigo. For at vi kan besvare problemformuleringens hovedspørgsmål som lyder:

Hvordan kan forskellige aktørgrupper informere design og udvikling, der tilgodeser et bedre arbejdsmiljø samt øget produktivitet, af den teknologi som indgår i deres daglige praksis?

Må vi altså først behandle problemformuleringens supplerende spørgsmål, som netop sætter produktivitet- og arbejdsmiljø i en samfundsrelevant kontekst. Den sociomaterielle analyse vil således blive konkretiseret med henblik på at kunne give et fyldestgørende svar, på problemformuleringens hovedspørgsmål.

4.3.1 Amigos procesoptimerende effekt

I afsnit 4.1 beskrev vi, hvordan vi observerede et eksperiment hos Velux i Hørsholm, hvor gipsarbejdet i en vindueslysning blev udført; først manuelt, og herefter ved brug af Amigo.

Den Manuelle proces blev registreret med en tid på i alt 2 timer og 18 minutter. Tiden er vel at mærke for lysningsarbejdet for ét enkelt Veluxvindue. Selvom materialeforbruget her er minimalt, og i øvrigt udgjort af almindelig gips, som er væsentligt lettere at bearbejde end fibergips, var processen tidskrævende. Dette skyldes de mange skæringssmige der er forbundet med lysningsarbejde, og som i øvrigt varierer alt efter dybden på lysningsindfatningen, vinduestypen og taghældningen.

Anden del i eksperimentet, hvor Amigo indgik i processen, blev udført på 1 time og 2 minutter. Det skal i øvrigt understreges, at tømreren ikke på forhånd havde erfaring med at anvende Amigo. Tidsbesparelsen var altså synlig på trods af, at selve gipsarbejdet i den manuelle proces tog tømrermester, Jesper Krog Nielson, 58 minutter at udføre. Tidsbesparelsen fra det traditionelle forskallingsarbejde, til brugen af Velux beslaget blev udført til en reduceret arbejdstid på 15 minutter. Derudover brugte tømreren indledningsvist en del tid på at udarbejde en skabelon til at måle vinkler og smige inden gipsarbejdet kunne påbegyndes.

Tanken bag optimeringen bundede i, at software ingeniør Lars Juel Andreasen fra Kobots, på forhånd havde kodet skærelister, på baggrund af vinduestype, ind i Amigos Software. Man kan

Et problem opstod, da kodningen ikke tog højde for tagkonstruktion- og skunkvægges dimensionstykkelse, som kan variere fra hus til hus. Løsningen kunne derfor ikke lade sig gøre som tiltænkt hvilket resulterede i, at tømreren, som da han gjorde det manuelt; igen måtte udarbejde og anvende en skabelon. Dette var ikke en del af planen og kan derfor betragtes som udenomsarbejde eller såkaldt workaroud. Denne proces blev dog, i dette tilfælde, udsåret af Amigo på få sekunder, og den samlede tidsbesparelsen var på trods af de utilsigtede udfordringer stadig iøjefaldende. Tømrermester Jesper krog Nielson, som udførte håndværket i eksperimentet, bemærkede efterfølgende, at han var positiv overrasket over Amigos procesoptimerende effekt.



Amigos procesoptimerende effekt er i høj grad også gældende på projekt LightHouse. Hvor en etage, som vist på figur 04, normalt ville tage tømrersjakket på syv mand, op til 15 arbejdsdage at udføre, tager det nu, med Amigo i brug, blot fem arbejdsdage. I denne forbindelse er det interessant at bemærke, at ved den første Amigo-praksis, tog det samme sjak, seks dage, at færdiggøre en etage. Dette understreger, at Amigos procesoptimerende effekt, afhænger af, hvordan anvendelse og brugen af Amigo koordineres i sjakket.

4. Analyse

op til 3.000 m² gips om ugen. Et par måneder efter, mødte han samme sjak, i forbindelse med en anden opgave. Her kunne de blot montere et par hundrede m² gips om ugen. Forklaringen herpå var, at hvor halbyggeriet inkluderede mange hele plader, der ikke skulle bearbejdes, krævede den anden opgave at mange plader skulle tilpasses, opmåles og skæres. Det er bl.a. disse iagttagelser, som inspirerede Peter Hartvigsen til at udvikle en stemmestyret robot, der kunne skabe frie hænder:

Hvis man kunne lave sådan et system, hvor han egentlig bare indtalte et eller andet, kom ned til sin pladestak, og så lå der bare en plade der passede. Og det gjorde den så fordi han forud havde indtalt hvad det var, og det var ligesom det der var grundideen.

(Hartvigsen, CEO, Kobots A/S, 2021, bilag 02, s.3).

For at det kan afklares, hvorvidt Amigos procesoptimerende effekt øger produktiviteten, må besparelsen holdes op mod investeringen. Peter Hartvigsen oplyser, at den lille model, Amigo 912, som er den model der anvendes til Fermacell-plader kan købes for 185.000 kroner. Det er i øvrigt denne model der anvendes både på projekt LightHouse i Aarhus og på Kløvertårnet i Slagelse. Den store model, Amigo 925, som anvendes til store almindelige gipsplader, kan købes for 205.000 kroner. Det var den store model der blev anvendt i Velux/Kobots eksperimentet. Priserne inkluderer et todages introduktionsforløb hos Kobots i Odense. Introduktionsforløbet udgør i øvrigt en købsbetingelse, hvor Kobots gør sit for at sikre, at deres produkt bliver anvendt efter forskrifterne.

For en mindre virksomhed kan disse priser måske virke afskrækkende. Fælles for vores informanter fremgår det også, at præmissen for at investere i en Amigo-robot er, at virksomheden har opgaver der tilgodeser, at Amigo kan anvendes kontinuerligt. Såfremt Amigo anvendes kontinuerligt, som den gør på projekt LightHouse, kan det konstateres at investeringen ret hurtigt bliver rentabel. Hartvigsen mener dog, at en beslutning om at investere i Amigo, ikke bør handle om hvor meget Amigo koster, men i stedet om, hvor meget der kan spares ved at investere i Amigo. Denne betragtning sætter prisen i perspektiv. Hartvigsen forklarer, at prisen for at afholde en tømrersvend ligger et sted mellem 250 til 290 kroner i timen, alt efter hvor i landet man befinder

sig. Amigo kan derimod afholdes for 19 kroner i timen. Når vi spørger ind til hvordan dette udregnes, svarer Hartvigsen følgende:

(...) det er jo sådan at vi på grund af bæredygtighed og recirkulation af komponenter og sådan nogle ting, tilbyder at købe maskinerne tilbage efter fire år. Så hvis vi siger at du køber en maskine af os i dag, vi køber den tilbage om fire år, og så laver vi simpelthen bare et divisionsstykke og så giver det 139 kroner om dagen, hvis vi kun regner hverdagene, eller 19 kroner i timen.

(Hartvigsen, CEO, Kobots A/S, 2021, bilag 02, s.9).

Når vi sammenholder dette regnestykke med den procesoptimerende effekt som var forbundet med brugen af Amigo på hhv. Velux og LightHouse projektet fremgår det tydeligt, hvordan Amigo bidrager positivt til produktivetsproblematikken. Det skal igen understreges, at resultaterne fra Velux/Kobots-eksperimentet skal tages med et vist forbehold, da et kontrolleret setup ikke kan sammenlignes med det uforudsigelige miljø der kendetegner en byggeplads. Produktivitetsoptimeringen på projekt LightHouse var derimod bemærkelsesværdig. Hvor én tømrer typisk kan forsyne én tømrer med plader, kan Amigo operatøren Jonas Engel, alene, ved brug af Amigo, forsyne hele seks tømrere med fibergipsplader. Hertil er tidsforbruget fra den traditionelle praksis til den nuværende, reduceret med ca. 10 arbejdsdage pr. etage.

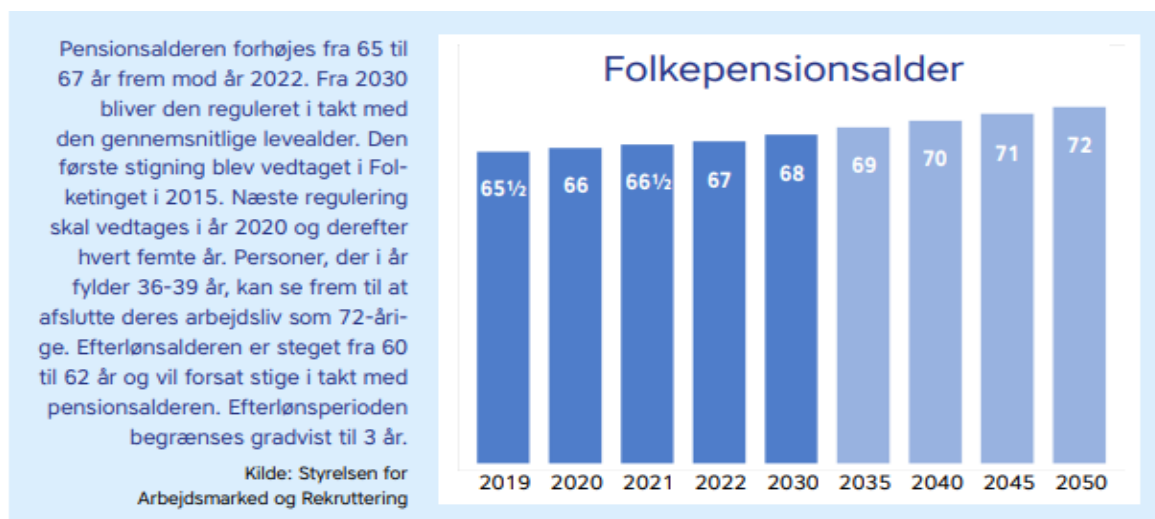
På trods af, at Amigo endnu kun finder begrænset udbredelse i tømrerbranchen, vil vi argumentere for, at teknologien har potentialet til at kunne hæve produktiviteten på brancheniveau betydeligt. Alene i Danmark monteres der årligt enorme mængder gips. Da Amigos skærehoved kan udskiftes, ville den principielt også kunne anvendes til bearbejdelse af andre materialeprodukter som f.eks. Troldekt, eternit, cementspånplader etc., som også er populære materialer, der anvendes i store mængder i byggeriet. Hertil er det værd at bemærke, at brug og styring af Amigo ikke nødvendigvis forudsætter en faglært tømrer. Dette betyder, at de faglærte "kloge hænder" kan varetage andre opgaver, som kræver faglærtes kompetencer, mens de ufaglærte i princippet kan oplæres i at anvende Amigo. Set i et samfundsøkonomisk perspektiv er denne effekt afgørende for beskæftigelsen og dermed produktiviteten. Den danske byggebranches årlige omsætning udgør cirka 290 milliarder kroner (Byggefakta, 2021), hvilket svarer til mere end syv procent af den samlede danske økonomi. Hertil investeres der omkring 200 milliarder kroner årligt, hvilket udgør

45 procent de samlede investeringer i dansk økonomi (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Som tidligere nævnt, er der opstået en flaskehals, hvor danske byggevirksomheder i gennemsnit må afslå hver tredje ordre, grundet mangel på faglært arbejdskraft (Dansk Industri, 2018). Med den enorme økonomi og beskæftigelse der er forbundet til byggebranchen, kan selv små forbedringer hvad angår produktivitet og arbejdsmiljø, potentielt føre til store gevinster.

Tal fra Danmarks Statistik viser, at mens byggeaktiviteten er stigende, er antallet af håndværksuddannede faldende (Danmarks Statistik, 2022); (Danmarks Statistik, 2021). Ifølge en analyse foretaget af arbejderbevægelsens erhvervsråd betyder denne udvikling, at vi i Danmark vil mangle ca. 90.000 faglærte i 2030. På samme tid, vil der være et overskud af ufaglært arbejdskraft på ca. 59.000 personer. Ifølge analysen skyldes manglen på faglærte håndværkere blandt andet, at mange unge vælger erhvervsuddannelserne fra til fordel for universitetsuddannelser, hvorfor der frem mod år 2030 forventes at være en overrepræsentation på ca. 25.000 akademikere (AE, 2021). Udover at de unge vælger erhvervsuddannelserne fra til fordel for universitetsuddannelser, kan den forventede mangel på godt 90.000 faglærte i 2030 forklares ved, at omkring 139.000 faglærte er mere end 60 år gamle i dag, hvorfor det forventes, at disse går på pension indenfor 10 år (DI - Dansk Byggeri, 2022). Det er derfor vigtigt for branchen såvel som for samfundet at finde langsigtede løsninger, der kan afhjælpe denne ubalance i beskæftigelsen. Samfundet er utvivlsomt udfordret af, at færre erhvervsaktive skal forsørge et stigende antal personer uden for arbejdsstyrken. En del af løsningen på dette problem, kunne være automatiseringsteknologier i byggeriet, hvorfor et afgørende succeskriterie bør måles på, hvordan design, implementering og brug af sådanne teknologier tilgodeser en øget produktivitet og skaber et bedre fysisk arbejdsmiljø.

4.3.2 Det fysiske arbejdsmiljø på byggepladsen

Som beskrevet ovenfor er udfordringen vedrørende mangel på faglært arbejdskraft tæt forbundet, med et uhensigtsmæssigt fysisk arbejdsmiljø i byggeriet. Arbejdsmiljø står således højt på den politiske dagsorden, hvor et bredt flertal i folketinget har erkendt, at en ekstra indsats mod bl.a. fysisk overbelastning og nedslidning, er afgørende for, at danskerne kan blive længere tid på arbejdsmarkedet. De seneste tilbagetrækningsreformer, der gradvist forhøjer pensionsalderen, som vist på figur 14, kan derfor ikke realiseres i praksis, hvis arbejdsmiljøet ikke forbedres for de udførende håndværkere.



Figur 14: Forhøjelse af pensionsalder som følge af tilbagetræningsreform (Fonden Teknologirådet, 2018, s. 9).

I marts 2017, udtalte daværende beskæftigelsesminister, Troels Lund Poulsen følgende:

*Med de tal vi ser i dag, kan jeg konstatere, at
arbejdsmiljøindsatsen har slået fejl (...) et godt arbejdsmiljø øger
medarbejdernes trivsel, nedbringer sygefraværet og styrker
virksomhedernes produktivitet. En stærkere arbejdsmiljøindsats vil
derfor komme alle i Danmark til gavn.*
(Fonden Teknologirådet, 2018, s.10)

Det fysiske arbejdsmiljø er dog et vidt begreb, der kan forstås på mange måder. Vi har derfor ikke til hensigt at foretage en komplet arbejdsmiljøanalyse. Når vi undersøger, hvordan Amigo understøtter det fysiske arbejdsmiljø i byggeriet; henviser vi til de arbejdsmiljømæssige følgevirkninger fra støv, støj og ergonomi der resulterer i, at mange håndværkere forlader branchen inden pensionsalderen. Denne afgrænsning beror på, at det netop er disse aspekter af arbejdsmiljøet som Amigo ifølge Kobots A/S kan optimere.

Direktør og stifter af Kobots A/S, Peter Hartvigsen, fortæller i det følgende med egne ord, hvordan han tidligere i karrieren som tømrermester, har bemærket hvor mange der forlader branchen inden de er berettiget til efterløn.

(..) jeg tror at jeg kan tælle på en hånd hvor mange jeg har haft på over 50 år, og hvor fanden er de så henne? de forlader jo simpelthen faget fordi de går i stykker. (..) mange får jo sådan nogle langvarige lidelser som luftvejsproblemer, ryg, knæ, skuldrer alt det der kommer til over tid (..) så tænker de okay det her det går den gale vej jeg er nødt til at lave noget andet (Hartvigsen, CEO, Kobots A/S, 2021, bilag 02, s. 3).

Ovenstående citat bekræftes i en undersøgelse foretaget af Dansk Byggeri, som netop har fokus på, hvorfor de faglærte forlader branchen i en tidlig alder. Undersøgelsen viser, at ca. 50 procent af de faglærte håndværkere over 40 år, er beskæftiget udenfor byggeanlægsbranchen. En interviewrunde med 558 faglærte håndværkere fastslår samtidig, at den væsentligste årsag hertil, skyldes det hårde fysiske arbejdsmiljø (Dansk Byggeri, 2006).

Hartvigsen mener i øvrigt at vi som samfund gør noget galt, når så mange faglærte håndværkere vælger at forlade branchen i en tidlig alder.

(..) Som samfund bruger vi penge på at uddanne nogle unge mennesker til en branche som de tydeligvis ikke er i hele deres arbejdsliv, og for det meste har det faktisk med arbejdsmiljø at gøre. Så hvis vi kunne lave noget der kunne gøre noget ved effektiviteten og gøre noget ved arbejdsmiljøet så det gjorde det sjovere, bedre og sundere at være håndværker (..)
(Hartvigsen, CEO, Kobots A/S, 2021, bilag 02, s. 3)

Kobots A/S vision beror således på et ønske om at revolutionere byggebranchen igennem teknologier der øger effektiviteten, mindsker nedslidning og skaber et bedre arbejdsmiljø.

Med afsæt i vores empiri vil vi i det følgende belyse, hvordan Amigo indfrier ønsket om at skabe et bedre arbejdsmiljø i byggeriet.

4.3.2.1 Støvgener på byggepladsen

I arbejdsmiljølitteraturen findes der mange eksempler, som understøtter ovenstående problematik. F.eks. fremhæves det i en branchevejledning om støv på byggepladsen, hvordan et støvet arbejdsmiljø kan have følgevirkninger i form af KOL, stenlunger og lungekræft. Udover disse meget alvorlige diagnoser fører et støvet arbejdsmiljø ofte til overfølsomhedsreaktioner i

luftvejene, såsom astma og høfeber (BFA,2017). Der findes dog ingen undersøgelser, der med sikkerhed kan sige, hvor mange af disse lidelser der opstår, som direkte følge af et støvet arbejdsmiljø. Det nationale forskningscenter for arbejdsmiljø (NFA) skønner dog, at cirka ti procent af de i alt 300.000 registrerede astmatilfælde er arbejdsmiljørelaterede (COWI, 2017, s. 43). Dette fremgår i rapporten *Øje på arbejdsmiljøet*, som COWI har udarbejdet på foranledning af LO. Rapporten har fokus på kemisk arbejdsmiljø, hvor formålet er, at skabe et samlet overblik over, hvilke indsatser der tilgodeser det kemiske arbejdsmiljø i Danmark. Rapporten fremhæver at farlige kemikalier fra støvgener, er den direkte årsag til, at op mod 1.500 personer hvert år dør af kræft (COWI, 2017, s. 25). Byggeriet er som bekendt kendetegnet ved et støvet arbejdsmiljø, hvorfor der bl.a. er krav om brug af støvsuger, både når håndværkerne bearbejder et materiale der støver, men også når arbejdsområdet efterfølgende skal rengøres. Her må man f.eks. ikke bruge kost, da dette skaber sundhedsskadelige støvgener (Arbejdstilsynet, 2001).

Kobots direktør, Peter Hartvigsen, oplyser at Amigo opfanger 96,8 procent af det støv, som opstår i en skæreprøces (bilag 02, s. 12). Det har ikke været muligt at finde data der viser, hvor meget der opsamles ved den traditionelle metode med dyksav og skæreskinne. Normalt når vi inspicerer byggepladser, hvor der arbejdes med fibergips, medbringer vi dog maske, da der typisk hænger synlige støvpartikler i luften. Da vi observerede Amigo i brug på projekt LightHouse bemærkede vi, at det ikke var nødvendigt at bære vores medbragte masker, da luften virkede ren. Da vi spurgte tømrerne ind til, hvordan de oplever støv på byggepladsen i forbindelse med fibergipsarbejde, oplyste de, "at der normalt er enormt støvet" (med *normalt* menes der uden brug af Amigo), men at der nu, med Amigo i brug, nærmest ikke er støv i luften mere. De fortæller i denne sammenhæng, at de sparer en del tid på at gøre rent, da der ikke efterlades nær så meget støv omkring skærestationen, som ved den traditionelle metode. Hertil oplyser en tømrer i sjakket, at han efter Amigo er taget i brug, ikke længere har brug for allergimedisin. Under et af vores besøg på LightHouse projektet deltog vi i tømrersjakkets frokostpause. Tømrersjakket arbejder som sagt på akkord, hvorfor deres særlige interesse for de arbejdsmiljømæssige aspekter overraskede os. Flere af tømrerne spurgte ind til, hvad det var vi helt præcis undersøgte. Da vi fortalte dem, at vi havde fokus på Sociomateriel-Design, og hvad denne tilgang indebærer, opfordrede de os til at prioritere arbejdsmiljøaspektet, da det havde stor betydning for deres praksis. Da vi spurgte ind til, hvordan Amigo havde ændret deres arbejdsmiljø, oplyste de, at de plejer at kunne smage

støvpartikler når der arbejdes med fibergips. Dette resulterer ofte i tør hals, hoste og hovedpine, hvilket ikke længere er gældende, efter Amigo er taget i brug.

Da vi observerede Amigo i forbindelse med Velux/Kobots-eksperimentet bemærkede vi dog, at den støvreducerende effekt ikke var lige så god som på LightHouse projektet. Dette skyldtes, at sugehovedet på Amigo ikke kunne slutte helt tæt, grundet de skarpe smig, som er forbundet med lysningsarbejde på et Velux vindue. Kobots teknisk service og support ansvarlige, Poul Henning Olesen, noterede dette som et problem der skulle løses. På trods af, at den støvreducerende effekt ikke var optimal, var den stadig markant bedre end ved den manuelle proces. Dette kunne tydeligt ses på den støvmængde, som var efterladt på gulvet imellem de to processer.

4.3.2.2 Støjgener på byggepladsen

Ifølge arbejdstilsynet kan støj aflede en række uhensigtsmæssige helbredseffekter og genevirkninger når:

- *Vedvarende støjbelastning over 80 dB(A) indebærer risiko for høreskader. Den individuelle følsomhed for støj varierer dog meget. Der er belæg for, at visse særligt følsomme personer kan risikere høreskade efter mange års udsættelse for støjbelastninger på 75-80 dB(A). Der findes dog endnu ingen enkle og sikre metoder til at afgøre, om en person er mere eller mindre følsom for støj.*
- *Vedvarende støjbelastning på 85 dB(A) indebærer risiko for alvorlige høreskader.*
- *Vedvarende støjbelastning på 90 dB(A) indebærer, at risikoen for alvorlige høreskader er næsten tre gange så høj som ved en støjbelastning på 85 dB(A).*
- *Kraftig impulsstøj, hvor spidsværdier overstiger 130-140 dB(C), kan skade hørelsen selv ved ganske få kortvarige påvirkninger. Impulsstøj kommer fra fx slag, metal mod metal, brug af sømpistol, vinkelsliber etc.*
- *Høreskadede støj kan give anledning til tinnitus (susen for ørerne).*
- *Kraftige vibrationer, der optræder sammen med støj, kan forøge risikoen for høreskader.*
- *Svag støj kan forstyrre arbejdsfunktioner, der kræver koncentration, fx undervisning og kontrolrumsarbejde.*

- *Selv svag støj kan være generende. Støj, herunder støj fra menneskelig aktivitet, kan også være psykisk belastende, hvis arbejdet indeholder store følelsesmæssige krav, arbejdet er kompliceret eller der ofte arbejdes med korte deadlines (Arbejdstilsynet, 2021).*

Foruden ovenstående, fremgår det af en branchevejledning om støj i byggeriet, at støj kan ændre åndedrætsrytmen og skabe et forhøjet blodtryk. Såfremt det ikke er muligt at nedsætte spidsværdien af støj til mindre end 137 dB, er høreværn påbudt. Dog må ingen udsættes for en støjbelastning på over 85 dB(A) eller spidsværdier af impulser over 137 dB(C). Støjbelastning er et udtryk for den samlede udsættelse for støj over en otte timers arbejdsdag. Høreskader er i øvrigt den næst største årsag til anmeldte arbejdsskader i byggeriet, hvorfor et fokus på Amigos støjreducerende effekt bør prioriteres højt i den løbende udviklingsproces.

Arbejdstilsynets vejledning til et støjsvagt arbejdsmiljø fremgår af figur 15. Tabellen angiver støjbelastningen ud fra, hvor lang tid om dagen man må udsættes for forskellige støjniveauer.

85 dB(A) i	8 timer
88 dB(A) i	4 timer
91 dB(A) i	2 timer
94 dB(A) i	1 time
97 dB(A) i	30 minutter
100dB(A) i	15 minutter

Figur 15: Støjgrænseværdier (Kilde: Arbejdstilsynet, 2021)

Nedenstående tabel til venstre, figur 16, viser et pointsystem, hvor farvekoden grøn, gul og rød angiver, hvor alvorlig situationen er. På denne måde har man mulighed for at korrigere arbejdsmetoden, så man opnår et bedre arbejdsmiljø. Til højre på figur 17 ses en tabel, med en oversigt over, hvordan støjpoints fra figur 16 oversættes til en daglig støjbelastning målt i dB(A).

Varighed pr. dag	Støjniveau, dB(A)									SUM af støjpoint	Støjbelastning
	75	80	85	90	95	100	105	110	115		
2 min					5	15	40	130	415	10	75
3 min					5	20	65	200	625	15	77
4 min					10	25	85	265	835	20	78
5 min				5	10	35	105	330	1040	25	79
6 min				5	15	40	125	395	1250	30	80
8 min				5	15	55	165	525	1670	40	81
10 min				5	20	70	210	660	2080	50	82
12 min			5	10	25	80	250	790	2500	60	83
14 min			5	10	30	90	290	920	2920	80	84
16 min			5	10	35	105	330	1050	3330	100	85
18 min			5	10	40	120	375	1190	3750	125	86
20 min			5	15	40	130	415	1320	4170	160	87
24 min			5	15	50	160	500	1580	5000	200	88
30 min			5	20	65	200	625	1980	6250	250	89
36 min			10	25	75	235	750	2370	7500	315	90
42 min		5	10	30	90	275	875	2770	8750	400	91
48 min		5	10	30	100	315	1000	3160	10000	500	92
1 t		5	15	40	125	395	1250	3950	12500	630	93
1 t 12 min		5	15	45	150	475	1500	4740	15000	800	94
1 t 24 min		5	20	55	175	555	1750	5530	17500	1000	95
1 t 36 min		5	20	65	200	630	2000	6320	20000	1250	96
1 t 48 min		5	25	70	225	710	2250	7110	22500	1600	97
2 t	5	10	25	80	250	790	2500	7910	25000	2000	98
2 t 24 min	5	10	30	95	300	950	3000	9490	30000	2500	99
2 t 48 min	5	10	35	110	350	1110	3500	11100		3150	100
3 t 12 min	5	15	40	125	400	1260	4000	12600		4000	101
3 t 36 min	5	15	45	140	450	1420	4500	14200		5000	102
4 t	5	15	50	160	500	1580	5000	15800		6300	103
5 t	5	20	65	200	625	1980	6250	19800		8000	104
6 t	10	25	75	235	750	2370	7500	23700		10.000	105
7 t	10	30	90	275	875	2770	8750	27700		12.500	106
8 t	10	30	100	315	1000	3160	10000	31600		16.000	107
										20.000	108
										25.000	109
										31.500	110

Figur 16-17: Fra venstre: 16. Tabel med pointsystem for støjniveau 75-115 dB(A); 17: Daglig støjbelastning målt i dB(A) (BAR, 2008, s. 17;18)

Til sammenligning viser figur 18, resultatet fra en større undersøgelse omkring støj i byggebranchen. Undersøgelsen viser, at 24 ud af 28 faggrupper i byggeriet, dagligt udsættes for en støjbelastning på mere end 85 dB(A). Her bør bemærkes, at tømrerbranchen ligger i den høje ende af skalaen med en gennemsnitlig støjbelastning på 91 dB(A). Denne belastning overstiger altså de førnævnte grænseværdier for arbejdstilsynet. Dertil kommer, at der altid skal tilføjes 5 dB(a), som følge af impulsstøj. Dog bør det bemærkes, at samtlige tal er taget i betragtning, uden at inkludere effekten af høreværn.

Beskæftigelse	Støjbelastning dB(A)
Tårnkran operatør	83
Murer	83
Gulvpudser	83
Maskinoperatør (facadepuds)	85
Jernbinder	85
Stillaidsarbejder	86
Tagdækker	87
Blikkenslager	87
Gulvlægger (vinyl m.v. gulve)	87
Betonarbejder	88
Bygningssmed	88
Gulvlægger (parket)	88
Maler (sliber)	87
Vejarbejder	89
VVS	89
Facadeopsætning	90
Forskallingsform opstiller	91
Asfaltarbejder	91
Flisemurer	91
Tømrer	91
Anlægsarbejder	92
Brolægger	93
Sporsvejer	94
Fræser (rendegravning)	95
Skæring og boring i beton	98
Armeringsarbejder - "rustbeskytter"/sandblæser	100
Opsætter af autoværn	101

Figur 18: Støjbelastning i faggrupper indenfor bygge og anlæg (BAR, 2008, s. 19).

4.3.2.3 Støj og afstand

Når støjende arbejdsprocesser planlægges, bør der tages højde for, at støj aftager over afstande. I en arbejdsituation har dette betydning for, hvordan arbejdet planlægges og koordineres. Som tidligere nævnt er Amigo udstyret med en vinkelsliber som skærehoved. På projekt LightHouse er Amigo operatøren, Jonas engel, således udsat for Amigos støjgener hver dag. Operatøren forsyner som sagt et sjak på seks mand med fibergipsplader. I modsætning til de andre tømrere i sjakket, som monterer pladerne, er operatøren placeret tæt på Amigo hver dag i en arbejdsuge på 37 timer. Figur 19 viser, hvor stor afstand der kræves for, at støjniveauet fra en vinkelsliber aftager til under 80 dB(A).

Maskine	Støjniveau/operatøren dB(A)	80 dB(A) afstand fra maskinen i (meter)	Bemærkninger
Lille vinkelsliber	94-98	10	Skæring i betonflise - højfrekvent støj
Stor vinkelsliber	98-103	21	Skæring/afkortning af metal - højfrekvent støj
Stor vinkelsliber	105-108	19	Skæring i betonflise - højfrekvent støj

Figur 19: Vinkelsliberens støjbelastning. OBS: Udklip. (BAR, 2008, s. 21)

Amigo er udstyret med en lille vinkelsliber. I feltet bemærkninger, på figur 19, fremgår det ikke, hvor meget støj, bearbejdning af fibergips udleder. Da beton er et hårdere materiale end fibergips antager vi, at støjbelastningen vil være højere. I det følgende opererer vi derfor med det mindste tal.

Amigo operatørens rolle på LightHouse projektet kræver, som sagt, at han hovedsageligt befinder sig ved, eller i nærheden af Amigo. Han udsættes således for en støjbelastning på ca. 94 dB(A). Som tidligere nævnt, skal der tillægges +5 dB(A) hver gang skæreprocessen starter, da dette betragtes som impulsstøj. På LightHouse projektet er arbejdsprocessen planlagt således, at Amigo kører mere eller mindre kontinuerligt. Hvis vi fratrækker en times pause, hver dag, udsættes operatøren for en konstant støjbelastning på ca. 99 dB(A) i ca. seks timer om dagen. Hvis vi overfører dette tal i tabellen på figur 16, får vi i alt 2.370 point. Når dette tal overføres til figur 17, finder vi, at Amigo operatøren dagligt udsættes for en støjbelastning på knap 99dB(A), hvilket er langt over grænseværdien på 85dB(A). Det skal bemærkes, at denne udregning ikke inkluderer støjgener fra den støvsuger, som er tilkoblet Amigo, hvorfor det reelle tal må forventes at være højere.

Under vores observationer bemærkede vi dog, at operatøren anvendte høreværn efter forskrifterne. Da høreværn nedsætter kommunikationsevnen, observerede vi, hvordan kommunikationen mellem montagetømmerne og Amigo operatøren, primært var indforstået og nonverbalt. Til gengæld er det grundet planlægning af arbejdsprocessen herunder, placering af Amigo, kun Amigo operatøren der udsættes for en konstant støjbelastning der overskrider grænseværdien på 85 dB(A). Ved den traditionelle metode, som krævede fire sæt af dyksav, skæreskinne og støvsuger var den konstante støjbelastning derimod fordelt ud over hele etagen til gene for alle tømmerne i sjakket. Dette indebærer, at alle tømmer i sjakket skulle bære høreværn. Da brug af høreværn nedsætter opmærksomheden og dermed gør det vanskeligt at kommunikere, og høre advarsler øges risikoen for ulykker (Arbejdstilsynet, 2021).

Vi vil dog anbefale, at en indsats mod at reducere den støj som Amigo udleder, bør stå højt på prioriteringslisten i forbindelse med den løbende design- og udviklingsproces. I denne kontekst vil vi fremhæve, at den stemmestyrede funktion, som Amigo primært bliver promoveret på, ikke anvendes i praksis på hverken LightHouse projektet, eller på Kløvertårnet i Slagelse. Dette skyldes at stemmestyringsfunktionen, har svært ved at filtrere baggrundsstøj på byggepladsen fra, hvilket resulterer i, at Amigo ikke registrerer den indtalte kommando. Direktør og stifter af Kobots, Peter Hartvigsen hævder, at grundtanken bag Amigo, fortsat er at skabe et håndfrit skæringsværktøj. Hartvigsen vurderer, at den globale forventning til "tale-teknologi", er så stor, at det i nær fremtid bliver muligt for talfunktionen at fungere problemfrit. Også på byggepladsen.

4.3.2.4 Ergonomi på byggepladsen

Ifølge branchefællesskabets vejledning for arbejdsmiljø i byggebranchen, kan tunge løft og dårlige arbejdsstillinger føre til erhvervsskader som medfører tidlig tilbagetrækning fra erhvervslivet.

De belastninger der typisk medfører arbejdsskader er som følger:

- *Tunge løft, træk, skub og bæring*
- *Uhensigtsmæssige arbejdsstillinger*
- *Ensidigt belastende arbejde*

(Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg, 2021)

De gener og skadevirkninger der typisk opstår, som følge af ovenstående belastninger er som følger:

- Forstrækninger og fibersprængninger
- Diskusprolaps
- Hold i ryggen
- Forstuvninger
- Slidgigt
- Problemer med blodkredsløbet
- Myoser
- Seneskedehindebetændelse

(Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg, 2021)

Byggepladser er i øvrigt forpligtiget til at foretage arbejdspladsvurderinger (APV), ved hver byggeproces for, at sikre det bedst mulige arbejdsmiljø på pladsen. Her skal arbejdet planlægges på en sådan måde, at ovenstående belastninger minimeres. Arbejdstilsynet kan kræve dokumentation for, at virksomhederne har taget højde for dette i sin APV. En sådan dokumentation indebærer bl.a. at: *"Virksomheden skal planlægge forebyggelsen, så den udgør en sammenhængende helhed, der omfatter **teknologi**, tilrettelæggelse af arbejdet, arbejdsforhold, sociale relationer og påvirkninger fra andre faktorer i arbejdsmiljøet"* (Arbejdstilsynet, 2002, s. 6).

Med andre ord betyder ovenstående citat, at såfremt virksomheden råder over en teknologi/værktøj der er bedre egnet til at minimere belastende arbejde, end den der anvendes, skal denne tages i brug.

Dvs. at: "unødvendige fysiske belastninger samt uhensigtsmæssige arbejdsstillinger og -bevægelser skal undgås, såfremt det er muligt" (Arbejdstilsynet, 2002, s. 6).

Hvis der findes teknologier og værktøjer på markedet, der kan reducere belastende arbejde, som virksomheden ikke råder over, kan arbejdstilsynet stille krav om, at der indføres ekstra pauser og begrænset arbejdstid for arbejdet (Arbejdstilsynet, 2002).

Som tidligere beskrevet indebærer den traditionelle metode til bearbejdning af fibergips, at håndværkerne skærer pladerne direkte fra pallestakken. I takt med at en palle tømmes, bliver

arbejdsstillingen ringere, fordi håndværkerne i så fald må ligge på sine knæ for at skære de sidste plader i stakken, med den håndholdte dyksav. Flere af vores informanter har oplyst, at dette er særligt belastende for knæ og ryg. Alternativt kan der bygges en skærestation med en passende arbejdshøjde, eller man kan ved brug af håndkraft flytte pladerne fra palle til palle så man opretholder en fornuftig arbejdshøjde hvad angår skæreprocessen. Ifølge vores informanter vil man i praksis, typisk henfalde til den førstnævnte metode, hvor man ligger på sine knæ. Særligt på store projekter, hvor gentagelseeffekten er stor, og hvor arbejdsprocessen indebærer bevægelse mellem mange rum. Dette skyldes først og fremmest at mobilisering af skærestationer i en sådan situation vil forringe tømrernes arbejdsflow. Som tidligere beskrevet udføres den traditionelle metode typisk i makkerpar, hvor den ene tømrer varetager skæreprocessen mens den anden monterer pladerne. På et projekt som LightHouse i Århus, hvor gipsarbejdet udføres af syv tømrere, ville denne koordinering kræve mindst tre skærestationer, for at opretholde et fornuftigt arbejdsflow. Tømrerne oplyste i øvrigt, at de havde fire sæt af dyksav, skæreskinne og støvsuger i brug, på de to første etager, hvor Amigo endnu ikke var taget i brug.

Alle de tømreruddannede som vi har været i kontakt med i forbindelse med dette studie tilkendegiver, at planlægning og koordinering af arbejdsprocessen altid skal tilgodese et godt arbejdsmiljø. Hvad angår akkordtømrerne på projekt LightHouse, er vores opfattelse dog, at et godt arbejdsmiljø ikke må etableres på bekostning af en effektiv arbejdsproces. Dette betyder ikke, at tømrerne på projekt LightHouse negligerer det arbejdsmiljømæssige aspekt i deres planlægning. De er derimod enormt kreative og konstant eksperimenterende i forhold til, hvordan de effektiviserer arbejdsprocessen, så de sikrer et godt arbejdsmiljø, og samme tid holder en god akkord. Til sammenligning var tømrerne på projekt kløvertårnet i Slagelse, som er timelønnet, ikke nær så kreative hvad angår implementering og brug af Amigo.

Fælles for alle tømrer i en Amigo-praksis er, at ingen udsættes for vibrationer fra håndholdt værktøj, i forbindelse med skæringsarbejde, som principielt kan have følgevirkninger i form af snurren eller følelsesløse fingre. I værste tilfælde kan vibrationer fra håndholdt værktøj, efter længere tids belastning, resulterer i diagnosen Raynauds syndrom, eller såkaldte *hvide fingre*. Hvide fingre kan være smertefuldt og nedsætter bevægelighed. Diagnosen anerkendes som arbejdsbetinget, og er en invaliderende sygdom (BAR,2008).

4.3.3 Sammenfatning

Det kan hermed sammenfattes, at arbejdsprocesser, on site, ved brug af Amigo, i høj grad har bidraget til øget produktivitet i de observerede situerede praksisser. I Velux/Kobots eksperimentet bidro Amigo til en reduceret arbejdstid på i alt 76 minutter. Dette svarer til en tidsbesparelse på omkring 45 procent. På LightHouse projektet har tømrersjakket opnået en tidsbesparelse på ca. 10 dage pr. etage, hvilket udgør en reduceret arbejdstid på ca. 66 procent.

Da Amigo endnu kun er udbredt i et begrænset omfang, kan resultaterne fra ovenstående scenarier ikke generaliseres til at omfatte hele tømrerbranchen. Med de enorme mængder i betragtning, der indgår i de arbejdsprocesser, som Amigo er tiltænkt at understøtte, kan det dog konkluderes at produktivitetspotentialet på brancheniveau er betydeligt. Såfremt automatiseringsteknologier, som Amigo, skal afhjælpe branchens tiltagende udfordring vedr. mangel på faglært arbejdskraft, vil det kræve bred udbredelse i branchen. Mens en videre udbredelse forudsætter at særligt de mindre virksomheder, som udgør 99 pct. af byggebranchen, tager teknologier til sig; kan vi altså konstatere, at optimeringseffekten har været synlig i de observerede scenarier. Alle praktikere, som har deltaget i vores studie, er i øvrigt imødekomende og positive hvad angår anvendelse og effekt af Amigo.

Vi kan ligeledes konstatere, at anvendelsen af Amigo har reduceret de belastende arbejdsstillinger der er forbundet med at skære direkte fra gipsallerne. Hvis man ikke anvender en elektronisk paralleløfter i en Amigo praksis, udsættes Amigo operatøren derimod for mange løft fra gulv, i takt med, at pallerne tømmes.

Amigo opfanger, efter sigende, 96,8 procent af det støv, som er forbundet med en skærepåse. Under vores observationer, særligt hvad angår LightHouse-projektet, bemærkede vi, at luften, ud fra en visuel betragtning, var støvfri. Dette er i stor kontrast til vores erfaringer fra andre byggepladser, hvor gipsarbejde udføres på den traditionelle metode. Hertil oplyste en tømrer i sjakket, at han efter Amigo er taget i brug, ikke længere har brug for allergimedication. Da vi spurgte tømrersjakket ind til, hvordan Amigo havde ændret deres arbejdsmiljø, oplyste de, at de plejer at kunne smage støvpartikler når der arbejdes med fibergips. Dette resulterede ofte i tør hals, hoste og hovedpine, hvilket ikke længere er gældende, efter Amigo er taget i brug. Det skal dog

bemærkes, at Amigos støvreducerende effekt, ikke var nær så god i Velux/Kobots eksperimentet. Dette skyldes, at sugehovedet grundet de skarpe smig, ikke formår at slutte tæt.

Endelig har vi konstateret, at såfremt Amigo kører kontinuerligt, vil operatøren udsættes for en daglig støjbelastning på 99 dB(A), hvilket er langt over grænseværdien på 85 dB(A). Dette fordrer, at alle der befinder sig i samme rum, i en radius af 20 meter fra Amigo skal bære høreværn. Ved den nuværende Amigo-praksis, på LightHouse-projektet, betyder dette i praksis, at Amigo operatøren skal bære høreværn. De øvrige montagetømrere er derimod fritaget, grundet hhv. afstanden fra skærestationen, samt det faktum, at lejlighedsskellene reducerer støjbølgerne. Høreværn nedsætter dog kommunikationsevnen. Vi observerede, hvordan kommunikationen mellem montagetømrerne og Amigo operatøren primært var indforstået og nonverbalt. Til gengæld er det grundet planlægning af arbejdsprocessen herunder, placering af Amigo, kun operatøren der udsættes for en konstant støjbelastning. Ved den traditionelle metode, som krævede fire sæt af dyksav, skæreskinne og støvsuger var den konstante støjbelastning derimod fordelt ud over hele etagen til gene for alle tømrerne i sjakket.

5. Diskussion

Dette speciale har som bekendt, primært haft afsæt i sociomateriel-design. Analytisk anvendte vi den stepmodel, som Bjørn og Østerlund (2014) bidrog med i deres teorigenerende studie, der dog er udviklet med afsæt i sundhedssektoren. En af forudsætningerne for at arbejde med Sociomateriel-design, er som beskrevet i teoriafsnittet, at praksisser er håndgribelige og observerbare. Vi er os bekendt, de første til at overføre modellen til en byggekontekst, hvilket vi gjorde, fordi vi vurderede og argumenterede for, at den præmis i høj grad gjorde sig gældende, for særligt den udførende del af byggeriet.

I rapportens indledende afsnit skitserede vi rationalet bag vores valg af en praktisk ontologi, mens vi argumenterede for, hvordan en udbredelse af robotteknologier til byggepladsen, bør have afsæt i en praksisforståelse; for at komme den herskende teknologideterminisme til livs. Vi mener derfor at et afgørende succeskriterie for, at robotautomatisering kan afhjælpe de problemstillinger vi har skitseret, skal forbindes med praktikerne på gulvet. Med andre ord bør design og implementering af automatiseringsteknologier i byggeriet tildeles et større fremtidigt fokus på, hvordan teknologiudviklerne inddrager de forskellige sociale aktøgrupper, som skal anvende teknologien, i udviklingsprocessen.

I forhold til at kunne belyse, hvordan implementering og brugen af Amigo ændre praksis, samt hvordan brugen påvirker og informerer udvikling og design af Amigo, mener vi, at vi med succes har formået at overføre og afdække, hvordan Amigo har ændret praksis, igennem anvendelse af stepmodellen. Vi har unægtelig formået at identificere lokalt situerede bindinger, i praktikernes sociomaterielle praksis, som ellers tages for givet. Dette er qua vores teori afgørende for at informere design.

Med afsæt i problemformuleringens under spørgsmål, har vi igennem anden delanalyse, trukket tråde til de politiske rationaler vi skitserede i indledningen. Dermed inddrages det der ligger uden for lokal praksis, har indflydelse på den sociomaterielle-praksis; såsom lovgivning, reguleringer og økonomisk støtte der er med til at drive den teknologiske udvikling.

Hvor Bjørn og Østerlund (2014), med afsæt i deres analyse, bringer praktikerne sammen i forhold til det designmæssige, har vi dog ikke formået dette. Det har dog heller aldrig været hensigten med dette speciale, grundet projektets tidsramme. På den korte tid vi har behandlet emnet, har vi allerede formået at observere og redegøre for en udviklingsproces, der indebærer tre forskellige praksisser. Dette falder i tråd med teorien og den praktiske ontologi der understreger, at man opererer med et øjebliksbillede af det studerede fænomen. Havde vi hypotetisk fulgt samme fænomen over en længere periode, ville der formegentlig være flere af disse udviklingsmæssige ændringer, som derved kunne give et mere nuanceret og repræsentativt billede af robotteknologiske udviklinger. Her er det vigtigt at understrege, som indledningsvist beskrevet, at vi ikke har undersøgt et Black Boxet fænomen, men derimod et fænomen under udvikling. Her er det altså kun tiden der kan vise, om Amigo bliver stabil og derved Black Boxet, eller om den opløses.

For at danne sig et fyldestgørende overblik, bør man følge det studerede fænomen i en længere periode end projektets tidsramme har tilladt, for netop at kunne følge hvordan praksis ændrer form over tid og sted. Hvor Bjørn og Østerlunds (2014) bidrag er empirisk baseret på årelange etnografiske studier, strækker vores feltarbejde sig over mindre end to måneder. Et fyldestgørende overblik over, hvordan man reelt kan informere design, vil altså kræve et længere og mere dybdegående studie. Vi har dermed ikke færdiggjort vores studie, men blot afsluttet det, med en detaljeret analyse af, hvordan den sociomaterielle praksis i dette øjebliksbillede har taget form. Næste skridt ville være at samle op på det analyserede og facilitere en række workshops, for derefter at observere og analysere udfaldet heraf. Vi mener samtidig at have erfaret, at et videre studie vil kræve en fortsat vekselvirkning mellem analyse og observation. På trods af dette, har vi alligevel formået at identificere en række problematikker. Vi vil derfor i det følgende redegøre for et forsigtige bud på, hvordan vi ville facilitere en eventuel videreudvikling af Amigo; igennem workshops. Dette vil vi skitsere med et bud på, hvordan nogle af de prominente og sammenhængende bindinger, kan informere designmæssig optimering, som følge af vores studie.

5.1. Workshops

Bjørn og Østerlund (2014) redegjorde i deres bidrag for, hvordan de faciliterede workshops, hvor praktikere og udviklere i fællesskab drøftede eksisterende praksisser samt løsningsforslag med bud på, hvordan nye erstattende artefakter kan forbedre den eksisterende praksis. Workshops skal

altså ikke sammenlignes med traditionel brugerinddragelse, hvor man inddrager synspunkter udefra. Dette element i sociomateriel-design, skal ses i lyset af teoriens bidrag fra sociomaterialitet, hvor særligt Wanda Orlikowski, der sammen med Susan V. Scott i bl.a. *Sociomateriality: Challenging the Separation of Technology, Work and Organization*, i en gennemgang af forskningsstrømme understreger, at man igennem separation mister overblikket over relationerne; som er afgørende for praksis (Orlikowski & Scott, 2008). Indenfor sociomateriel-design, bevæger man sig udover separationen der opnås igennem inddragelse ved, at praktikerne i stedet samarbejder. Det er altså ikke nok at praktikernes synspunkter inddrages. Teknologiudviklerne bør derfor anskue praktikerne som aktive medspillere i det sociomaterielle netværk, som former udviklingen.

5.1.1 Alternativ bestilling- og afhentningspraksis

Med afsæt i den sociomaterielle praksis og de bindinger vi identificerede i vores analyse, er her vores forsigtige bud på, hvordan man ved at fremhæve nogle af de væsentligste bindinger, kan omtænkte design såvel som praksis. En første workshop kunne have udgangspunkt i følgende punkter, som vi har vurderet, kræver yderligere fokus i fremtiden:

- Eliminering af papirlapper med skæringsordre og derved bunkens betydning for praksis.
- Eliminering af Amigo operatørens transport af plader, ved at tømrerne selv indtaster og afhenter.
- Udvidelse af køen, som kun tillader 10 ordre, for at understøtte ovenstående.

Bestilling af en skåret plade foregår som beskrevet igennem en **[papirlap-med-skæringsordre]**. Dette hænger sammen med, at det udelukkende er Amigo operatøren der indtaster og igangsætter skæringen. Her identificerede vi nogle problematikker, såsom køens begrænsninger på 10 skæringer. Flere ordre betyder, at der opstår en **[bunke-af-papirlapper-med-skæringsordre]**. Samtidig er årsagen til, at Amigo operatøren i dag transporterer pladerne, at montage tømrerne ikke ved, hvornår deres plade er klar til afhentning. Fulgte man tråden, som en af tømrerne foreslog, med at Amigo tillod flere smartphoneenheder, og derved flere operatører, kunne man øjensynligt eliminere behovet for papirlapper. I samme strøg, kunne den bestillende tømrer, modtage en notifikation når hans skårede plade stod klar til afhentning; hvilket altså ville aflaste Amigo operatøren. Nutidige begrænsninger i køen vil resultere i, at denne samtidig må udvides,

da der vil opstå markant flere ordre kontinuerligt; da Amigo operatøren i så fald, ikke længere skal facilitere denne bestillingsordrepraksis.

Med afsæt i ovenstående, bør det understreges, at udfaldet altid vil afhænge af den enkelte lokalt situerede praksis, og samtidig kræve den fornævnte vekselvirkning mellem praksis og design. Men ville en sådan ændring overhovedet være muligt softwaremæssigt? Ville en sådan ændring, accepteres af praktikerne; altså at alle tømmerne nu var ansvarlige for egen bestilling og afhentning? Dette er værd at undersøge, på samme måde som udfaldet af det tænkte scenarie, hvis teknologien blev tilpasset problematikkerne. Umiddelbart kan det tænkes at Amigo operatørens rolle som koordinerende katalysator ville reduceres til "blot", at tilføre plader samt organisere de skårede plader; såvel som resterne. Sidstnævnte er i øvrigt relevant at undersøge i forhold til de bæredygtighedsfremmende aspekter, som en reduktion af spild og stigning i genbrug kunne medføre.

5.2 Vekselvirkningens betydning for Sociomateriel-design

Vores studie har som bekendt understreget, hvordan Sociomateriel-design kræver en løbende vekselvirkning mellem observation og analyse. Undervejs i vores analyse har vi derfor pointeret en række elementer, som vi mener bør have et større fokus for eftertiden. Vigtigheden i opfølgende interviews og observationer ville særligt gøre sig gældende, i tilfælde af et tænkt scenarie, som ovenstående workshop fandt sted. Samtidig har behovet for opfølgende interviews og byggepladsbesøg understreget, hvordan vi løbende har skrevet os til en dybere erkendelse, af det fænomen vi har undersøgt. Fremfor at påpege og understrege samtlige optimeringsforslag vi har identificeret, vil vi i stedet afslutte dette afsnit, med afsæt i et af vores opfølgende interviews med Chief Product Developer, Kristian Dalgaard fra Kobots A/S. Dette har nemlig omhandlet nogle af de udviklingstiltag som Kobots har i støbeskeen i forhold til videreudviklingen af Amigo; som primært har afsæt i LightHouse projektet i Aarhus. Trækvognen vi behandlede i vores analyse, som Amigo operatøren bl.a. anvender til opbevaring af skårede restplader, er nemlig en del af et udviklingsspor, der skal understøtte Amigo når det kommer til netop spildoptimering.

Vi blev jo sådan ret tidligt i processen opmærksomme på, at vi skulle have en eller anden måde, hvor vi kunne markere på plader. For ligesom at skrive hvad er det her for en rest, eller give den en kode. Det var egentlig det vi

troede var løsningen fra starten af; men det øger kompleksiteten hvis du skal begynde at printe med Amigo. Så det er faktisk det vi prøver at kigge lidt på, hvordan de (Hustømmerne) gør det. Det er også dem der er med i det her projekt, hvor vi prøver at teste nogle ting af med dem. Så det er f.eks. at kunne lave en vogn, hvor der er forskellige banke, hvor man kan magasinere de her plader med rester. Det fungerer jo egentlig meget godt for dem, det vi så finder ud af, er om det fungerer andre steder også.

(Dalgaard, Chief Product Officer, Kobots A/S, 2021, bilag 03 s. 27)

Projektet omkring spildoptimering, hvor Amigo genkender og anbefaler reststykker, som så bliver kodet og placeret i en trækvogn, er netop blevet finansieret med eksterne midler, hvor et "Proof of Concept" skal leveres allerede juni 2022. På nuværende tidspunkt er idéen at mindske kompleksiteten forbundet med pladekodningen ved, at det er Amigo operatøren, der med sin blyant manuelt skal kode de enkelte plader. Derudover fortæller udsagnet noget om, hvordan Kobots igennem brugerinddragelse, søger at fastholde praksisforståelse. Her mener vi, at man igennem yderligere forskning med en sociomateriel-design tilgang, kan skabe større sammenhænge, ved netop at anskue hele den sociomaterielle praksis der udfoldes.

Man kan sige, at vi i kraft af mere tid eller anden prioritering af ressourcer, ville kunne have indgået i en sådan udvikling. F.eks. med bidrag til, hvordan man kan omfavne de førnævnte elementer i workshopen. Fremfor at fastholde et fokus på blot trækvognen, mener vi altså, at de behandlede elementer, såsom papirlap-praksissen og kø begrænsningerne, med fordel kunne indgå i denne sammenhæng. Dette særligt fordi, at arbejdsbyrden i den nuværende praksis må antages at blive forøget ved, at Amigo operatøren derved også skal forholde sig til at kode restplader. I det tænkte scenarie vi udfoldede, som et alternativ til bestilling- og afleveringspraksissen, frigøres meget af den tid der går på transport, hvilket kan understøtte den nye sociomaterielle praksis der opstår, som følge af det spildreducerende tiltag Kobots har i støbeskeen.

6. Konklusion

Med afsæt i sociomateriel-design, har vi i denne rapport formidlet vores undersøgelse af, hvordan forskellige aktørgrupper kan informere design og udvikling af robotteknologien Amigo. I den forbindelse har vi redegjort for, at den danske byggesektor er et stærkt politiseret felt der indgår som et strategisk element i en digitaliserings-og automatiseringsdagsorden. Her har vi fremhævet et paradoks i de byggepolitiske strategier der viser, hvordan visionen om at hæve byggeriets produktivitet igennem teknologisk innovation, imidlertid ikke er indfriet. I forsøget på, at rationalisere byggeriets processer igennem digitalisering, er der skabt en kompleksitet med den modsatte effekt. Vi mener, at dette i høj grad kan tildeles en udbredt teknologideterminisme i de byggepolitiske strategier, såvel som hos teknologiudviklerne. Hvis den negative kurve skal vendes, mener vi, at design og implementering af teknologier i byggeriet, bør have afsæt i de sociale sammenhænge og praksisser, som teknologien skal understøtte eller erstatte.

For at konkretisere det øvre rationale omhandlende øget produktivitet og et bedre fysisk arbejdsmiljø, har vi i et samfundsperspektiv redegjort for nødvendigheden heraf. Med afsæt i vores empiri, har vi i denne forbindelse belyst, hvordan Amigo indtil nu, har bidraget til øget produktivitet samt et bedre fysisk arbejdsmiljø. I Velux/Kobots-eksperimentet blev arbejdstiden reduceret med omkring 45 procent- ved brug af Amigo. Da eksperimentet indgik som et forsøg under kontrollerede forhold, skal resultatet tages med et vidst forbehold, da det ikke uden videre kan overføres til en autentisk situation. Tidsbesparelsen ved selve skæringsprocessen blev dog veldokumenteret i forsøget, og kan dermed ikke anfægtes. På LightHouse-projektet har tømrersjakket indtil nu opnået en tidsbesparelse på op mod 66 procent for en etage- ved brug af Amigo. Hvad angår de observerede situerede praksisser, kan det dermed konkluderes, at brugen af Amigo har bidraget til en markant øget produktivitet. Resultatet kan dog ikke generaliseres, da vores undersøgelse har vist, at Amigos procesoptimerende effekt i høj grad afhænger af, hvordan den indtænkes og koordineres i processen. Her fremgår det tydeligt, hvordan planlægningen og koordineringen i sjakket er stærkt centreret omkring Amigos funktion.

Med en undersøgelsesperiode der strækker sig over blot to mdr., har vi identificeret en udviklingsproces på LightHouse-projektet der omfatter tre forskellige gipsmontage-praksisser. Disse praksisser har vi identificeret som (1) *den traditionelle praksis- uden brug af Amigo* (2) *den første Amigo-praksis, der var stærkt præget af den traditionelle metode*, og (3) *den nuværende Amigo-praksis*. En række eksperimenterende tiltag i sjakket, har resulteret i, at perioden fra den første Amigo-praksis til den nuværende, har reduceret arbejdstiden for en etage med yderligere én arbejdsdag. Dette understreger, at planlægning har en afgørende rolle for Amigos procesoptimerende effekt.

Hvad angår det fysiske arbejdsmiljø kan vi ligeledes konkludere, at Amigo-praksissen har reduceret de belastende arbejdsstillinger og vrid, som var forbundet med den traditionelle praksis. Særligt på projekt LightHouse, hvor en elektronisk paralleløfter indgår i konstitutionen af artefakter der udgør Amigo-praksissen, var det ergonomiske arbejdsmiljø forbedret markant.

Amigo har ligeledes reduceret de støvgener, der var forbundet med den traditionelle praksis. Dette kan vi konkludere dels ud fra vores egne erfaringer vedr. en traditionel gipsmontage praksis sammenholdt med vores observationer på hhv. LightHouse og Velux/Kobots-eksperimentet. Her var det tydeligt at luften var mere ren for støv ved Amigo-praksissen end ved den traditionelle. Tømrersjakket oplyste hertil, at den reducerede støvgene kunne mærkes fysisk i form af et bedre helbred ligesom der var mindre rengøring forbundet med Amigo-praksissen.

Støjgenen omkring Amigo er derimod højere end hvad grænseværdien tillader. Vores undersøgelser viser, at Amigo operatøren udsættes for en konstant støjbelastning svarende til 99 dB(A), hvor grænseværdien er på 85 dB(A). Dette betyder, at Amigo operatøren er nødsaget til at bære høreværn det meste af en arbejdsdag. Dette nedsætter den verbale kommunikationsevne i sjakket, hvilket har indflydelse på, hvordan praksis tager form. Hvor støjgenen ved den traditionelle praksis, var spredt ud over hele etagen, er den ved den nuværende Amigo-praksis dog afgrænset til et hjørne på etagen. Her aftager støjgenen til under grænseværdien, uden for en radius af 20 meter fra skærestationen. I praksis betyder dette, at det primært er Amigo operatøren der udsættes for sundhedsskadelig støj i sjakket; i modsætning til den traditionelle praksis, hvor støjen var spredt til gene for hele sjakket. Samlet set kan vi konkludere, at Amigo har bidraget til

et bedre fysikarbejds miljø i de observerede situerede praksisser. Igen skal det understreges, effekten i høj grad afhænger af, hvordan Amigo kordineres i sjakket.

Vores teoretiske tilgang er som beskrevet, baseret på Bjørn og Østerlunds teorigenerende studie (2014), udviklet med afsæt i sundhedssektoren; som vi har overført til en dansk bygge kontekst. Hvor Bjørn og Østerlund fokuserede på praksisser, forud for implementeringen af en teknologi, har vi gjort det modsatte. Vores fokus har derfor været rettet mod den praksis, som ved implementeringen af Amigo blev ændret, såvel som de ændringer implementeringen har fordret.

Ved empirisk såvel som analytisk at følge forskellige konstellationer mellem artefakter, lokation og bevægelsesmønstre har vi afgrænset det rum, hvor de sociomaterielle praksisser finder sted. Med et intenst fokus på praktikernes aktiviteter, inden for disse tre analytiske domæner, har vi identificeret, hvordan praktikerne kombinerer forskellige artefakter, som led i deres praksis.

I rapporten har vi valgt at fremhæve de mest prominente konstellationer, som vi mener kan informere til fremtidig design. Vi kan derfor konkludere, at disse konstellationer, med afsæt i praktikernes tavse viden der ofte tages for givet, har understreget, hvordan de kan informere design. Ydermere har vi erfaret, at et fyldestgørende studie kræver en større grad af vekselvirkning mellem feltarbejde og analyse. Modsat Bjørn og Østerlund, har vi inden for projektets tidsramme, ikke bidraget med vores erhvervede viden til praktikere og udviklere, som det kræves for at muliggøre reelt design.

Vi har dog påvist, at den teoretiske tilgang er konverterbar til den danske byggebranche, og at designoptimeringstiltag synliggøres igennem brugen. Vi opfordrer derfor kraftigt til videre studier af, hvordan praktikere i særligt den udførende del af byggebranchen, kan informere design og videreudvikling af teknologier ved brug af en sociomateriel-design tilgang.

Referencer

- AE. (2021). *Ubalancer på arbejdsmarkedet: Danmark mangler 99.000 faglærte i 2030*. Arbejderbevægelsens Erhvervsråd.
- Anlægsteknikforeningen i Danmark. (2008). *Anlægsteknik 3. Økonomi i bygge- og anlægsvirksomheder*. Polyteknisk Forlag.
- Arbejdstilsynet. (Besøgt d. 02. januar 2001). *AT-vejledning - A.1.4: Rengøring og vedligeholdelse*. København Ø: Arbejdstilsynet. Hentet fra Arbejdstilsynets hjemmeside: <https://at.dk/regler/at-vejledninger/rengoering-vedligeholdelse-a-1-4/>
- Arbejdstilsynet. (2002). *At-VEJLEDNING, D.3.2: Ensidigt, belastende arbejde og ensidigt, gentaget arbejde*. København Ø: Arbejdstilsynet.
- Arbejdstilsynet. (Besøgt d. 23. december 2021). *AT-vejledning - D.6.1-5: Støj*. Hentet fra Arbejdstilsynets hjemmeside: <https://at.dk/regler/at-vejledninger/stoej-d-6-1/>
- BAR. (2008). *Branchevejledning om "Støj og Hånd/Arm vibrationer - håndværktøj og maskiner"*. København NV: BrancheArbejdsmiljørådet for Bygge & Anlæg.
- Beskæftigelsesministeriet. (2020). *Ny ret til tidlig pension - værdig tilbagetrækning for alle*. København K: Beskæftigelsesministeriet.
- Beskæftigelsesministeriet. (Besøgt d. 15. 11 2021). *Ny pulje giver 105 mio. kroner til at forebygge nedslidning i små virksomheder*. Hentet fra Beskæftigelsesministeriet's hjemmeside.
- Bjørn, P., & Østerlund, C. (2014). *Sociomaterial-Design: Bounding Technologies in Practice*. Computer Supported Cooperative Work, Springer London, Cambridge, UK.
- Bolig- og Byministeriet. (1998). *Byggepolitisk Handlingsplan '98*. København: Bolig- og Byministeriet.
- Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg. (Besøgt d. 27. december 2021). *Vejledning i arbejdsmiljø: Løft og arbejdsstillinger*. Hentet fra BFA Bygge & Anlægs Hjemmeside: <https://bfa-ba.dk/loeft-og-arbejdsstillinger/>

- Brinkmann, S., & Tanggaard, L. (2015). Kvalitative metoder, tilgange og perspektiver: En introduktion. I S. Brinkmann, & L. Tanggaard, *Kvalitative Metoder: En grundbog*, 2. Udgave (s. 13-20). Hans Reitzels Forlag.
- Buhl, H., Andersen, M., & Harty, J. (2020). Construction Industry 4.0: Entangling colliding practices. In: Scott, L and Neilson, C J (Eds) *Proceedings of the 36th Annual ARCOM Conference, 7-8 September 2020, UK, Association of Researchers in Construction Management*, s. 386-395.
- Byggefakta, B. (2021). *Bygherrebarometer- Analyse af udvikling og trends i byggebranchen 2021 og 2022*. Bygherreforeningen Byggefakta.
- COWI. (2017). *Øje på arbejdsmiljøet, november 2017: Kemisk arbejdsmiljø i Danmark - Overblik*. København S: Landsorganisationen i Danmark.
- Danmarks Statistik. (Besøgt d. 02. 11 2021). *UDDAKT35: Uddannelsesaktivitet på erhvervsfaglige uddannelser efter uddannelse, alder, herkomst, national oprindelse, køn, status og uddannelsesform*. Hentet fra Danmarks Statistik's hjemmeside: Statistikbanken.dk/UDDAKT35
- Danmarks Statistik. (Besøgt d. 05. januar 2022). *Beskæftigede ved bygge og anlæg efter branche (DB07), art og sæsonkorrigering (2000K1-2021K3): Foreløb generel firmastatistik efter branche (DB07 10-grp), tid, firmastørrelse (fuldtidsansatte) og enhed*. Hentet fra Statistikbanken: <https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1707>
- Dansk Byggeri. (2006). *Hvorfor forlader de faglærte byggeriet*. Dansk Byggeri.
- Dansk Industri. (2018). *DI Analyse*. Dansk Industri.
- DI - Dansk Byggeri. (Besøgt d. 02. januar 2022). Mangel på unge til at tage over, når de ældre håndværkere går på pension. *Artikel hos Dansk Byggeri*. København V: Dansk Byggeri. Hentet fra <https://via.ritzau.dk/pressemeddelelse/mangel-pa-unge-til-at-tage-over-nar-de-aeldre-handvaerkere-gar-pa-pension?publisherId=12604233&releaseId=13587019>
- Erhvervs- og Boligstyrelsen. (2003). *Staten som bygherre : vækst og effektivisering i byggeriet*. København: Erhvervs- og Boligstyrelsen.

- Erhvervsministeriet. (2001). *Det digitale byggeri*. København: Erhvervsfremmestyrelsen.
- Fonden Teknologirådet. (2018). *Hvordan kan arbejdsmiljøet sikre flere gode år på arbejdsmarkedet?* Fonden Teknologirådet.
- Gad, C., Jensen, C. B., & Winthereik, B. R. (2018). Praktisk Ontologi: Verdener i STS og antropologi. *Tidsskriftet Antropologi*.
- Hastrup, K. (2015). Feltarbejde. I S. Brinkmann, & L. Tanggaard, *Kvalitative Metoder: En grundbog, 2. Udgave* (s. 55-80). Hans Reitzels Forlag.
- InnoByg. (2019). *Build 4.0 - Værdiskabelse med nye teknologier*. InnoByg.
- Innovationsfonden. (2018). *Industri 4.0 - Investeringsstrategi for innovationsfonden 2017-2018*. Innovationsfonden.
- Jensen, C. B. (2015). STS. I S. Brinkmann, & L. Tanggaard, *Kvalitative Metoder: En grundbog, 2. Udgave* (s. 409-422). Hans Reitzels Forlag.
- Jensen, C. B. (2020). STS. I S. Brinkmann, & L. Tanggaard, *Kvalitative Metoder: En grundbog, 3. Udgave* (s. 515 - 532). Hans Reitzels Forlag.
- Jensen, C. B., & Gad, C. (2012). Praksismagi? Praksis som tidens løsen og problem i videnskabs- og teknologistudier. *Slagmark - Tidsskrift for idéhistorie*, s. 61-76.
- Jensen, C. B., Lauritsen, P., & Olesen, F. (2007). *Introduktion til STS : Science, technology, society*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Kobots A/S. (2021). Amigo 912 datablad. Odense S: Kobots A/S.
- Kobots ApS. (Besøgt d. 1. 11 2021). *Kobots: Produkt*. Hentet fra Kobots: <https://kobots.dk/da/product/>
- Mikkelsen, H., Beim, A., Hvam, L., & Tølle, M. (2005). *Systemleverancer i byggeriet - en udredning til arbejdsbrug*. Kongens Lyngby: Institut for Produktion og Ledelse, DTU.
- Murerfirmaet NKM ApS. (Besøgt d. 10. 12 2021). *Nyt Badeværelse*. Hentet fra Murerfirmaet NKM ApS hjemmeside: <https://murerfirmaet.dk/nyt-badevaerelse/>

- Orlikowski, W., & Scott, S. (2008). Sociomateriality: Challenging the Separation of Technology, Work and Organization. *The Academy of Management Annals*, s. 433-473.
- Realdania. (Besøgt d. 27. 11 2021). *Det digitale byggeri*. Hentet fra Realdania:
<https://realdania.dk/projekter/det-digitale-byggeri>
- Schwab, K. (2016). *Den fjerde industrielle revolution*. Cologny, Schweiz: World Economic Forum.
- Szulevicz, T. (2015). Deltagerobservation. I S. Brinkmann, & L. Tanggaard, *Kvalitative Metoder: En grundbog, 2. Udgave* (s. 81-95). Hans Reitzels Forlag.
- Tanggaard, L., & Brinkmann, S. (2015). Interviewet: Samtalen som forskningsmetode. I S. Brinkmann, & L. Tanggaard, *Kvalitative Metoder: En grundbog, 2. Udgave* (s. 29 - 54). Hans Reitzel Forlag.
- Teknologisk Institut (A). (Besøgt d. 22. 11 2021). *Industri 4.0*. Hentet fra Teknologisk Institut's hjemmeside: <https://www.teknologisk.dk/ydelser/industri-4-0/39584>
- Teknologisk Institut (B). (Besøgt d. 23. 11 2021). *Build 4.0 - digitalisering og implementering af ny teknologi*. Hentet fra Teknologisk Institut's hjemmeside:
<https://www.teknologisk.dk/ydelser/build-4-0-digitalisering-og-implementering-af-ny-teknologi/39607>
- Teknologisk Institut. (2018). *Build 4.0 giver nye muligheder i byggeriet*. Taastrup: Teknologisk Institut.
- Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. (2019). *Strategi for digitalt byggeri*. København: Transport-, Bygnings- og Boligministeriet.
- Uddannelses- og Forskningsministeriet. (Besøgt d. 30. 11 2021). *Bred aftale om forskning sætter kurs mod et grønnere, sundere og teknologisk stærkere Danmark*. Hentet fra Uddannelses- og Forskningsministeriet's hjemmeside:
<https://ufm.dk/aktuelt/pressemeddelelser/2021/bred-aftale-om-forskning-saetter-kurs-mod-et-gronnere-sundere-og-teknologisk-staerkere-danmark>
- Uddannelses- og Forskningsministeriet. (Besøgt d. 24. 11 2021). *Dansk Byggeri - Værdiskabelse i byggeriet gennem industrialisering 4.0. Forslag til Forskningstemaer - FORSK2025*. Hentet

fra Uddannelses- og Forskningsministeriet: <https://ufm.dk/forskning-og-innovation/forsk2025/indkomne-indspil/organisationer/dansk-byggeri/vaerdiskabelse-i-byggeriet-gennem-industrialisering-4-0.pdf>

Aalborg Universitet. (2017). Studieordning for kandidatuddannelsen (Cand. Tech.) i Ledelse og Informatik i Byggeriet, version 2. København.

Aalborg Universitet. (2021). Ledelse of Informatik i Byggeriet (LIB) Kandidatuddannelse i København. *PowerPoint omkring uddannelsen. Offentliggjort via. Moodle*
https://www.moodle.aau.dk/pluginfile.php/2162303/mod_resource/content/1/lib%209%20intro%202021.pdf.

Figur liste

Dette kapitel indeholder rapportens figurer, angivet kronologisk efter deres introduktion i teksten.

Disse bilag er angivet efter filnavn, og at finde i vedhæftede .zip mappe ved at følge stien:

-> Martin_Meersohn_Nicolai_Hammild_20220107_Bilag -> 2. Figurer -> Filnavn

- Figur 01:** Fig_01_Amigo912_Amigo925_Kobots.png (Kilde: Kobots A/S)
- Figur 02:** Fig_02_Tidslinje.png
- Figur 03:** Fig_03_Aktørgruppeoversigt.png
- Figur 04:** Fig_04_LH_A_L0_H01_N11_101_Fyrtårn_11_etage.pdf (Kilde: Hustømrerne A/S)
- Figur 05:** Fig_05_Artefakter.png
- Figur 06:** Fig_06_Skærestationer.png
- Figur 07:** Fig_07_Flytning_af_amigo.png
- Figur 08:** Fig_08_Transportkasse.jpeg
- Figur 09:** Fig_09_Bagvæg.jpg
- Figur 10:** Fig_10_Skæring_med_amigo.png
- Figur 11:** Fig_11_Velux_smig_i_lysning.png
- Figur 12:** Fig_12_Velux_opstilling.png
- Figur 13:** Fig_13_Velux_tavle.jpg
- Figur 14:** Fig_14_Pensionsalder_Fonden_Teknologirådet.png (Kilde: Fonden Teknologirådet)
- Figur 15:** Fig_15_Støjgrænse_værdier.png (Kilde: Arbejdstilsynet)
- Figur 16:** Fig_16_BAR_Tabel_med_Pointsystem.png (Kilde: Branche Arbejdsmiljø Rådet)
- Figur 17:** Fig_17_BAR_daglig_støjbelastning.png (Kilde: Branche Arbejdsmiljø Rådet)
- Figur 18:** Fig_18_BAR_Belastning_hos_faggrupper.png (Kilde: Branche Arbejdsmiljø Rådet)
- Figur 19:** Fig_19_Vinkelsliberens_Belastning.png (Kilde: Branche Arbejdsmiljø Rådet)

Bilagsliste

Dette kapitel indeholder rapportens bilag, angivet kronologisk efter deres introduktion i teksten.

Disse bilag er angivet efter filnavn, og at finde i vedhæftede .zip mappe ved at følge stien:

-> Martin_Meersohn_Nicolai_Hammild_20220107_Bilag -> 1. Bilag -> Filnavn

- Bilag 01:** Bilag_01_Per_Kristensen_10dec21.pdf
- Bilag 02:** Bilag_02_Peter_Hartvigsen_02sep21.pdf
- Bilag 03:** Bilag_03_Kristian_Dalgaard_17maj21_rev_03jan22.pdf
- Bilag 04:** Bilag_04_Claus_Møller_25maj21.pdf
- Bilag 05:** Bilag_05_Plantegning_11_etage_Lighthouse.pdf
- Bilag 06:** Bilag_06_Tidsplan_Lighthouse.pdf
- Bilag 07:** Bilag_07_Morten_Kjær_24nov21_rev_03jan22.pdf
- Bilag 08:** Bilag_08_Jacob_Byriel_12nov21.pdf
- Bilag 09:** Bilag_09_Jonas_Engel_11nov21.pdf
- Bilag 10:** Bilag_10_Bent_Knoth_Jensen_11nov21.pdf
- Bilag 11:** Bilag_11_Bjørk_Fredslund_Andersen_12nov21.pdf
- Bilag 12:** Bilag_12_Feltnoter_Velux_10nov21.pdf
- Bilag 13:** Bilag_13_Thomas_Stenbakken_14dec21.pdf
- Bilag 14:** Bilag_14_Flytning_af_Amigo.mov
- Bilag 15:** Bilag_15_Skæring_Med_Amigo.mov