

Analyse af el-installationsvirksomheders kompetencebehov i relation til opgaver i industrien

-
Rapport



shutterstock.com · 1015116082

Udført af Svend Jensen, ERA – Erhvervspædagogisk Rådgivning ApS for EVU
august 2021

Indholdsfortegnelse

Indledning.....	3
Metodeovervejelser.....	3
1.del: El-branchens ydelser til industrien	5
1 Udviklingen i ydelser til industrien	5
1.1 Kategorier af installationsvirksomheder	6
1.2 Partnerskaber med kunderne	8
1.2.1 Synliggørelse af værdiskabelsen	9
1.3 Specialisering i installationsvirksomhederne.....	10
1.4 Potentiale i små og mellemstore industrivirksomheder	12
1.5 Bæredygtighed som voksende forretningsområde.....	13
1.6 Bæredygtighed i installationsvirksomhederne	14
1.7 Udviklingen i elektrikernes kompetenceprofil	15
1.7.1 Inspiration fra maskinmesteruddannelsen	18
1.8 Sammenfatning	18
2.del: Udviklingen i industrien	20
1 Fra industri 3.0 til 4.0	20
1.1 Automatisering under industri 3.0	21
1.2 Betydningen for industrielektrikeres uddannelse	25
2 Automatiserede produktioner efter industri 4.0	26
2.1 Digitale tvillinger og virtual reality	27
2.2 Augmented Reality og Mixed Reality	28
2.3 Dataopsamling - Big Data	29
2.4 IT-sikkerhed	31
3 Øvrige industrielle automationsteknologier	32
3.1 Robotter	32
3.2 Vision	35
3.3 Procesviden	37
4 Sammenfatning 2. Del	38
4.1 Kompetencebehov hos industrielektrikere	39
3.del: Virksomhedernes vurderinger af uddannelsen	40
1 Uddannelsens opbygning	40
1.1 Specialisering kontra bredde	42
1.2 Det industrirettede indhold	43
1.3 Sammenfatning om virksomhedernes vurderinger.....	44
2 Efteruddannelse	45
2.1 Virksomhedernes anvendelse af AMU-kurser.....	46
2.2 Udækkede efteruddannelsesbehov i virksomhederne	47
4.del: Udviklingsperspektiver og anbefalinger	48
1 Industrielektriker	48
1.1 Industrikompetencer på elektrikeruddannelsen	48
1.2 Systemviden om industriel automation.....	49
1.3 Viden om industrielle processer	51
1.4 Specifikke tekniske kompetencer	51
1.5 Bæredygtighed og energioptimering	52
1.6 Kundeservice og rådgivning	52
2 Læringsmiljøer i industriel automation.....	53
3 Udviklingsperspektiver – efteruddannelse i AMU	54

Indledning

Formålet med dette analysearbejde er at undersøge el-branchens kompetencebehov hos elektrikere i relation til installationsvirksomhedernes udførelse af arbejdsopgaver for industrien og udviklingen heri.

Hvis el-installationsbranchen i de kommende år skal kunne dække industriens stigende behov for ydelser og leverancer af avancerede teknologiske løsninger, så er det vigtigt, at elektrikernes kompetencer kan leve op til denne udvikling. Her spiller efteruddannelse i AMU en vigtig rolle. Den stigende automatisering og digitalisering af industriel produktion går meget hurtigt især i større virksomheder. Nye teknologier implementeres under betegnelsen industri 4.0 samtidig med, at ældre teknologier ikke uden videre udfases. Komplexiteten stiger derfor betydeligt i elektrikernes arbejdsopgaver, og derudover påvirkes arbejdsdelingen mellem elektrikere og andre faggrupper i installationsvirksomhederne herunder personer med videregående uddannelser. Denne situation gør det nødvendigt at gennemføre en analyse, der både anvender et virksomheds- og brancheperspektiv samt et perspektiv, der kan synliggøre de specifikke uddannelsesbehov, som udviklingen i arbejdsopgaverne skaber hos elektrikere.

Analysearbejdet er iværksat af Efteruddannelsesudvalget for Tekniske Installationer og Energi (ETIE) og udført af Svend Jensen ERA – Erhvervspædagogisk Rådgivning. I forbindelse med analysearbejdets gennemførelse er der nedsat en styregruppe bestående af underdirektør Tina Voldby, TEKNIQ Arbejdsgiverne – industrikonsulent Jens Jacob Haugaard, TEKNIQ Arbejdsgiverne – forbundssekretær Hanna Lindstrøm, Dansk El-forbund – chefkonsulent Pernille Meyn Miltner, EVU – chefkonsulent Jørgen Gorm Hansen og sekretariatschef Jesper Rønnow Simonsen, EVU.

Følgende virksomheder har deltaget i analysearbejdet:

CBRE Intego, Aalborg
AB Electric, Kolding
Kjærgaard, Løsning
Strøm Hansen, Aalborg
DI-Teknik, Køge

Mariendal El-teknik, Aalborg
Kemp & Lauritzen, Albertslund
Erik Lytzen, Hjørring
AB-ELCO, Ringsted

I forlængelse af analysearbejdet i ovenstående virksomheder har ERA gennemgået Elbranchens Efteruddannelse Årskatalog 2021, rapporter og publikationer fra TEKNIQ Arbejdsgiverne og Dansk El-forbund samt andre relevante rapporter og faglitteratur i forhold til udviklingen i el-installationsbranchen og i industrien. Derudover er uddannelsesbekendtgørelsen og uddannelsesordningen for elektrikeruddannelsen gennemgået samt FKB 2851 "Elektrisk automation på maskiner og anlæg" og FKB 2866 "Vedvarende energi- og forsyningsanlæg" begge med tilknyttede AMU-kurser.

Metodeovervejelser

I den første fase er der gennemført en desk research, hvor rapporter, publikationer, hjemmesider, jobannoncer m.m. er gennemgået. Der har været et særligt fokus på udredning af teknologier og teknologiudvikling inden for el-installationsvirksomheders arbejdsfelter i industrien særligt med henblik på udviklingen

frem mod Industri 4.0 og digitalisering af fremstillingsprocesser herunder også IT-sikkerhed. Der er i udgangspunktet valgt et bredt perspektiv på industrien, som inddrager procesindustri, fødevarerindustri, jern- og metalindustri m.fl. Fokus har ligget på den fremtidige udvikling i disse virksomheder set i lyset af el-branchens ydelser og leverancer. Virksomhedspopulationen er sammensat i samarbejde med styregruppen og dækker et repræsentativt udsnit af el-installationsvirksomheder, der udfører arbejdsopgaver bredt i industrien.

I fase 2 er der gennemført besøg og interviews i 9 installationsvirksomheder, der i et betydeligt omfang udfører arbejdsopgaver i industrivirksomheder. Virksomhedsinterviewene er gennemført som kvalitative interviews på baggrund af en spørgeramme og optaget på en digitalrecorder. Efter en indledende telefonsamtale og bekræftende mail vælger virksomhederne de personer, der skal interviewes.

Generelt var det intentionen at interviewe en leder, der kan udtale sig om de strategiske perspektiver for virksomhedens udvikling i forhold til ydelser til industrien og dernæst at interviewe en elektriker, som kan varetage et stærkere fagligt fokus på elektrikers specifikke arbejdsopgaver og uddannelsesbehov. Det viste sig imidlertid, at i langt de fleste tilfælde var den pågældende ledelsesperson også elektriker og typisk stod for uddannelse og rekruttering af elektriker og andre tekniske medarbejdere. Der er derfor en stærk kobling mellem virksomhedernes ydelser og strategiske overvejelser i analysearbejdet samt de kompetencebehov, installationsvirksomhederne har i forhold til deres industrielektrikere. Begrebet industrielektriker anvendes generelt som en professionsbetegnelse i rapporten – ikke som en betegnelse af en uddannelse. Virksomhederne bruger denne betegnelse i det daglige og i deres stillingsannoncer.

Formålet med at afdække installationsvirksomhedernes strategiske overvejelser med hensyn til bl.a. at komme højere op i værdikæden i deres ydelser til industrien, handler alene om de uddannelsesmæssige konsekvenser. Dette fremgår også af analysearbejdets formål i indledningen. Det er altså ikke tanken, at dette analysearbejde skal kunne give anbefalinger til installationsvirksomhederne i forhold til deres ydelser til industrien.

Rapporten er bygget op i fire dele med henblik på at gøre læsningen mere fremkommelig. De enkelte dele kan læses hver for sig. Rapportens 2. del er indholdsmæssigt ganske teknisk, men søgt skrevet i en form, så teksten kan læses uden faglige forudsætninger. Intentionen med dette er at levere nogle virksomhedsnære holdepunkter i en efterfølgende uddannelsesudvikling på målniveauet i fag og moduler. Samtidig skal denne del også give et overblik over den komplekse teknologiudvikling, som finder sted industrien, og som installationsvirksomhederne og elektrikerne står overfor.

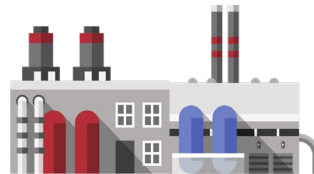
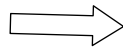
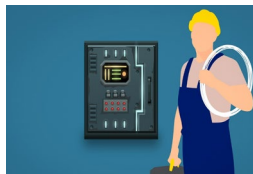
1. del: El-branchens ydelser til industrien

I denne del af rapporten behandles en række udviklingstræk og dynamikker i el-installationsvirksomhedernes ydelser til industrien set i lyset af ledelsens strategiske overvejelser og vurderinger. I disse overvejelser indgår kompetencebehov og uddannelse med ganske stor vægt. Rekruttering og uddannelse af medarbejder vurderes af ledelsen til at være meget afgørende for installationsvirksomhedernes muligheder for vækst og udvikling i fremtiden. Første del afsluttes med en model, der viser industrielektrikerens overordnede kompetenceprofil, sådan som den kommer til udtryk i interviewene i installationsvirksomhederne.

1 Udviklingen i ydelser til industrien

Fokus i analysearbejdet ligger som nævnt på el-branchens ydelser og opgaver, der udføres i industrivirksomheder. Det viste sig dog under virksomhedsbesøgene, at de kompetencer, som el-installationsvirksomhederne udfolder i deres samarbejde med industrivirksomhederne, også anvendes bredere. Med andre ord skal industrielle ydelser forstås ganske bredt og dækker også ydelser i relation til forsyningsområdet, trafikstyring, tunneller mv. Komplexiteten heri er meget høj og dækker over adskillige fagområder og uddannelsesniveauer i de besøgte virksomheder.

Nedenstående model giver indledningsvist et overblik over installationsvirksomhedernes ydelsesområder generelt og de industrielle aktivitetsområder, som ydelserne retter sig imod.



Installationsvirksomhedernes ydelser

- Projektering, projektledelse og engineering af nye anlæg/automatiske anlæg og ombygning af eksisterende.
- Udførelse af en meget bred vifte af industrielle installationer herunder installation og opbygning af tavler, automatiske maskiner og anlæg mv.
- Industriel service, energioptimering, reparation, vedligehold og optimering på industrielle installationer, maskiner og anlæg/automatiske anlæg

Industrielle aktivitetsområder

- Industrielle produktionsanlæg og industrielle processer i alle grene af industrien og beslægtede områder fx forsyningsanlæg.
- Kvalitet – kvalitetskontrol
- Produktivitet
- Optimering af ressourceforbrug/minimering af spild
- Energoptimering
- Reduktion af CO2 udledning

Dataopsamling
-
Big Data
-
Industri 4.0

Det gælder for samtlige af de besøgte installationsvirksomheder, at de i de kommende år ønsker at fokusere endnu stærkere på industrien i deres leverancer af el-tekniske ydelser. Følgende citat beskriver ganske dækkende de strategiske overvejelser, der gøres herom, i virksomhedernes ledelse.

Citat: "Vi sidder faktisk lige nu på bestyrelsesniveau og arbejder med den kommende strategi. En stor del af den strategi kommer til at handle om at flytte vores fokus fra de traditionelle byggerier og mere over på industrien. Når jeg siger, at vi er meget i industrien, så har vi stadig nogle afdelinger, hvor vi laver traditionelle byggerier. Vi vil helt klart fokusere mere på den industrielle verden i de kommende år. Vi vil bevæge os væk fra det konjunkturafhængige byggeri. Vi skal ind i nogle brancher, hvor det giver mere mening for os."

Det gælder dog ikke for alle besøgte virksomheder, at et øget fokus på ydelser til industrien vil betyde et mindre engagement i byggeprojekter, som citatet henviser til. Nogle vil fastholde en relativ stor bredde på tværs af byggeri og industri i fremtiden og satser på at kunne udvikle en stærk industriafdeling inden for rammen af den pågældende virksomheds samlede ydelsesprofil.

1.1 Kategorier af installationsvirksomheder

På baggrund af besøgene i installationsvirksomhederne kan man opstille en analysemodel med to kategorier, der giver et overordnet billede af progressionen i virksomhedernes udvikling i forhold til deres ydelser til industrien. En udvikling fra kategori 1 til kategori 2 betyder generelt, at installationsvirksomhederne bevæger sig højere op i værdikæden inden for ydelser til industrien.

Kategori 1	Kategori 2
<ul style="list-style-type: none"> Leverer ofte dele af en samlet løsning og enkeltstående ydelser af moderat kompleksitet. Ingen eller få partnerskaber med kunderne. Stor bredde og lav specialiseringsgrad i ydelserne til industrien. Moderat vidensindhold og proceskendskab i ydelserne. Få ansatte med en teknisk videregående uddannelse. Tilkaldeservice er typisk. 	<ul style="list-style-type: none"> Leverer typisk samlede løsninger (Turn Key) af høj kompleksitet. Installationsvirksomhedens ydelser leveres i overvejende grad inden for rammen af partnerskaber. Høj specialiseringsgrad i forhold til industrigrene fx procesindustri eller fødevarerindustri. Højt vidensindhold i ydelserne og et omfattende proceskendskab Høj andel af ansatte med teknisk videregående uddannelse fx maskinmestre, automations-teknologer, ingeniører mv. En væsentlig del af serviceaktiviteterne er omfattet af servicekontrakter.

Stærke kompetencer inden for installationsfaglige opgaver i industrien

Når en el-installationsvirksomhed bevæger sig op i værdikæden handler det generelt om at skabe en større værdi for kunden igennem de ydelser installationsvirksomheden leverer. Levering af samlede løsninger af en høj kompleksitet repræsenterer en større værdi for kunden end dele af en løsning. På samme måde skaber partnerskaber en større værdi end løsere relationer mellem kunden og installationsvirksomhederne. Tilsvarende vil en specialisering inden for kundens branche/delbranche også tilføre mere værdi.

Installationsvirksomhederne er blandt andet karakteriseret ved, at de både leverer service, projektering og opbygning af industrielle produktionsanlæg. Bevægelsen opad i værdikæden fra kategori 1 til 2 omfatter derfor både serviceydelser, projektering og opbygning af anlæg i et komplekst og produktivt samspil¹. Værdien af installationsvirksomhedens serviceydelser, fx rådgivning, energioptimering mv, stiger betydeligt, når denne udføres i et samspil med hele anlægs-løsninger og bygger på et indgående proceskendskab inden for kundens branche.

Analysemodellen indgår i flere af analysearbejdets vurderinger længere fremme i rapporten. Man skal dog ikke opfatte analysemodellen for firkantet og se den som en vej til at kategorisere installationsvirksomhederne entydigt. Nogle virksomheder kan befinde sig i begge kategorier afhængig af synsvinkel. Der kan fx være virksomheder i kategori 1, som har en høj grad af specialisering inden for et område, de er stærke i, hvor denne specialisering endnu ikke er omsat i langvarige kunderelationer. Der ligger heller ikke i modellen en fordring om, at alle installationsvirksomheder bør satse på at blive en kategori 2 virksomhed. Det fremgår imidlertid af interviewene, at installationsvirksomheder, der i overvejende grad eller på nogle områder befinder sig i kategori 1, har en ambition om at bevæge sig videre til kategori 2 ved fx at kunne levere samlede løsninger og etablere langvarige relationer og stabile partnerskaber med kunderne.

De virksomheder, som befinder sig i kategori 2, arbejder generelt på at videreudvikle deres styrkepositioner, hvilket blandt andet sker igennem ansættelse af flere medarbejdere med en videregående teknisk uddannelse. Kategori 2-virksomhederne kommer dermed til at ligne de ingeniørvirksomheder inden for industriel automation, som de i stigende grad konkurrerer med. Nogle af de besøgte installationsvirksomheder arbejder sammen med ingeniørvirksomheder (maskinbyggere) i et partnerskabslignende forhold og indgår ad denne vej i udvikling af nye industrielle anlæg. Denne type partnerskaber bidrager til at udvikle og specialisere installationsvirksomhedernes procesviden på bestemte industrielle områder.

Et gennemgående træk ved interviewene med ledelsen i installationsvirksomhederne er den stærke betoning af kompetencerne inden for installationsfaglige opgaver i industrien. For begge kategorier af virksomheder udgør de installationsfaglige kompetencer grundlaget for at kunne levere ydelser til industrien generelt. Det at kunne installere og opbygge et industrianlæg fra grunden med hovedtavle, fordelingstavler, styringstavler, produktionsanlæg inkl. PLC- og

¹ Den klassiske værdikæde udviklet af Michael Porter fokuserer på produktionsvirksomheder og kritiseres ofte for at være utilstrækkelig i forbindelse med service. Derfor er der udviklet en serviceværdikæde i forlængelse af Porters klassiske værdikæde. Begge modeller er nødvendige for at analysere en installationsvirksomheds komplekse værdikæde.

SCADA-programmering mv. er afgørende for at kunne levere samlede løsninger med efterfølgende servicekontrakter og etablering af partnerskaber. Den medarbejdergruppe, der i særlig grad er bærere af installationsvirksomhedernes installationsfaglige kompetencer, er industrielektrikerne – altså en elektriker med en stærk industrifaglig profil. I virksomheder under kategori 2 med en høj andel af medarbejdere med videregående uddannelser udgør industrielektrikere stadig ca. halvdelen af medarbejderstaben. Der er ikke noget, der tyder på, at denne andel vil ændre sig væsentligt i de kommende år.

1.2 Partnerskaber med kunderne

Installationsvirksomheder i begge kategorier arbejder som nævnt vedvarende på at opbygge og fastholde langvarige relationer til kunderne, og flere ledere nævner begrebet partnerskab i denne forbindelse. Partnerskaber har konsekvenser for begge parter, og her fremhæver lederne betydningen af en gensidig udvikling. Dette betyder, at man skal være selektiv i forhold til de opgaver, man tager ind.

Citat: "Det er vigtigt som virksomhed at vælge fra. Vi skal bruge ressourcerne inden for de områder, vi kan videreudvikle os på. Vi vil gerne være der, hvor der er nogle maskiner og noget grej og dygtiggøre os den vej rundt. Hvis man hele tiden stræber efter at være billigst, så kan du ikke drive forretning. Hvis du hele tiden skal være billigst for at kunne være med, så skal du finde noget andet at arbejde med."

I forhold til partnerskaber fremhæver lederne meget ofte betydningen af kompetenceopbygning. Installationsvirksomhedens udvikling forbindes i høj grad med en progressiv udvikling af kompetencer, sådan at installationsvirksomheden kan løse mere og mere komplekse opgaver for industrivirksomhederne. Dette betyder, at man skal sikre sig opgaver, der gør det muligt, at de kompetencer, man har i forvejen, kan komme i spil, og at man også bliver stillet overfor nye udfordringer, man kan lære af.

Et led i den progressive kompetenceopbygning er at kunne løse flere sammenhængende opgaver fx fra industrielle installationsopgaver over komplekse automationsløsninger til CE-mærkning af automatiske anlæg.

Citat: "I forhold til industrien er vores ønskescenarie en turnkey-løsning, hvor de kompetencer, vi har, kan komme i spil. Det kan fx være en pakkelinje eller noget standardiseret, som vi køber og opliner for kunden. Det kan være mellem-bånd, der skal bindes sammen med resten af produktionsanlægget. Det kan der være en del mekanisk i – helt sikkert noget elektrisk og også noget automation. Så når vi kigger på sådan en linjestyring, så skal den jo også CE-mærkes - så det bagvedliggende tekniske dossier – det laver vi også. Hvis vi kan vælge, så vil vi lave totalløsninger."

Over tid udvikler partnerskaber en form for social kapital mellem installationsvirksomhederne og deres partnere i industrien. Social kapital omtales ofte som den usynlige værdi i stærke indre samarbejdsrelationer, men begrebet rækker videre end dette. For den franske sociolog Pierre Bourdieu, der er ophavsmand til begrebet, udgør social kapital den værdi, man blandt andet har i kraft af sit sociale netværk. For Bourdieu er det helt central at social kapital netop er en

kapitalform, hvilket betyder, at den kan "veksles" til penge. Social kapital kan investeres og omdannes til økonomisk kapital og omvendt. Det sker imidlertid ikke uden videre, og det kan være svært at gennemskue sammenhænge.

Kun en enkelt af de interviewede ledere har anvendt begrebet social kapital. Til gengæld er der flere, der nævner, hvor vanskeligt det er at synliggøre værdiskabelsen i partnerskabet med industrivirksomhederne. Altså hvordan den sociale kapital, som partnerskabet udvikler, bliver vekslet til en synlig økonomisk værdi for kunden.

Et andet aspekt af partnerskaber er, at mellemstore og store industrivirksomheder typisk har mange partnerskabsrelaterede forhold til deres leverandører. I takt med at industrivirksomhederne har behov for mere specialiserede ydelser på et højt niveau, får de mange partnere. Partnerskaber er dermed mere og mere at betragte som netværk. Dette kan man også se i installationsvirksomhedernes ydelser. En installationsvirksomhed kan fx indgå i en alliance med en maskinbygger i forbindelse med en leverance af et større industri anlæg til en kunde inden for fiskeindustrien. I den samme leverance kan der være andre specialister involveret fx robotintegratorer, visionspecialister m.m. Partnerskaber vil derfor i fremtiden skulle ses som vigtige knudepunkter i et netværk af relationer frem for to-sidede relationer. Partnerskaber handler i denne forståelse om at opnå en relationel styrke i et netværk af specialiserede virksomheder.

1.2.1 Synliggørelse af værdiskabelsen

Flere ledere fortæller, at man igennem adskillige år kan have opbygget et solidt partnerskab med en industrivirksomhed, hvorefter partnerskabet bliver udfordret af, at indkøbsafdelingen pludselig bliver optaget af, hvad de får for pengene. De egentlige partnere er produktionen, og her er man mere bevidst om, hvad partnerskabet betyder, men da der i den sociale kapital, der er opbygget, ligger meget tavs viden, så kan produktionen ikke formidle det særligt klart til indkøbsafdelingen. Installationsvirksomhederne er typisk heller ikke så gode til at formidle sin egen værdiskabelse hen over årene, hvilket også er svært at gøre på bagkant. Som det næste citat lader ane, så er der en del frustrationer omkring denne problemstilling i installationsvirksomhederne.

Citat: "Det vi møder i indkøb, det er "hvad koster en elektriker i timen". Det er en endeløs diskussion at have kørende. Hvad skal han lave? Hvad skal han kunne? Skal han have et svendebrev? Vi skal ud af den diskussion –Vi har et andet omkostningsniveau end installatøren henne om hjørnet, og her skal vi kunne synliggøre vores værdiskabelse. Det er her den reelle konkurrenceparameter ligger. Vi har ikke fundet nøglen til det endnu. Det er mere kompliceret end som så at synliggøre sin værdiskabelse – hvad fx med de løbende forbedringer, vi laver i virksomheden? Det er nøglen til at differentiere sig fra mængden, fordi vi arbejder med partnerskaber. Vores business er at kunden får en succes."

Som det næste citat viser, er der også en teknisk side af at kunne synliggøre værdiskabelsen.

Citat: "Vi har været på en virksomhed i 9 år, hvor det hele hang i laser til at begynde med. På et tidspunkt spurgte kunden, hvorfor er det, at jeg skal blive ved med at handle med jer. Vi har ofte vores kunder i lang tid, og hvordan er det så,

vi synliggør vores værdiskabelse. Her mangler vi værktøjet til at eftervise det fx noget opetidsværktøj af en eller anden slags. Der hvor vi gerne vil hen, når vi fx har lavet en totalløsning, er at synliggøre værdiskabelsen for kunden.”

Synliggørelse af værdiskabelse bygger dermed på to temmeligt forskellige indsatser: En formidlingsindsats over for kunden i bred forstand og dermed ikke kun i forhold til de direkte samarbejdspartnere i produktionen. Derudover en teknisk indsats hvor man i forbindelse med fx salg og installation af dataopsamlingsløsninger også medtænker en dokumentation af installationsvirksomhedens værdiskabelse i industrivirksomheden. Det er samtidig vigtigt, at synliggørelse af værdiskabelsen ikke kun ses som en ledelsesopgave. Medarbejderne i installationsvirksomhederne skal kunne se deres arbejde i denne optik herunder også elektrikerne.

1.3 Specialisering i installationsvirksomhederne

Hvis installationsvirksomhederne skal kunne levere ydelser til alle former for industrivirksomheder, kræver det en meget stor spændvidde i kompetencerne, som kan være svært at rumme i en mindre/mellemstor installationsvirksomhed. Derfor ser man i lighed med ingeniørvirksomhederne/automationshusene inden for industriel automation, at installationsvirksomhederne under kategori 2 specialiserer sig inden for bestemte industrigrene. Det kan fx handle om, at man fortrinsvis leverer ydelser til procesindustrielle virksomheder eller er særligt fokuseret på fødevarerindustrier. Nogle af installationsvirksomhederne går desuden helt uden om robotter, hvor andre specialiserer sig i den retning. Samtidig kan man typisk både varetage projektering, tavlebygning, installation, idriftsætning og efterfølgende service inden for de områder, man har valgt at beskæftige sig med.

Et væsentligt problem ved en for stor bredde er etablering og fastholdelse af stærke faglige miljøer i virksomhederne.

Citat: ”Ja, vi bliver mere og mere specialiseret som virksomhed. En af vores udfordringer er, at vi er megabrede. Vi arbejder med alt fra fiber til højspænding, og alt hvad du kan putte ind imellem der. En af vores udfordringer i forhold til uddannelse er, at når vi har sådan nogle dygtige specialister fx i Wi-Fi og it-sikkerhed. Hvordan sikrer vi os et fagligt miljø omkring dem, fordi vi kun har to i virksomheden? Det er hele tiden udfordringen, når vi er så brede. Hvis vi valgte noget fra, så kunne vi bedre få nogle faglige miljøer med et stort udviklingspotentiale. Bredden er helt sikkert en stor udfordring, som ikke bliver nemmere i fremtiden.”

Flere interviewpersoner nævner, at de kan have svært ved at fastholde dygtige specialister ret længe. I løbet af et 1-2 år rejser de igen, fordi det er vanskeligt at holde dem udfordret på et niveau, hvor de selv oplever, at de udvikler sig fagligt. Nogle forsøger at løse problemet med oprettelse af faglige teams i virksomheden, som i nogle tilfælde kan være koblet til de ydelser, man leverer til industrien, og i andre tilfælde vælger man at fokusere på intern kompetenceudvikling.

Set i lyset af udviklingen i kategori 2 virksomhederne er specialisering en betingelse for at kunne rykke op i værdikæden for automationsydelser til industrien. Dette sætter også aftryk i, hvad disse installationsvirksomheder forventer sig af deres medarbejdere i de kommende år. Der bliver et stigende behov for medarbejdere med en videregående uddannelse fx ingeniører, maskinmestre og automationsteknologer helst med faglært baggrund. Denne udvikling vil imidlertid ikke nedsætte behovet for det, man typisk kalder industriellelektrikere.

Citat: *"Betyder specialiseringen, at elektrikerne er ved at blive udkonkurreret af folk med videregående uddannelse? Nej, det synes jeg ikke, de er. Vi skal have flere folk med videregående uddannelser i fremtiden, men jeg kan ikke se, at vi får mindre behov for elektrikerne. Det er jo elektrikerne, der i praksis installerer og monterer det, vi laver, og det er ganske krævende i sig selv. Så kan det godt være, at der kommer en med mere uddannelse og sætter det i drift. Industrielektrikere er der så desværre ikke ret mange af. Det er virkelig en mangel. Almindelige elektrikerne kan vi ikke bruge."*

Som det ses af citatet, berører den stigende specialisering og flere ansatte med videregående uddannelse ikke elektrikerne negativt. Tværtimod er der en meget stor mangel på elektrikerne med en industriel profil – også i kategori 2 virksomhederne – og derfor har installationsvirksomheder generelt rigtig mange lærlinge set i forhold til virksomhedernes størrelse. Rekrutteringen af elektrikerne varetages i høj grad igennem at uddanne dem selv.

Kompetenceglidning

Installationsvirksomhedernes tilbøjelighed til en stærkere specialisering i bestræbelsen på at rykke højere op i værdikæden kan også ses som en kompetenceglidning over mod ingeniørvirksomhederne inden for industriel automation. Man imødekommer i stigende grad mere avancerede og specialiserede kundebestanden i industrivirksomhederne, hvilket giver anledning til ansættelse af en relativ stor andel af medarbejdere med en videregående uddannelse herunder også ingeniører. Denne udvikling vil fortsætte i de kommende år.

På denne måde kommer installationsvirksomhederne mere og mere til at ligne de ingeniørvirksomheder, som de i stigende grad konkurrerer med, og her er der virkelig store og stærke spillere i markedet.

Et eksempel: I en virksomhed som Frontmatec, der opererer i det samme marked som de mest avancerede installationsvirksomheder, har man 1400 medarbejdere, der fortrinsvis har en videregående uddannelse.

Mange af de ingeniørvirksomheder, som løser specialiserede opgaver inden for industriel automation, er lige så store som installationsvirksomhederne fx Au2mate i Silkeborg, der er stærkt specialiseret inden for mejeriautomation.

I interviewene er det imidlertid tydeligt, at installationsvirksomhederne ser en strategisk styrke i at fastholde og udvikle stærke installationskompetencer som grundlag for at kunne levere hele og avancerede løsninger med efterfølgende servicekontrakter. Uddannelsen af elektrikerne med en stærk industriel profil er grundlaget for at gøre dette til virkelighed.

Citat: *"Vi kan udskifte en transformerstation (10 kV), hvis du har sådan en. Så kan vi regne på din maksimalafbryder – hvordan den skal koble. Vi kan dimensionere din stikledning. Vi har eget tavleværksted, vi kan skrue din tavle sammen, vi kan lave dokumentation, vi kan lave alt omkring det – vi kan lave styretavler."*

PLC-løsninger, SCADA. Vi kan også kable det helt ud til motoren eller maskinen.”

Denne virksomhed befinder sig i kategori 2 og har en større automationsafdeling med automationsteknologer, ingeniører, maskinmestre og installatører, der udfører avancerede opgaver inden for industriel automation. Alligevel er betoningen af de installationsfaglige kompetencer stærk. De installationsfaglige kompetencer er en måde at differentiere sig på set i forhold til ingeniørvirksomhederne. Fastholdelsen af de installationsfaglige kompetencer skal ikke ses som udtryk for en manglende specialisering i installationsvirksomhederne. Specialiseringen i installationsvirksomhederne kommer til udtryk igennem de kundetyper/industriene man vælger at levere ydelser til. Dermed vil der også i de kommende år ske en øget differentiering i denne del af installationsbranchen.

1.4 Potentiale i små og mellemstore industrivirksomheder

Bag de strategiske overvejelser om, hvilke ydelser installationsvirksomhederne vælger at levere til industrivirksomhederne, ligger der en række betragtninger om progressionen i den teknologiske udvikling i industrien. Spørgsmålet om, hvor kundens industrivirksomhed befinder sig teknologisk set, er tæt forbundet med de ydelser, der er relevante at tilbyde. Her optræder små og nogle mellemstore lavteknologiske industrivirksomheder, som et potentielt indsatsområde. Nogle installationsvirksomheder vælger at gå aktivt ind i dette felt, hvor andre er mere tilbageholdende.

Citat: ”Vi ser de små og mellemstore virksomheder som et indsatsområde. Vi har faktisk ansat en person til at gøre en indsats overfor det, vi kalder mellemkunder. Det er virksomheder op til omkring 50 ansatte, som ikke har en intern kapacitet i forhold til automation, og de aner ikke, hvad de skal gøre og gribe i. De er rigtig dygtige til deres fagområde. Det er en bevidst strategi, vi har truffet for et år siden.”

Den pågældende installationsvirksomhed har den erfaring, at det er meget vigtigt at ramme det teknologiske niveau, hvor kunden befinder sig, og bidrage til industrivirksomhedens udvikling derfra. Det kræver, at man sætter sig grundigt ind i processerne i kundens virksomhed og afvejer kompleksiteten i ydelserne til det, kunden kan overskue og håndtere i hverdagen. Som det nævnes i et interview, så handler det ofte om at reducere bøvelen og derigennem synliggøre en umiddelbar værdiskabelse af installationsvirksomhedens indsats. Denne tilgang kræver en hel del af installationsvirksomhederne, men giver også erfaringsmæssigt gode forretningsmuligheder.

En del af de besøgte installationsvirksomheder inden for kategori 2 fravælger dog mere eller mindre eksplicit at være proaktive i forhold til SMVer, de ikke har som kunder i forvejen.

Citat: ”Vi har haft nok at rive i, så det har ikke været nødvendigt at arbejde sig ud i et nyt område. Vi er allerede ganske brede i procesindustrien. Vi går lige fra mælk til gas. Så har vi også et stort ben, der hedder renseanlæg, spildevand og rent vand. Det er jo et kæmpeområde. De kunder, vi arbejder for, går vi efter at

servicere efterfølgende. Vi udvælger vores kunder, som passer ind i det, vi er gode til. Vi byder ikke bare på alt.”

Flere nævner at de ikke kan tage nye opgaver ind fra industrien i noget væsentligt omfang. I et af interviewene fortælles det, at man i de sidste 4 år kun i et meget begrænset omfang har taget nye kunder ind. De lange relationer til eksisterende kunder betyder, at det man kalder grundforretningen, fylder det meste. Man er derfor forsigtig med at engagere sig i større opgaver derudover. En væsentlig årsag til dette er, at man ikke kan skaffe automationsfolk herunder industrielektrikere.

Der er imidlertid ingen tvivl om, at der for installationsvirksomhederne er et stort og uopdyrket forretningsområde inden for automation i små og mellemstore industrivirksomheder. Ingeniørforeningen IDA har gennemført en analyse i efteråret 2020, der fokuserer på, hvor langt danske industrivirksomheder er med industri 4.0². Analysen giver et godt indtryk af de muligheder, som installationsvirksomhederne kan udnytte.

Industrivirksomhederne kan i gennemsnit øge produktiviteten med 28 pct., hvis de gennemfører alle de automatiseringer i virksomheden, der er økonomisk rentable med en tilbagebetalingstid på under 2 år. Det svarer til et automatiseringspotentiale i industrien på 86 mia. kroner.

1.5 Bæredygtighed som voksende forretningsområde

Alle besøgte installationsvirksomheder overvejer, hvordan bæredygtighed kan være en del af ydelserne til industrien, men der er et stykke vej endnu. Industrivirksomhedernes efterspørgsel efter ydelser inden for energioptimering og bæredygtighed er stadig beskeden.

Citat: ”Energioptimering og bæredygtighed er ikke noget, vi har nogen videre efterspørgsel på. Der kommer mere omkring bæredygtighed, men det er stadig i sin vorden. Folk reagerer ikke før, de har behovet. Reduktion af energiforbrug i industrien igennem nye automationsløsninger – det har vi arbejdet med i mange år, men det er ikke bæredygtighed og energioptimering, der er i fokus. Det er mere appetiten, industrivirksomhederne går op i. Om løsningen bruger mere eller mindre energi, det spiller nærmest ingen rolle.”

Der er stor forskel på de strategiske overvejelser vedrørende bæredygtighed i installationsvirksomhederne. De fleste forholder sig afventende og holder øje med industriens efterspørgsel på området. Enkelte er mere proaktive, hvilket især hænger sammen med ledelsens personlige engagement i bæredygtighed.

Citat: ”Vi vil gerne have den her bæredygtighedsprofil med ind i de ydelser, vi leverer til industrien – hvordan vi kan hjælpe vores kunder til at få et bedre CO2 regnskab. Vi skal have synliggjort CO2-gevinsten ved at automatisere, og hele tankegangen skal ændres til, at vi føler et ansvar for det, vi udleder. Bæredygtighed vil blive en god forretning, men det vil også være noget, vi skal gøre for vores samvittigheds skyld. Jeg tror det er meget vigtigt, at vi tager det hele

² IDA v. analysekonsulent Christian Severin Larsen: *Hvor langt er danske virksomheder med industri 4.0 – Undersøgelse af omfang, potentiale og barrierer for automatisering og digitalisering i danske industrivirksomheder*. Oktober 2020.

med. Vi skal også tænke i cirkulær økonomi. Hvad kan vi genbruge og reparere – det kommer til at betyde lige så meget som at flytte et emne fra A til B. Det hele skal bindes sammen gennem de løsninger, vi vælger at levere.”

Flere interviewpersoner fortæller, at der virkelig er mange penge at spare for industrivirksomhederne samtidig med, at man kan reducere CO2-udledningen. Især inden for trykluft er der et stort spild af energi. Mange anlæg bliver først serviceret, når de holder op med at fungere, og er derfor i lange perioder utætte. Også i forhold til industriens bygninger er der store CO2gevinster at hente.

Det er bemærkelsesværdigt, at installationsvirksomhederne i så høj grad forholder sig afventende i forhold til at konceptualisere og indbygge bæredygtighed i ydelserne til industrien. Store industrivirksomheder arbejder i dag meget målbevidst med at kunne dokumentere deres bæredygtighed fx igennem CO2-regnskaber. Bæredygtighed involverer hele værdikæden i disse virksomheder. Dette fører til, at de stiller krav om, at alle deres leverandører, herunder andre industrivirksomheder, tilsvarende skal kunne dokumentere deres bæredygtighed.

Kortlægning af værdikæden i forhold til bæredygtighed kan ses som en grøn digitalisering med en høj grad af dataudveksling mellem større virksomheder og deres leverandører. En virksomhed som Danfoss har mere end 3000 aktive leverandører, og en løbende pålidelig dokumentation af bæredygtighed må derfor foregå igennem digital dataopsamling - i hele produktets livscyklus. Her er der gode forretningsmuligheder for installationsvirksomhederne.

1.6 Bæredygtighed i installationsvirksomhederne

Der er ingen af de besøgte installationsvirksomheder, som er blevet stillet over for krav om at levere et CO2-regnskab endnu, men man forventer, at det vil ske inden længe. Flere nævner, at kommunerne snart vil begynde at kræve et CO2-regnskab i forhold til udbud. Også store virksomheder forventes snart at stille krav om CO2-regnskab fra deres leverandører. Her spiller installationsvirksomhedernes biler en stor rolle. Kemp & Lauritzen har fx 1500 biler kørende på de danske landeveje, og de udleder meget mere CO2 end alle Kemp & Lauritzens bygninger til sammen. En større reduktion af CO2 kan derfor blive ganske kostbar for mange installationsvirksomheder. Elbiler som varebiler i den tunge ende er ikke på markedet endnu, og alternative brændstoffer er meget dyre.

De installationsvirksomheder, der er proaktive med hensyn til bæredygtighed, arbejder også systematisk med det i forhold til eget CO2-aftryk.

Citat: ”På det strategiske niveau i virksomheden er vi begyndt at fokusere meget på bæredygtighed. Vi er begyndt at samle data ind fra vores leverandører og samarbejdspartnere i forhold til vores egen produktion eller drift. Hvad bliver vores CO2-aftryk. Vi bliver nødt til at have det synliggjort.

Nogle få interviewpersoner nævner, at man er begyndt at arbejde med scopes, som virksomhedens CO2-udledning deles op i. Disse scopes er helt fundamentale for den optik bæredygtighed ses i på virksomhedsplan.

Scope 1 er al direkte udledning fra virksomheden. Dvs. det udslip man selv forårsager igennem afbrænding af olie, gas og benzin til egen produktion og transport. Det indebærer også lækager på køle- og gasanlæg.

Scope 2 er indirekte udledning i form af indkøbt elektricitet, damp, varme eller køling til forbrug i virksomheden.

Scope 3 er alle andre indirekte udledninger. Dette kommer fra alle de kilder, som virksomheden ikke har kontrol over – altså alle indkøbte produkter og services. Dette kan være upstream-aktiviteter som materialeindkøb og alle aspekter relateret til fremstillingen af disse samt godstransport, forretningsrejser og medarbejdertransport. Af downstream-aktiviteter kan det være transporten til kunder og forarbejdning, brug eller videresalg af produkter samt vedligeholdelse og bortskaffelse af produktet.

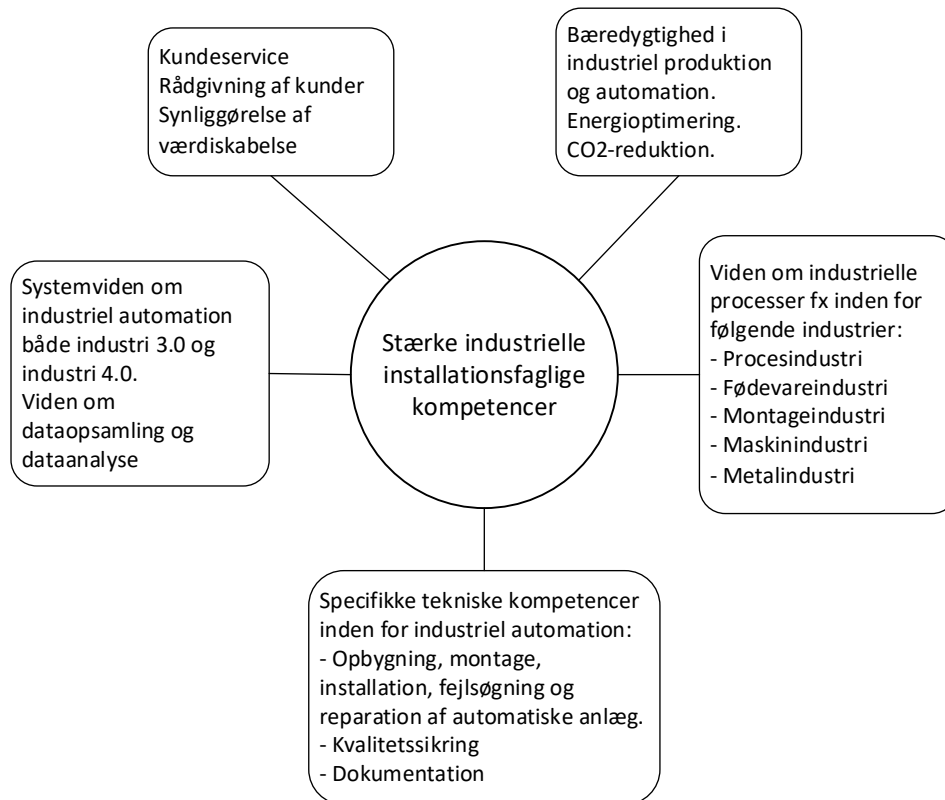
Det er ikke kun ledelsen i installationsvirksomhederne, der skal være fokuseret på bæredygtighed. Hele organisationen skal være engageret.

1.7 Udviklingen i elektrikernes kompetenceprofil

Udviklingen i installationsvirksomhederne og deres ydelser påvirker naturligvis også de kompetencebehov, virksomhederne har i forhold til elektrikere. Dette berører både industrielektrikerens overordnede kompetenceprofil og de mere specifikke teknologiske kompetencer. I dette kapitel skal udviklingen i den overordnede kompetenceprofil behandles, og senere i rapporten vil indholdet i de specifikke tekniske kompetencer blive udredt.

Interviewpersonerne udtrykker ud fra forskellige synsvinkler betydningen af, at industrielektrikere vedvarende udvikler stærke industrielle installationskompetencer. Disse kompetencer relaterer sig til en bred vifte af installationstekniske opgaver både i forhold til den elektriske installation, der forsyner produktionsanlægget, og elektriske installationer på maskiner, styreenheder mv. Der indgår en mængde faglig viden og manuelle faglige discipliner heri fx opbygning af særlige føringsveje i industrianlæg, tavlearbejde, fortrådning af frekvensomformere, PLC, følere, transmittere mv, - potentialeudligning i industrianlæg, dokumentation osv.

Disse kompetencer udgør fundamentet for en industrielektriker – et bærende element i kernekompetencen. Ingen andre uddannelser kan varetage dette kompetenceområde i sin helhed. Denne kernekompetence må imidlertid ikke ansues som noget isoleret og statisk, men som et sæt af kompetencer, der videreudvikles i takt med den teknologiske udvikling herunder industri 4.0. De stærke industrielle installationskompetencer skal derfor ses i sammenhæng med andre kompetenceområder, sådan som modellen på næste side viser.



Modellen kan ses som en skitsering af industriellelektrikerens overordnede kompetenceprofil, som den kommer til udtryk i interviewene i installationsvirksomhederne. Det handler ikke om, at de kompetencer, der befinder sig uden for cirklen, er mindre vigtige for industriellelektrikeren i det daglige arbejde end de industrielle installationsfaglige kompetencer. Men kompetencerne uden for cirklen er elektrikerens ikke ene om at udfolde. Disse kompetencer indgår på forskellige måder i flere uddannelser både erhvervsfaglige uddannelser og videregående uddannelser.

Specifikke tekniske kompetencer

Kompetenceområdet har fokus på industrielle anlæg generelt. Kompetencerne skal ses i forlængelse af de industrielle installationsfaglige kompetencer, og der vil i flere tilfælde være overlap. Reparation af automatiske anlæg vil ofte trække på stærke installationsfaglige kompetencer afhængig af det pågældende anlægs konstruktion. Både ved opbygning af nye anlæg og ombygning af eksisterende spiller kvalitetssikring og dokumentation en vigtig rolle.

Systemviden

I takt med, at maskiner, robotter og andre automatiske enheder kommunikerer med hinanden igennem forskellige former for netværk, bliver det gradvist umuligt at se isoleret på dele af et automatiseret produktionsanlæg. En komponent eller en maskine må altid ses som en del af et system. Derfor må industriellelektrikere være i besiddelse af en systemviden om industriel automation både i forhold til Industri 3.0 og Industri 4.0.

Dataopsamling og dataanalyse forudsætter også systemviden. I modsat fald er det umuligt at afgøre, hvad disse data repræsenterer og kan anvendes til.

Systemviden og dataopsamling bliver uddybet i rapportens 2. del.

Kundeservice og rådgivning af kunder

At være serviceminded i udførelsen af arbejdsopgaverne i industrien er en meget vigtig kompetence for industrielektrikere. Her spiller en professionel kommunikation en vigtig rolle – ikke mindst i forbindelse med rådgivning. En industrielektrikers rådgivning af kunder i industrien er en rådgivning af andre fagfolk fx operatører, driftsledere, tekniske ledere mv. Det er samtidig en rådgivning med afsæt i de konkrete opgaver, industrielektrikeren udfører og her fra spotter nye løsninger og problemstillinger. En vidensbetonet tilgang med afsæt i system- og procesviden er afgørende for at få succes i disse situationer, som følgende udsagn viser.

Citat: "Systemforståelsen, det er rigtig vigtigt. Det skal bidrage til, at man ser helheden også i forbindelse med løsning af en opgave ude hos kunden. Dette er grundlaget for at kunne rådgive kunden og se muligheder i at sælge nye løsninger."

Som et led i kundeservice og rådgivning skal elektrikerens desuden kunne bidrage til at synliggøre den værdiskabelse, som installationsvirksomhedens ydelser giver anledning til i industrivirksomhederne.

Bæredygtighed

Virksomhederne giver udtryk for, at installationsvirksomheder skal være mere opmærksomme på bæredygtighed, end det er tilfældet i dag. Flere interviewpersoner nævner, at elektrikerne skal have en grundlæggende viden om, hvordan man arbejder med bæredygtighed, og at virksomhederne skal have viden om, hvordan de via deres ydelser kan bidrage til en mere bæredygtig udvikling. Et skarpt blik for muligheder for reduktion af CO₂ er en vigtig del af dette kompetenceområde.

Industrielle processer

Betydningen af helhedsforståelse i form af procesforståelse kombineret med systemteknisk overblik nævnes gentagne gange i interviewene. Dette kan belyses ved følgende udsagn fra en af de besøgte virksomheder:

Citat: "Specifikt i forhold til vores ydelser til industrien så er vi meget optaget af at finde de rigtige personer. De skal have service i højsædet, og så skal de være helhedstænkende og have procesforståelse. Det er gennemgående for de folk, vi har ude i industrivirksomhederne. At de kan gennemskue processen. Hvis man skal finde en fejl, eller hvis man skal lave noget om for at gøre det smartere, så kræver det, at man kan gennemskue helheden i stedet for den enkelte dims. Proceskendskab – et produktionsteknisk overblik."

En praksisforankret viden om industrielle processer i de mest almindelige industrivirksomheder er et ganske omfattende kompetenceområde for elektrikerne. Processer i fødevarerindustrier varierer meget. Der er fx stor forskel på processerne i et slagteri og et mejeri. Det samme gælder inden for procesindustrien, som kan omfatte fremstilling af mineraluld (Rockwool) og fremstilling af fiskemel til foder under anvendelse af meget forskellige processer.

1.7.1 Inspiration fra maskinmesteruddannelsen

Installationsvirksomhederne ansætter flere og flere maskinmestre, og deres erfaringer med denne faggruppe er særdeles gode. Maskinmestrene fremhæves for deres systemtekniske overblik på tværs af el og mekanik samtidig med, at de også har en indgående procesviden. For installationsvirksomhederne er disse kompetencer afgørende for deres ydelser til industrivirksomheder. Derfor er man også tilbøjelig til at se industriellelektrikere i dette perspektiv.

Citat: "Jeg kunne godt se behovet for en lidt alternativ hybriduddannelse. Det er ikke alle elektrikerne, der har ambitionerne eller kompetencerne eller mulighederne for at læse til en maskinmester. Kunne man lave en light-model af en maskinmester, hvor man fik den her procesforståelse – det kunne afstedkomme nogle rigtig fede jobs. Der er altså lang vej, hvis du både skal have en håndværksmæssig uddannelse som elektriker og så derefter læse videre til maskinmester."

Sammenligningen med maskinmesteruddannelsen skal væsentligst ses som en forklaringsmodel eller et billede på den profil, som installationsvirksomhederne har behov for hos industriellelektrikere ud over de installationsfaglige kernekompetencer. Der ligger ikke i installationsvirksomhederne en opfordring til en kompetenceglidning mod videregående uddannelser. Installationsvirksomhedernes efterspørger dog en mere vidensbetonet tilgang til opgaverne, end man tidligere har forventet hos faglærte. Denne udvikling ses også inden for andre erhvervsuddannelser.

1.8 Sammenfatning

Det gælder for samtlige af de besøgte el-installationsvirksomheder, at de ønsker at fokusere stærkere på industrien i deres leverancer af el-tekniske ydelser, som samtidigt skal befinde sig højere i værdikæden i fremtiden. Installationsvirksomhederne stræber generelt efter at etablere langvarige relationer til deres kunder og derved etablere egentlige partnerskaber omkring hele løsninger, der også involverer efterfølgende service. En vigtig faktor i dette er, at installationsvirksomhederne kan synliggøre deres værdiskabelse i industrivirksomhederne.

Udviklingen i installationsvirksomhederne går mod en stærkere specialisering i deres ydelser til industrien. Dette er generelt en betingelse for at kunne rykke afgørende op i værdikæden. Konsekvenserne af denne udvikling er, at man i stigende grad ansætter medarbejdere med videregående tekniske uddannelser. Samtidig stilles der større krav til elektrikerens kompetencer, men udviklingen berører imidlertid ikke behovet for industriellelektrikere negativt.

Man kan i nogen grad se udviklingen i installationsvirksomhederne som en kompetenceglidning over mod ingeniørvirksomheder inden for industriel automation. Installationsvirksomhederne fastholder imidlertid stærke industrielle installationskompetencer som et særkende og differentierer sig på denne baggrund fra ingeniørvirksomhederne. Disse industrielle installationskompetencer forudsætter en stor andel af industriellelektrikere. Installationsvirksomhederne er derfor særdeles aktive i at sikre deres rekrutteringsmuligheder igennem at uddanne et stort antal elektrikerlærlinge.

Der er et stort uopdyrket indsatsområde inden for automation i små og mellemstore industrivirksomheder. Industrivirksomhederne kan i gennemsnit øge produktiviteten med 28 pct., hvis de gennemfører alle de automatiseringer i virksomheden, der er økonomisk rentable med en tilbagebetalingstid på under 2 år. Det svarer til et automatiseringspotentiale i industrien på 86 mia. kroner. Dette går nogle installationsvirksomheder aktivt ind i, hvor andre fravælger det med henvisning til manglende kapacitet. Mangel på kvalificerede medarbejdere, herunder industrielektrikere, er en del af årsagen.

Installationsvirksomhedernes oplever, at industrivirksomhedernes efterspørgsel efter ydelser inden for energioptimering og bæredygtighed stadig er beskeden, selvom tilbagebetalingstiden er kort. Især inden for trykluft er der store gevinster at hente. De fleste af de besøgte installationsvirksomheder forholdt sig dog afventende og holder øje med udviklingen. I forhold til bæredygtighed i installationsvirksomhederne er nogle begyndt at arbejde med CO₂-regnskaber. Man forventer inden længe at blive stillet over for krav om at kunne dokumentere sin egen CO₂-udledning. Det er dog bemærkelsesværdigt, at de fleste af de besøgte virksomheder forholder sig afventende i forhold til bæredygtighed. Ydelser i relation til bæredygtighed i industrien kan hurtigt blive et stort potentielt forretningsområde for installationsvirksomhederne.

Udviklingen i installationsvirksomhederne udfordrer industrielektrikerens overordnede kompetenceprofil især på to områder. Det ene område er systemviden om industriel automation, og det andet er viden om industrielle processer i forskellige industrigrene. Disse to vidensområder skal understøtte en helhedstænkende tilgang til opgaverne for industrielektrikere blandt andet i forhold til rådgivning af kunder. Flere nævner i denne forbindelse maskinmesteruddannelsen som inspiration for en videre udvikling af en elektrikeruddannelse med en endnu stærkere industriel profil.

2. del: Udviklingen i industrien

I denne del af rapporten skal udviklingen i industrien behandles set lyset af den systemviden om industriel automation, som installationsvirksomhederne efterspørger hos industrielektrikere jf. modellen på side 15. Der er tale om en udlægning, som også trækker på ERA's erfaringer fra udførelse af andre analyser inden for industriel automation. Bestræbelsen fokuserer på at give et indtryk af omfanget og karakteren af den efterspurgte systemviden uden at gå for meget i detaljer.

Det er også intentionen at bidrage til at give nogle holdepunkter i en efterfølgende uddannelsesudvikling både i forhold til elektrikeruddannelsens moduler og efteruddannelse. På nogle udvalgte områder bliver nogle teknologier behandlet dybere, end en systemviden normalt vil tilsige, men dette er begrundet i, at industri 4.0 også er karakteriseret ved bestemte nye teknologiers ankomst i industriel automation fx digitale tvillinger som den mest definerende teknologi for industri 4.0.

Kapitlernes omfang og indhold afspejler de udfordringer og den kompleksitet, der ligger i at videreudvikle en elektrikeruddannelse og efteruddannelse med en fremtidsrettet, stærk industrifaglig profil. Dette er en ganske kompliceret opgave, der momentvis kan virke uoverskuelig. Teknologiuudviklingen stiller elektrikerne overfor krav om at følge med i en stadig stigende mængde af nye teknologier under Industri 4.0 samtidig med, at der går lang tid inden de gamle teknologier forsvinder. I denne situation bliver uddannelsesudviklingen udfordret af, at "djævelen ofte ligger i detaljen". Stoftrængsel er et stigende problem i alle uddannelser, der har industriel automation som genstandsområde. Hvad skal med og hvad skal ikke med? Hvor dybt skal man i de forskellige teknologier? Velovervejede og skarpe faglige prioriteringen bliver vigtige sammenholdt med pædagogiske og didaktiske overvejelser, der sigter imod at udnytte de givne rammer optimalt ved at sikre progression i uddannelsen og opnå et maksimalt læringsudbytte.

1 Fra Industri 3.0 til Industri 4.0

Hvis man skal opnå et godt overblik over en industriel produktion og automatisering, så er det en god ide at starte med de karakteristiske træk ved Industri 3.0, som jo handler om den klassiske automatisering, og dernæst sætte sig ind i, hvad der karakteriserer Industri 4.0. Hvis man er skarp på disse forskelle, bliver man mindre forvirret over den "rodebutik" af praktiske automationsløsninger, som af gode grunde findes i stort set alle industrivirksomheder.

Det er jo ikke sådan, at en industrivirksomhed på én gang overgår til at blive en Industri 4.0 virksomhed. Dette sker gradvis, hvor gamle automationsløsninger evt. modificeres og fungerer sammen med de sidste nye teknologier. Den praktiske og ofte uoverskuelig virkelighed gør det endnu mere vigtigt at kunne se systemiske og principielle forskelle i automationsløsningernes opbygning. Her kan en klar skelnen mellem Industri 3.0 løsninger og Industri 4.0 være en hjælp.

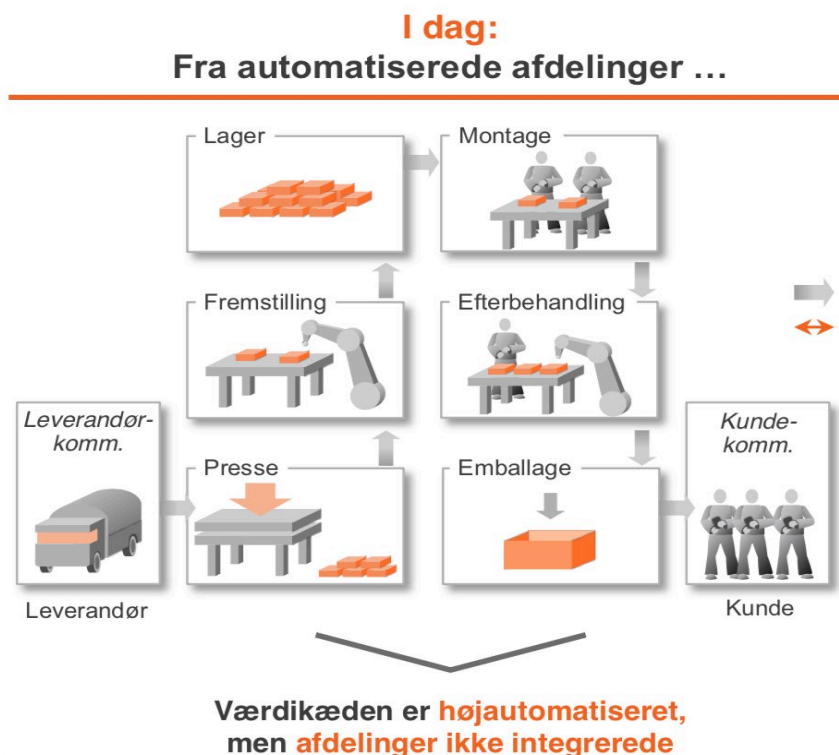
Industri 4.0 optræder som et buzz-word i mange forskellige sammenhænge. I realiteten er Industri 4.0 et ganske veldefineret begreb, hvis man har

teknologihistorien som reference. Industri 4.0 bygger historisk set oven på tidligere industrielle revolutioner. Forgængeren industri 3.0 tog fart i løbet af 1970'erne, hvor CNC-maskiner, robotter og PLC'er blev almindelig. Især bilindustrien var frontløber i implementering af automatiseringsløsninger med PLC'er og robotter.

Indledningsvis kan man kort beskrive automatisering under Industri 3.0 som en automatisering af de forskellige processer i virksomhedens afdelinger hver for sig fx svejsning, fræsning, lodning, montage m.m. Tilsvarende kort kan man beskrive Industri 4.0 ved, at den fysiske og digitale verden smelter sammen under anvendelse af IT. Produktionsmaskiner kobles sammen via internettet og kan derved kommunikere med hinanden. Industri 4.0 skaber dermed en horisontal integration imellem virksomhedens funktioner og afdelinger.

1.1 Automatisering under Industri 3.0

Herunder ses en skitse³, der viser en automatisering efter Industri 3.0. Skitsen viser, at virksomheder kan være stærkt automatiserede uden integration imellem de enkelte afdelinger. Dette ses ved, at der ikke er datakommunikation imellem de enkelte afdelinger. Der er heller ingen løbende datakommunikation med leverandører og kunder. Man kan imidlertid godt have en betydelig dataopsamling i de enkelte afdelinger, men disse data anvendes inden for den pågældende afdeling til fx kvalitetskontrol mv.



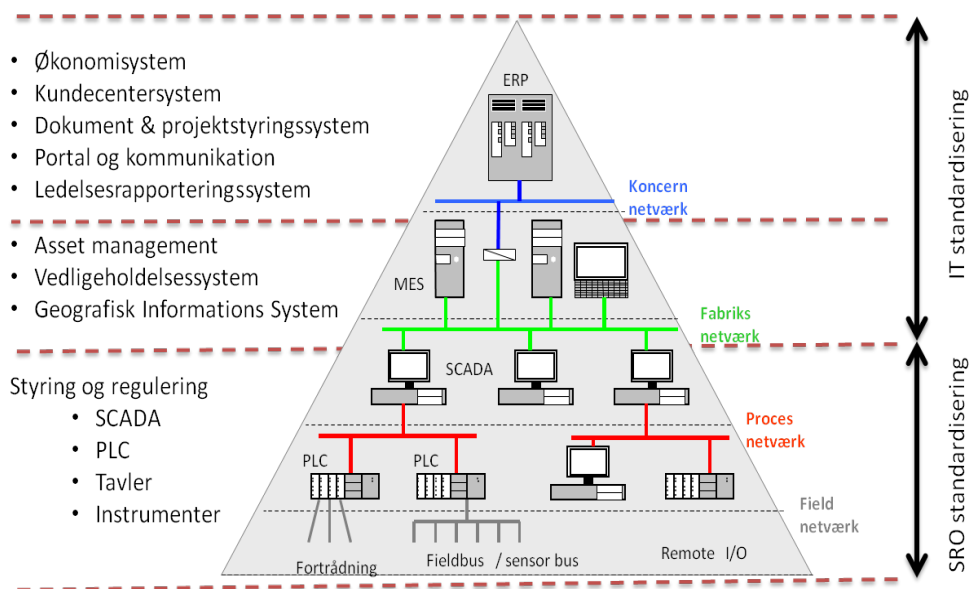
³ Skitsen stammer fra rapporten Syddansk Vækstforums rapport *Kortlægning af Industri 4.0 i Region Syddanmark* – december 2016. Den anvendte skitse er leveret af Boston Consulting Group

Denne type automatisering bygger på en vigtig skelnen imellem OT (Operational Technology) og IT. IT varetages af virksomhedens IT-afdeling fx servere, MES, ERP m.m. og OT (maskiner, netværk, PLC, HMI, SCADA mv.) betjenes og varetages af personalet i produktionens forskellige afdelinger. Installationsvirksomheder vil her arbejde med OT og overlade IT til IT-afdelingen.

Skitsen giver dog også et lidt for firkantet billede af Industri 3.0, da den især fokuserer på metalindustriell produktion og lignende virksomhedstyper. Her kan man automatisere de enkelte afdelingers processer uafhængigt af hinanden. I virksomheder inden for fødevarerindustrien og procesindustrien ser det anderledes ud. Her har man i mange år arbejdet med dataopsamling i produktionen på tværs af afdelinger. Dette gælder fx Lego, Carlsberg, Novo Nordisk, Haldor Topsøe og mange andre. Procesindustrien var den industrigren, der blev automatiseret først (i 1950'erne), og derfor har disse industrier længe været væsentligt mere automatiserede og it-tunge, end metalindustrielle og lignende virksomheder. Dette ses også i installationsvirksomhedernes ydelser til proces- og fødevarerindustrier.

Automationspyramiden

Den klassiske automatisering under Industri 3.0 er strukturelt forankret til automationspyramiden. Udvikling af en systemforståelse for industriel automation må derfor bygge på, at man ved hvad automationspyramiden er et billede på – hvad den faktisk fortæller om automatisering af industriel produktion. Derfor skal den gennemgås kort i det følgende.



Automationspyramiden er en generel model for automatiseringens forskellige lag i industrivirksomheder. Den er i sagens natur dybt forankret i Industri 3.0. Som tidligere nævnt er det vigtigt at skelne mellem OT (Operational Technology) og IT (Informationsteknologi).

OT befinder sig på de tre nederste niveauer i automationspyramiden (feltniveauet, PLC og SCADA) og IT på de to øverste (MES og ERP). Installationsvirksomhederne varetager i det væsentlige ydelser i relation til OT og i mindre grad ydelser i IT-lagene. Der er ingen af de besøgte installationsvirksomheder der udvikler MES- eller ERP-løsninger. Til gengæld skal man som automationsvirksomhed kunne foretage den nødvendige integration mellem de nederste lag i automationspyramiden (OT) og MES/ERP. Denne integration forudsætter, at den pågældende installationsvirksomhed har personale med videregående IT-uddannelse. Dette er typisk tilfældet for kategori 2 virksomhederne i denne analyse (modellen s. 6). Jo mere digitaliseret kundens industrivirksomhed er, desto vigtigere bliver denne type kompetencer.

Feltniveauet

På feltniveauet findes al den "håndfaste" teknologi, som indgår i et produktionsanlæg, dvs. maskiner, robotter, motorer, frekvensomformere, tavler, sensorer, aktuatorer, servosystemer osv. Det er her de fleste fejl opstår, og det er her, det mest omfattende vedligehold ligger.

I takt med at kompleksiteten i et PLC-styret anlæg stiger, bliver der behov for en feltbus (field bus). Som udgangspunkt er formålet med en feltbus at spare kabel. I stedet for at trække kabler fra samtlige instrumenter i et anlæg til f.eks. en PLC eller en anden form for styrende enhed, anvender man en bus.

Udviklingen på felt-niveauet er styret af behovet for mere informationsbehandling i automatiserede systemer. Dette medfører, at kravet om "intelligens" på feltbusniveauet stiger. Følere, transmittere, aktuatorer o.l. bliver mere intelligente og dermed mere komplekse i opbygningen. Flere fabrikanter leverer komplette pakker til feltinstrumentering og procesanalyse. Denne udvikling sker stadig inden for rammen af Industri 3.0.

Alle besøgte virksomheder leverer ydelser på feltniveauet. Feltniveauet er sammen med PLC-niveauet industriellelektrikerens primære arbejdsområde set i et Industri 3.0-perspektiv.

PLC-niveauet

En PLC er en programmerbar enhed, man kan anvende til automatisk styring. I industrien sidder PLC'erne på eller i nærheden af de enkelte anlæg som styreenhed i forhold til afvikling af forskellige processer. Derudover kan PLC'en også fungere som dataopsamlings- og kommunikationsenhed.

Man kan komme i kontakt med PLC'en via trykknapper og kontakter på PLC'en, men det er også ofte muligt at tilslutte en touchskærm som styrepanel. SMS-enheder og bluetooth-enheder er også en mulighed.

I mange moderne produktionsvirksomheder sidder der PLC'er nærmest overalt i produktionen, og det er dagligdag for mange medarbejdere at betjene disse. Udviklingen inden for PLC'er er også præget af de stigende krav til kompleksiteten i industrielle kommunikationsløsninger. Alle besøgte virksomheder anvender PLC'er i de løsninger de leverer.

SCADA-niveauet

SCADA står for Supervisory Control and Data Acquisition og er en betegnelse for et system, der overvåger og kontrollerer et produktionsmiljø, hvor et antal PLC'er opsamler data fra produktionsmaskinerne og sender disse videre til SCADA. SCADA betegnes også somme tider som SRO-anlæg. Udviklingen inden

for SCADA går imod højere grad af styring, dataopsamling, integration og præsentation. Der er tale om PC-baseret software typisk under operativsystemet Windows. Som eksempel kan det nævnes, at Siemens med SIMATIC WinCC er en stor spiller på SCADA-området.

Manufacturing Execution System (MES)

MES betegner komplette informationssystemer i produktionsvirksomheder, og vi befinder os nu i automationspyramidens IT-lag. Det dækker over den software, der løbende har overblik over produktionen, så der kan foretages optimeringer. MES tilvejebringer information om produktionsaktiviteter på tværs af fabriksgulv og supply chain gennem kommunikationsnetværk. MES kan f.eks. sikre følgende:

- Opdatere produktionsplaner.
- Præcise lager tilgange og afgang.
- Registrering af spild.
- Identifikation af flaskehalse
- Opfølgning på igangværende produktionsordrer

MES dækker også integration mellem ERP og produktionen, samt analyse af produktionen med henblik på optimering. Systemet udfører imidlertid også dataopsamling for kvalitetssystem, systematisk vedligeholdelse, sporbarhed m.v. SIMATIC IT er Siemens bud på et moderne MES-system.

Det er hovedsageligt større virksomheder, der har implementeret egentlige MES-systemer. I mindre virksomheder, der har ERP, kan MES-funktionaliteter være tilvejebragt af softwareapplikationer, der løser en specifik opgave. Dette hjælper med at skabe et transparent datagrundlag, sammensætte grunddata til brugbare KPI'er og i det hele taget hjælpe bl.a. driftspersonalet til at optimere produktionsapparatet.

Enterprise Resource Planning (ERP)

Et ERP-system kan registrere alt i en stor database og håndterer alle aspekter af virksomhedsdriften - lige fra budgetter og lager til produktionsplaner, montage, prislister, styklister, KPI, fakturering og økonomistyring.

ERP-systemet giver overblik. Man kan følge alle ordrer fra A til Z. Virksomheden får bedre og mere præcise informationer til analyser og planlægning. Systemet minimerer desuden risikoen for, at der opstår misforståelser eller fejl.

Opsamling af data under produktionen inddrager i stigende omfang virksomhedernes ERP-systemer. ERP udvikles også som særskilte brancheløsninger til f.eks. plastindustrien i form af særlige moduler.

Ovenstående viser, at der længe er foregået en datamæssig integration mellem virksomhedernes forskellige afdelinger. På tilsvarende måde kan en virksomhed i høj grad være datadrevet med masser af IT igennem en automatisering efter automationspyramiden. Dette er foregået igennem mange år, sådan at fx materialestyring og produktionsplanlægning som jobfunktioner helt har ændret karakter i kraft af værktøjer i MES og/eller ERP. Mange forskellige personalegrupper kan i dag varetage disse funktioner.

1.2 Betydning for industrielektrikers uddannelse

For en elektriker i industrien betyder et systemkendskab meget ved installationsopgaver, opbygning af industrielle anlæg, service, rådgivning samt fejlfinding. Et overblik over en given industriel produktions opbygning er en del af det, sådan som det er eksemplificeret ved skitsen på side 20. Dette overblik er indgangen til at gå dybere i de industrielle fremstillingsprocesser, der bliver behandlet senere i rapporten.

Helt central i systemforståelse er automationspyramiden. Hvis ikke man kender og forstår automationspyramidens opbygning, og hvad de enkelte lag repræsenterer, er man henvist til at tilgå industriel automatisering som enkeltstående maskiner, tekniske enheder og komponenter. Denne tilgang karakteriserede tidligere faglærte elektrikerne i industrien, men dette rækker ikke længere. Det, der former den industrielle automatiserings digitale infrastruktur i en klassisk automatisering under industri 3.0, er automationspyramiden, og den udgør derfor grundlaget for den systemforståelse som installationsvirksomhederne i så høj grad efterspørger hos industrielektrikere.

Systemforståelsen opnået igennem automationspyramiden dækker mere end egentlige industrivirksomheder. Rensningsanlæg, vandværker, kraftværker og meget mere automatiseres på samme måde som industrien. Dette betyder, at selvom en installationsvirksomhed fx har specialiseret sig i procesindustrien, så kan man også løse opgaver inden for de nævnte områder.

I Dansk Automationselskab har man i de sidste par år diskuteret automationspyramidens status i forhold til Industri 4.0. Spørgsmålet har været, om Industri 4.0 teknologierne vil skabe en så afgørende anden digital infrastruktur i industrien, at automationspyramiden vil blive irrelevant. Det er dog ikke sandsynligt.

Carlsberg er ved at opbygge en digital tvilling af deres produktionslinjer på 28 bryggerier verden over, og denne digitale tvilling implementeres i et fælles MES-system, der gør det muligt at sammenligne deres performance og via dataanalyse opdage mønstre og afvigelser på tværs af fabrikker og maskiner⁴. Derudover vil Carlsberg gerne af med de mange fikserede betjeningspaneler til maskiner, også kendt som HMI (human-machine interfaces) og flytte dem over på mobile tablets. Det vil gøre det muligt for operatørerne at se, klassificere og forbedre et problem på en proceslinje uden at skulle flytte sig fysisk mellem forskellige betjeningspaneler.

Det ser ud til at automationspyramiden kan rumme udviklingen i industrien omkring Industri 4.0, og derfor fastholder automationspyramiden sin fundamentale status ved udvikling af et systemkendskab inden for industriel automation. Det forhold, at digitale tvillinger rykker ind i MES-laget, betyder, at man ved implementering af nye teknologier i høj grad trækker på den opbygning af industriel automation, der allerede findes.

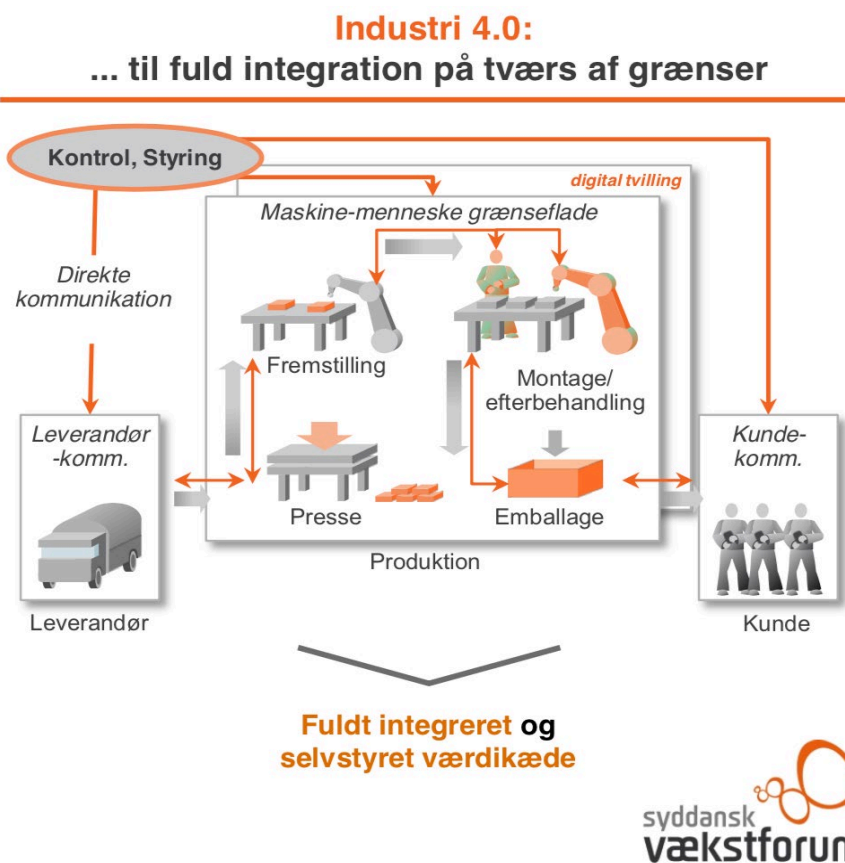
⁴ Artikel i Ingeniøren 12. juni 2021

2 Automatiserede produktioner efter Industri 4.0

Installationsvirksomhederne arbejder med industri 4.0-løsninger i nogen grad, men det går ikke så stærkt som man får indtryk af i tidsskrifter og på tekniske seminarer. Der er spydspidsvirksomheder, som er langt fremme, men mange små og mellemstore virksomheder er ikke automatiseret i en særlig høj grad - også i en industri 3.0 forståelse

Citat: "Jeg synes ikke, vi ser så mange industri 4.0 løsninger endnu. Men vi er helt med på det, der hedder Big Data og dataloggere. Vi vil rigtig gerne gå mere i den retning, men jeg synes ikke fabrikkerne helt har forstået at udnytte potentialet endnu. Der er et kæmpepotentiale for automatisering i fabrikkerne. Sådan noget som digitale tvillinger er ikke noget, vi er stødt på endnu."

Den efterspurgte systemforståelse hos elektrikerne omfatter imidlertid også Industri 4.0 teknologier. Herunder ses en skitse, der viser, at Industri 4.0 er karakteriseret ved, at den fysiske og digitale verden smelter sammen under anvendelse af IT⁵. OT og IT integreres helt ned til den enkelte maskine. De orange pile repræsenterer data/IT.



⁵ Skitsen stammer fra rapporten Syddansk Vækstforums rapport *Kortlægning af Industri 4.0 i Region Syddanmark* - december 2016. Den anvendte skitse er leveret af Boston Consulting Group

Produktionsmaskinerne kobles sammen via internettet og kan på denne måde kommunikere med hinanden. Samtidig betyder digitale tvillinger og nye simuleringsværktøjer baseret på virtual reality-teknologi, at man kan designe, teste og fejlrette hele produktionskæden virtuelt, inden man bygger den fysiske produktionskæde. Det siger sig selv, at udvikling, etablering og drift af automatiserede produktionsanlæg nu kommer til at foregå på nye betingelser. Dette rammer også installationsvirksomhedernes ydelser i de kommende år.

2.1 Digitale tvillinger og virtual reality

Den digitale tvilling er indbegrebet af industri 4.0, fordi den repræsenterer en særdeles omfattende integration af data – ikke blot i produktionsprocessen – den kan også omfatte hele produktets livscyklus. Den bliver til i løbet af udviklings- og konstruktionsprocessen igennem 3D-modeller, som indeholder alle relevante data, der repræsenterer det pågældende produkt fra materialer, dimensioner, farver og mange andre specifikationer. De konstruktionsværktøjer, man anvender i industrien i dag (fx Inventor og Solid Works), giver allerede i dag store produktivetsgevinster ved at konstruere i 3D. Disse 3D-modeller er "råstoffet" til udvikling af en digital tvilling. Følgende video illustrerer dette i forhold til svejsning på en maskinfabrik <https://youtu.be/iZryiSZQET8>

Både Inventor og Solid Works har VR-faciliteter indbygget. Virtual reality (VR) anvendes til at "gå ind" i den digitale tvilling og undersøge en række forhold ved konstruktionen. Dette er ikke blot et fremtidsscenario. Der er flere virksomheder, hvor man udfører kvalitetskontrol af konstruktioner af fx store procesanlæg ved virtuelt at kontrollere en række forhold ved hjælp af VR inden anlægget bygges.

Som videoen viser, så er vejen til en digital tvilling ikke så lang, hvis man udfører konstruktionsarbejdet i 3D-modeller, da de kan importeres ind i den software, man udvikler de digitale tvillinger med. Hvis man til gengæld ikke har dokumentationen i 3D, men kun i 2D, så er vejen til en digital tvilling lang og næppe realiserbar på grund af for høje omkostninger. Derfor er det ofte ikke relevant efterfølgende at udvikle digitale tvillinger af en stor del af de produktionsanlæg, der er i drift i dag. Dette gælder imidlertid ikke for nye anlæg, hvor især maskinbyggerne allerede i dag kan blive stillet over et krav om at levere en digital tvilling med den fysiske maskine.

Den norske maskinbygger Tronrud Engineering har i et samarbejde med Siemens udviklet og bygget en af verdens hurtigste pakkemaskiner og i denne forbindelse opnået store produktivetsgevinster ved at udvikle en digital tvilling over anlægget. Den digitale tvilling gjorde det muligt at arbejde parallelt på design, mekanik og programmering, og man formåede at reducere designfasen med 10 % og tiden til idriftsættelse med hele 25 %, og det betød en væsentligt kortere leveringstid. Det er især i idriftsættelsesfasen, der er store gevinster at hente, hvad følgende video fra HOMAG illustrerer på en meget overskuelig måde: <https://youtu.be/CsUxF77BwBc>

HOMAG-Gruppen er en af verdens største og førende leverandører af maskiner og anlæg til træindustrien. Videoen giver et godt billede af, at den installations- og idriftsættelsesproces, som en industrielektriker indgår i, bliver helt forandret.

I flere installationsvirksomheder eksperimenterer man med virtuel idriftsættelse (virtual commissioning).

Citat: *"Digitale tvillinger og virtuel comissioning - det kigger vi også på. Vi har jo den udfordring, at alle vores udviklere, de sidder på den her adresse, og de er ikke ude på vores sites i DK. Vi har fx en stor kunde, som vi laver pumpestationer for, og der er det meget omkostningstungt at sende en softwarespecialist her fra og til fx Sjælland for at sætte en pumpestation i drift. Komplexiteten er for høj til, at du kan sætte en elektriker til at løse den opgave. Vi har så eksperimenteret med noget virtuel idriftsættelse, og det tror jeg, vi vil slå mere ind på fremadrettet."*

I flere af de besøgte installationsvirksomheder er man også begyndt at bruge Augmented Reality. Denne teknologi bør have en særlig opmærksomhed i forhold til elektrikere, der arbejder med service og installationsopgaver i industrien.

2.2 Augmented Reality og Mixed Reality

Med VR træder man ind i en virtuel verden med en brille. Til forskel fra dette tilføjer Augmented Reality et ekstra lag af information til den fysiske verden. Det kan være billede, lyd og berøring. Det sker typisk via en mobiltelefon, en tablet eller en brille, som man stadig kan se den fysiske omverden igennem.

Mixed Reality (MR) ses ofte som en særlig avanceret udgave af Augmentet Reality. MR blev skabt af Microsoft, da de lancerede deres Microsoft HoloLens i 2016. Udover at være en hovedmonteret gennemsigtig brille adskiller MR sig fra AR gennem en mere avanceret forståelse af det fysiske rum og evnen til at placere hologrammer i dette rum.

Mixed Reality er fusionen af den virkelige og virtuelle verdener med henblik på at producere nye miljøer og visualiseringer, hvor fysiske og digitale objekter sameksisterer og interagerer i realtid. Følgende video fra Microsoft viser, hvordan MR kan bruges af elektrikere i industrien. <https://youtu.be/V732PXZHLiU> Det er interessant at se, hvordan dokumentationen for anlægget og driftsdata anvendes af serviceteknikeren via Mixed Reality.

Alexandra Instituttet har udviklet løsninger med AR⁶ og heri indgår også anvendelse af Microsoft HoloLens. Her peger man især på tre områder, som er velegnet for en implementering af AR: *Idriftsættelse*, hvor en augmented reality-løsning kan guide teknikeren igennem de rette procedurer for at opsætte produktet/maskinen. *Vedligeholdelse og service*, hvor man med augmented reality-teknologi kan udvikle en visuel guide til, hvordan man fx servicerer og vedligeholder et produkt. *Fjernsupport* hvor en AR-løsning anvendes til at guide en tekniker fx ved service på en vindmølle.

Microsoft HoloLens koster omkring 20.000 kr., og samlet set kan det blive en ret dyr løsning for en mindre installationsvirksomhed. Der er imidlertid også andre AR/MR-løsninger, som dog har lidt færre faciliteter. Den nye udgave af Google Glass er udviklet til anvendelse i arbejdet på samme måde som Microsoft HoloLens og er væsentlig billigere.

⁶ *Augmented Reality i industri og produktion - Inspiration til professionel brug af augmented reality.* E-bog fra Alexandra Instituttet.

2.3 Dataopsamling – Big Data

Dataopsamling er ikke i sig selv en industri 4.0-teknologi. I procesindustrielle virksomheder, i fødevarerindustri og i medicinalindustrielle virksomheder har man systematisk samlet data op i store mængder fra produktionen i mange år. Formålet med dette har været at overvåge, styre og regulere de ofte meget komplekse produktionsprocesser i procesindustrielle anlæg. Big Data i en Industri 4.0 forståelse rækker ud over denne form for dataopsamling.

Som begrebet henviser til, handler Big Data om at samle meget store mængder af data op fra produktionen med en høj hastighed. Der er tale om en mere omfattende overvågning af produktionen, som også kan handle om at registrere, hvad medarbejderne gør i bestemte situationer. Formålet med dette er at gøre virksomheden/produktionen datadrevet, dvs. at beslutninger på alle niveauer i virksomheden sker på basis af opsamlede data.

Opsamlede data kan handle om, hvornår en komponent eller maskine er i fare for at bryde ned eller yde mindre effektivt. Herved får virksomheden mulighed for at undgå ikke-planlagt nedetid og foretage reparationer og vedligehold på tidspunkter, hvor produktionen bliver mindst muligt påvirket.

På lidt længere sigt kan man udnytte opsamling og analyse af Big Data til forebyggende vedligehold, hvor service bliver udført på baggrund af den viden, man opnår om den specifikke maskine fremfor viden om generelle tendenser. Udveksling af de opsamlede data kan desuden skabe mulighed for at gøre maskiner selv-lærende, der gennem kommunikation med andre maskiner og systemer er i stand til selv at tilpasse deres ydeevne og produktion.

Flere af de besøgte virksomheder arbejder med dataopsamling i en skala, der kan kategoriseres som Big Data.

Citat: "Vi laver rigtig meget dataopsamling. Vi gør det selvfølgelig på produktionsanlæg, som bliver afleveret op i kundens ERP-systemer. Data til traditionelle OEE-målinger, som man kan benchmarke op imod. Der er vores fokus, hvilke stopårsager der har været. Normalt indrapporterer du nogle stop. Der er vores fokus rigtig meget på stopårsagerne. Vi kigger på de fem hyppigste fejl. Dvs. servicepersonalet, de har én aflevering. Produktionsplanlæggerne har en anden og fabriksledelsen en tredje. Den sidste kan gå på tværs af flere afdelinger eller flere sites. Vi selekterer data i forhold til den pågældende målgruppe, og hvad de skal bruge data til."

Flere installationsvirksomheder udvikler og sælger løsninger til dataopsamling og analyse af data. Erfaringen er, at der er stor forskel på, hvordan kunderne engagerer sig i det.

Citat: "Vi har noget simpelt noget med overvågning på trykluft. Trykluft og vakuumbesugning er noget af det dyreste at drifte. Men hvis man ikke giver sig til at analysere på ens forbrug, så flytter det jo ikke noget. Vi har en kunde, hvor vi har solgt en løsning som en abonnementsløsning – noget vi også arbejder hen imod. Det viste sig efter et stykke tid, at han ikke havde brugt det, men kom så til at kigge ind i det en eller anden dag. Vi skal være bedre og mere intensive til at analysere data for dem. Nu har han så set lyset."

Som citatet viser, er der en meget stor afstand mellem store virksomheder og SMVer, når det gælder dataopsamling og Big Data.

Installationsvirksomhederne lægger generelt vægt på, at industriellelektrikere har en faglig indsigt i dataopsamling og kan analysere data med baggrund i en praktisk anvendelsesorienteret tilgang.

Citat: "Det, man uddannelsesmæssigt skal fokusere på, er tre ting, data, data og data. Anvendelse af data. Som du selv siger – mange er begyndt at samle data op, men er ikke kommet frem til at høste af det endnu.

Jeg var på en virksomhed i Randers for nylig. De ville godt have noget dataopsamling. De ville gerne have noget sporbarhed på deres batch. Hvornår har det kørt, hvem har være involveret, hvor fugtigt og varmt blev det. De kan ikke styre deres råvareindtag. Vi kigger også meget på energi for at blive skarpe på – hvad koster det. Man har typisk styr på husleje og lønninger, men man aner ikke, hvor energien løber hen i processerne. Det har man ikke styr på i ret mange industrivirksomheder."

Det er altså ikke dataanalytics som fagområde, elektrikerne skal arbejde med. Dette er en disciplin for personer med videregående uddannelse, som typisk forbindes med Big Data. Dataanalytics på dette niveau forudsætter anvendelse af forskellige former for analysesoftware, som kan analysere meget store mængder af ustrukturerede data ved hjælp af særligt avancerede algoritmer og kunstig intelligens fx machine learning.

Den praktiske og anvendelsesorienterede tilgang til data handler om, at elektrikerne med afsæt i et solidt systemkendskab og kendskab til industrivirksomhedens processer skal kunne forholde sig til hvilke enheder, der samler data op, hvad data repræsenterer i de industrielle processer, og hvad data kan/skal anvendes til i praksis. Handler det om at øge produktiviteten eller kvaliteten i produktionen, eller handler det om at få reduceret energiforbruget? Eller handler det om at få data til at kunne opstille et CO2-regnskab osv.? Mulighederne er mangfoldige. I denne proces skal elektrikerne også kunne forholde sig til den værdiskabelse, arbejdet med data fører med sig og kunne bidrage til, at denne værdiskabelse synliggøres for kunden.

Netværk, IIOT og cloud

Netværk er naturligvis ikke en Industri 4.0 teknologi, men den teknologiske udvikling vil antageligt inden længe betyde en stigende anvendelse af 5G og trådløse netværk i industrianlæg, hvilket efter interviewpersonernes opfattelse vil forskyde arbejdsopgaverne over mod videregående uddannelse.

Citat: "Hvis vi tror på, at industrien i stigende grad går over til trådløs teknologi, så vil det betyde rigtig meget for elektrikerne i forhold til kabeltræksdelen og hele installationsdelen. Så vil vi have behov for flere teknikere – som sandsynligvis i overvejende grad stadig vil være elektrikerne – men også nogle med videregående uddannelser, der er dybt specialiserede. Når sådan nogle systemer ikke virker, så kræver det en helt anden indsigt og andre værktøjer til at fejlfinde på det. Det kræver altså noget mere end at have stået i lære som elektriker."

I citatet spores der en usikkerhed, om industrien faktisk vil gå over til trådløs teknologi. Dette vil i det mindste ske gradvist. Industrial Ethernet og Feltnet er sikre teknologier og vil være dominerende i en længere årrække. Der er dog ved nye installationer store besparelser at hente ved at gå over til trådløs teknologi

enten 5G, som flere tester i øjeblikket bl.a. Grundfos, eller Wi-fi 6, som er særligt udviklet til industrien.

Generelt betoner installationsvirksomhederne, at elektrikernes kompetencer inden for netværk skal være funderet i det installationsfaglige.

Citat: "De skal vide, hvorfor vi laver netværk, og hvorfor vi udfører det på den måde vi gør. Det er fx hamrende vigtigt, at vi laver skærmningen rigtigt. Det, der knytter sig til montagen og den praktiske opbygning, skal elektrikerne være stærk i. Hvorfor skal kablerne til en frekvensomformer skærmes? Hvorfor er det vigtigt, at du får afsluttet korrekt. Det skal de lære på en lærlingeuddannelse."

I forhold til IIOT (Industrial Internet of Things) er "skyen", IIOT-enheder har forbindelse med, også "industrial". I Industrial Cloud Computing er det de fysiske data dvs. rå-data direkte fra sensorerne eller bearbejdede data fra automationssystemet, der i en vis udstrækning skal sendes til skyen for videre bearbejdning. Forbindelsen mellem automationlaget og skyen kan skabes på flere forskellige måder, ofte direkte via et softwareinterface i controllerne (PLC'erne) eller via særlige "gateways".

Helt grundlæggende er Internet of Things et udtryk for at fysiske enheder forsynes med en sensor (kan føle), en Embedded Controller (kan tænke) og et kommunikationsinterface (kan kommunikere). Via en "digital tvilling" i skyen, kan "tingene" nu tale sammen via internettet, og i yderste konsekvens indgå i neurale netværk og gøre brug af kunstig intelligens (AI).

I forhold til Industrial Cloud Computing og IIOT er det den konkrete installationsfaglige praksis, der er afsættet for det, en elektriker skal kunne. Dette vil handle om et grundlæggende systemkendskab til den infrastruktur Industrial Cloud Computing udgør og derudover IIOT enheders principielle opbygning og muligheder i en industriel kontekst samt relevante transmissionsløsninger.

Citat: "Elektrikerne skal vide noget omkring netværket, hvordan man får samlet de her data op – det at bearbejde det og håndtere det i clouden, det mener jeg ikke ligger i en elektrikeruddannelse. Det ligger på en videregående uddannelse."

2.4 IT-sikkerhed

IT-sikkerhed i en moderne industrivirksomhed er en kompleks affære, og det er først og fremmest en opgave for specialiserede IT-folk med en lang videregående uddannelse. En stor del af IT-sikkerheden tilvejebringes ved at vælge leverandører af fx PLC- og SCADA-systemer, der kan dokumentere IT-sikkerheden i deres produkter, og at de følger op med løbende tiltag. Installationsvirksomhederne rådgiver generelt ikke i dag i IT-sikkerhed. Nogle har et samarbejde med eksterne leverandører inden for IT-sikkerhed og andre har deres egne.

Citat: "I dag har vi ikke en egentlig IT-sikkerhedsløsning. Jeg har et par folk, som har været på nogle hackerkurser, hvilket de er meget nørdede omkring. Det er noget vi kigger ind i – hele sikkerhedsaspektet. Vores IT-mand inde ved siden af arbejder meget sammen med automation, når der skal vælges netværksstrukturer osv. Han leger også hacker på vores eget system for at se, hvad der sker ved det – det er virkelig skræmmende. Når vi taler om Big Data,

så bliver vi jo mere og mere udfordret på IT-sikkerheden. Vi er bevidste om, at der er et marked her, men vi er der ikke rigtig. Der er stensikkert noget i det."

I en anden virksomhed arbejder man med IT-sikkerhed på følgende måde.

Citat: "IT-sikkerhed betyder meget i de her maskiner, vi installerer (router, switch). Jeg vil ikke stå på mål for, at vi kan rådgive kunden omkring IT-sikkerhed. Der læner vi os op af vores leverandører. Det er et udviklingspunkt, for det bliver et parameter, der kan betyde, om du bliver foretrukket.

I de større industrier har de deres egne IT-folk. Der er vi underlagt dem. De kommer med en kravspecifikation, og så administrerer de selv IT-sikkerheden."

I elektrikeruddannelsen skal viden om IT-sikkerhed, under indtryk af ovenstående, være overordnet og indgå i det omtalte systemkendskab om industriel automation. Derudover handler det om at følge leverandørers regler og retningslinjer i forbindelse med opbygning og servicering af industriallæg. En mere indgående viden om IT-sikkerhed kan man opnå via efteruddannelse.

3 Øvrige industrielle automationsteknologier

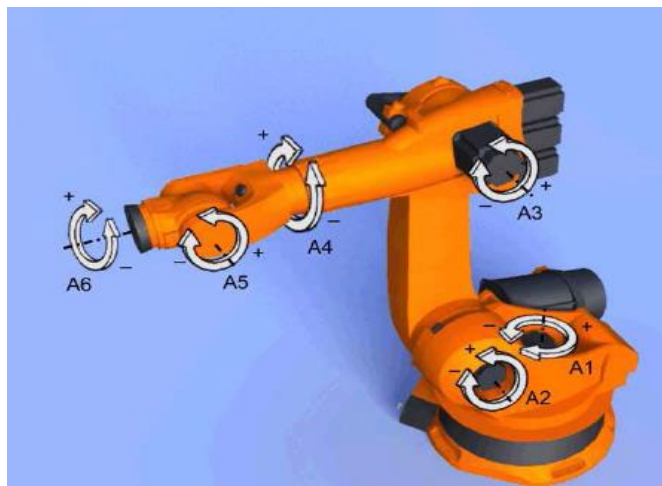
I dette kapitel behandles robotter og vision ud fra den opfattelse, at de to teknologiområder er vigtige for industrielektrikere. Samtidig er begge områder særdeles omfattende, og det er derfor nødvendigt med en stillingtagen til, hvordan både omfang og niveau skal forvaltes i en elektrikeruddannelse, og hvilke dele der skal være en del af elektrikernes efteruddannelse.

Robotter og vision spiller en stor rolle i ydelserne i nogle af de besøgte installationsvirksomheder. Nogle fravælger at arbejde med robotter, men vision vil være uomgængelig for de fleste i fremtiden, hvis man skal kunne arbejde med industriel automation. Vision vil indgå i rigtig mange tekniske løsninger, og gør det allerede i mange industrivirksomheder. Derfor skal industrielektrikere have kompetencer inden for disse områder. Igen er det elektrikerens installationsfaglige kompetencer, der er afsættet, men det betyder ikke at de mere teoretiske sider af vision også kan høre med til en erfaren industrielektrikers kompetencer.

3.1 Robotter

Robotter er ikke en industri 4.0 teknologi i sig selv, men udviklingen inden for robotteknologi er på flere måder en motor for implementeringen af industri 4.0 i industrivirksomheder. Fleksibel automation med UR-robotter i modulopbyggede anlæg er en vigtig faktor bag udviklingen af Industri 4.0 produktioner.

Basalt set er en industrirobot en forholdsvis enkel maskine, som er karakteriseret ved stor bevægelighed og fleksibilitet set i forhold til mange forskellige typer af arbejdsopgaver.



Kilde: Robotteknologi grundlæggende. Materialeplatformen

Robottens bevægelighed bestemmes ud fra antallet af akser (bevægelige led). En industrirobot har, som vist på billedet, typisk 6 akser. Yderligere akser kan tilføjes ved fx at montere robotten på skinner, der kan sikre den en væsentlig større rækkevidde.

Programmeringen af robotten handler grundlæggende om at styre de bevægelige led, så robotten hele tiden bringes frem til den rigtige position set i lyset af den opgave, der skal udføres. Robottens styreenhed kaldes en controller, og den er specifik i forhold til robotfabrikatet. Der findes en mængde udstyr i form af mekaniske gribere, løfteanordninger m.m., som i sig selv kan udgøre en automatisk enhed med hydraulik og pneumatik monteret. En svejserobot skal fx have monteret en svejsemaskine med tilhørende udstyr, og derudover skal robotten kunne tåle det hårde miljø, som svejsningen foregår i.

Robotprogrammering

Der findes principielt to måder at programmere en robot på:

Den enkleste er on-line programmering, som udføres ved hjælp af et betjeningspanel ved robotten – en såkaldt teach box. Programmeringen foregår ved at fjernstyre robotten rundt langs den bane, man ønsker, den skal følge. Man opbygger robotprogrammet ved at styre robotten hen til en position, som den skal huske som et indlært punkt ud fra et X, Y, Z koordinatsystem på robotten. Man viser den, hvor alle positioner er, og i hvilken rækkefølge disse skal eksekveres. Ulempen ved denne form for programmering er, at den lægger beslag på robotten under programmeringen og dermed øges omstillingstiden betragteligt.

Offline-programmering af robotter foregår via 3D-software-systemer på en PC-plattform. Programmeringen foregår i en virtuel verden, som ikke involverer en fysisk robot. I et virtuelt miljø har man 3D-modeller af robotter, værktøjer, emner og omgivelser, og her kan man udvikle og teste robotbevægelser og -programmer. Robotprogrammerne kan efterfølgende kopieres fra den virtuelle verden over til den fysiske robot i forbindelse med eksekveringen. Mens det fysiske robotanlæg er aktiv i produktionen, kan nye produkter programmeres offline. Dette giver hurtigere indkøring af nye produkter og generelt højere produktivitet på et robotanlæg.

Derudover kan software-systemerne bruges til at simulere og teste kommende

robotløsninger i forhold til udformning, rækkevidde, cyklustider mm., inden de bygges fysisk. På denne måde reduceres risikoen for fejlprojekteringer markant.

Robotintegrator

Robotintegratoren er den person eller enhed, der er ansvarlig for sikkerhedsstrategien, når en robotcelle skal designes og konstrueres eller ombygges. Integratoren skal sikre, at alle relevante krav overholdes i henhold til Maskindirektivet og standarden DS/EN ISO 10218-2. Integratoren kan være fabrikanten selv eller en ekstern virksomhed.

Af de besøgte virksomheder er Kjærgaard i særlig grad specialiseret inden for robotteknologi. Man har fx 40 robotter kørende hos Novo Nordisk i Hjørring. Kjærgaard er desuden udnævnt til certificeret integrator af robotter fra Universal Robots. Virksomheden har gennemgået en række uddannelsesforløb, som sikrer, at de ansatte har den mest opdaterede og dybdegående viden om UR-produkterne. Kjærgaards ekspertise rækker imidlertid også ud over integration af UR-robotter. I de sidste 20 år har man været importør af Hyundai robotter til Europa og har et forhandlernetværk i europæiske lande samt et større integratornetværk.

Elektrikere og robotter

Robotter har en fascinationskraft i sig selv og optræder ofte som det ultimative billede på en moderne industriel automation. Alligevel er der i de besøgte virksomheder en generel advarsel om et for stærkt fokus på robotter i elektrikeruddannelsen. Det handler ikke om, at robotter ikke er vigtige, men om at se industriel automation i et bredere og mere praksisrettet perspektiv i en erhvervsuddannelse som industrielektriker.

Citat: "Uddannelsen svarer ikke til det en elektriker skal arbejde med bagefter. Det er fint nok at arbejde med robotter i uddannelsen – UR robotter og den slags. Det er fint nok at smage på det, men jeg synes generelt, at den praktiske del skal veje tungere. Hvordan får man noget til at sidde fast, hvordan laver man en industriel installation – hvordan bygger man det op. Det kan de ikke! Hvordan fejlfinder man på det. Alt det programmering – det er for meget. Det er de færreste elektrikere, der skal bruge det, når de er færdig."

Citatet repræsenterer en del af de besøgte virksomheders udsagn, men der er også dem, som sætter stor pris på det, lærlingene kan inden for robotområdet. Flere af de besøgte virksomheder arbejder dog ikke med robotter overhovedet, selvom de arbejder med automation på et særdeles højt niveau fx inden for procesindustrien. I det omfang elektrikere arbejder med robotter, er det ikke det at kunne off-lineprogrammere en robot, der er i fokus. I stedet handler det om installation af robotløsninger, indkøring, fejlfinding, reparation af især periferiudstyr herunder gribere. Disse gribere kan være mere komplekse end selve robotten og indeholde både elektriske aktuatorer, hydraulik og pneumatik. Et eksempel på dette kan ses i denne video <https://youtu.be/Va9Uix45k-c>

Tilsvarende kan robotten være omgivet af avanceret periferiudstyr fx manipulatorer, der drejer et emne i forbindelse med svejsning, slibning, polering og maling med robotter. I følgende video ses to UR-robotter og et avanceret periferiudstyr, der udfører en fyldningsproces i medicinalindustrien.

<https://youtu.be/SdhGMotfPAY> De uddannelsesmæssige problemstillinger behandles mere indgående i den sidste del af rapporten.

3.2 Vision

Udvikling og installation af vision-løsninger arbejder flere af de besøgte virksomheder med – også i forbindelse med robotinstallationer. Set i en Industri 4.0 sammenhæng tilvejebringes Big Data i moderne produktioner i høj grad igennem vision-systemer. I forhold til elektrikeres uddannelse og efteruddannelse er det vigtigt at holde fokus på installation og fejlfinding med baggrund i en praktisk betonet og grundlæggende viden om visionsystemer. Herunder skal der gives et kort bud på, hvad dette kan handle om.

Meget kort kan man beskrive et vision-system (machine vision) som en særlig anvendelse af ét eller flere kameraer til at inspicere og analysere et objekt automatisk typisk i en industriel sammenhæng. De opsamlede data kan anvendes til at kontrollere en proces eller en fremstillingsaktivitet. I forbindelse med inspektionen af objektet kan kameraet være programmeret til at kontrollere fx position, farve, størrelse eller form. Når objektet er blevet inspiceret og data opsamlet og behandlet genereres et udgangssignal, som anvendes til at afgøre, hvad der skal ske med objektet. Et eksempel kan være en flaske, der ikke er tilstrækkeligt fyldt og derfor skal sorteres fra.

Industrivirksomheder er under konstant pres for at øge produktionskvaliteten, reducere spild, effektivisere produktionen og minimere omkostningerne. Samtidig er kravene til dokumentation øget betydeligt. Denne udvikling har sammen med en øget anvendelse af robotter for alvor sat vision på dagsordenen i virksomhederne. Mange kræver af deres underleverandører, at kvalitetskontrollen er automatiseret med vision. Hvis en underleverandør vil have nogle komponenter ind på bilindustriens montagelinjer, så skal man bruge vision til kvalitetskontrol. Anvendelsesmulighederne er utallige. Her skal blot nævnes de mest almindelige:

- Kontrol af placering af etiketter, labels og korrekte stregkoder, korrekt datomærkning.
- Kontrol af tabletter m.h.t. korrekt antal, størrelse og form.
- Kontrol af gevind, fyldehøjde og propning på flasker.
- Måling, kontrol og sortering af uensartede emner.
- Identifikation, længde/bredde opmåling, overfladekontrol mm.
- Bestemmelse af fysisk placering samt emnets rotation på emner, der er under transport
- Robotguidens

Vision-systemers opbygning og funktion

Der er grundlæggende set fire typer af systemkomponenter i et vision-system:

- Linser og belysning
- Kameraer og billedsensorer
- Processor eller billedbehandlingsdel

- I/O forbindelse til at kommunikere resultatet af inspektionen videre til andre enheder

Linsen opfanger billedet af objektet og præsenterer det for kameraet i form af lys. Der er mange typer af linser, og det er vigtigt at vælge den rigtige linse til opgaven set i forhold til det kamera, man anvender.

Tilsvarende er der mange forskellige belysningsmetoder fx lyskildens placering i forhold til objektet, lysstyrken, lysets bølgelængde m.m.

Når billedet er taget, udsættes det for en billedbehandlingsproces ved hjælp af softwareværktøjer. Før analysedelen anvendes ofte værktøjer til at forbedre billedet af objektet (pre-processing) fx skærpelse af kanter, øgning af kontrasten, rette pixel fejl m.m.

Analysen af objektet kan tage afsæt i mange forskellige egenskaber knyttet til objektet og billedet af objektet afhængig af den konkrete vision-løsning. Dette kan detekteres på mange måder fx optælling af mørke og lyse pixels, kantdetektering, opmåling af objektets dimensioner, mønstergenkendelse, automatisk læsning af tekst (OCR), læsning af strekkoder og detektering af farver. Analyse-delen kan være meget krævende og involvere komplekse algoritmer og AI i form af Deep Learning.

Deep Learning er en undergruppe af Machine Learning, og machine learning er en undergruppe af AI. Machine Learning er algoritmer, der processerer data, lærer fra disse data og derefter anvender det lærte til at træffe velinformerede beslutninger. Deep Learning er en mere kompleks udgave af Machine Learning, der konstant lærer og selv kan afgøre, om dens forudsigelse er korrekt eller ej. Halcon har et Deep Learning værktøj til avanceret objekt-genkendelse. Alexandra Institutet har udgivet en publikation om AI, som er meget informativ, men dog ikke så produktionsrettet. Publikationen kan hentes fra deres hjemmeside.

Efter billedbehandling og analyse skal resultaterne kommunikeres til andre enheder fx en PLC. De gængse kommunikationsprotokoller inden for industriel automation understøttes typisk af vision-systemer.

Smartkameraer og PC-systemer

Den teknologiske udvikling på elektronikområdet har forårsaget, at smartkameraer i dag har en performance fx i forhold til billedbehandling og analyse, som tidligere kun var muligt på PC-baserede systemer. Priserne er samtidig faldet meget så vision-baserede automationsløsninger nu i stigende grad erstatter mekaniske fx i forhold til anvendelse af fiksturer til at fastholde emner på samlebånd og i robotceller. På billedet på næste side ses et eksempel med en UR-robot, der bliver guided af et Sick smartkamera.



Kilde: UKIVA – Vision in action – spring 2018

Som det fornemmes på billedet, så er et smartkamera en kombination af sensor, processor og I/O integreret i et kompakt kamerahus, som ofte ikke er større end et almindeligt standard-industrikamera. Smartkameraer er optimale, hvor kun ét inspektionsperspektiv (single point) er nødvendigt. Smartkameraer findes både i simple og meget avancerede udgaver fx 3D kameraer.

Elektrikere og vision

Installation af visionsystemer kan være en kompleks affære i en industriel produktion, og fejlfinding og fejlretning på disse anlæg foretages ofte af specialister. En sådan specialist kan imidlertid godt være en elektriker med en betydelig viden om visionsystemer. Elektrikerens stærke installationsfaglige baggrund er en styrke i arbejdet med visionsystemer i praksis.

I elektrikeruddannelsen kan vision starte med de simple og mest udbredte løsninger fx stregkodelæsning og lignende af styringsmæssig karakter. Dernæst kan man bevæge sig videre mod de billige smartkameraer fx i forbindelse med en enkel guidning af en robot. De mere data- og analysetunge dele af vision kan evt. udvikles som efteruddannelse. Her bevæger man sig dog hurtigt ind i et område for ingeniører og særlige specialister i vision.

3.3 Procesviden

Proceskendskab, procesviden nævnes ofte i interviewene som en vigtig kompetence for industrielektrikere. Det, man taler om her, er de processer, enhver industriel produktion består af fra råvarer til færdigt produkt. Ved styring og regulering er der altid en proces involveret, som sætter dagsordenen for, hvordan der skal styres og reguleres. Procesviden er et enormt område – intet mindre. Inden for de forskellige brancher og delbrancher er der utallige processer som mange forskellige uddannelser er involveret i. Alene proceskendskab i

plastindustrien er meget omfattende. Det bruger plastmagerne en stor del af deres uddannelsestid på.

En vej at gå er at udvælge nogle områder inden for procesindustri og fødevarerindustri og gå mere i dybden med dem fremfor at sprede sig ud over et større område.

Citat: "Det er ikke det program, du skal kode det i, der er udfordringen. Det er i stedet at forstå kundens processer, køl, opvarmning, omrøring, centrifugering osv. Det er ikke så vigtigt, at man kan tjene en pd-regulator til fingerspidserne. Det er vigtigere at forstå, hvorfor vi regulerer på dette her – hvad vil vi opnå med at regulere på det, og hvorfor er det, man ikke kan bruge en hurtig regulering i et tankanlæg."

Som citatet viser, skal proceskendskabet kobles tæt til de specifikke tekniske kompetencer, som styring og regulering, dataopsamling osv. Når man styrer og regulerer processer i proces- og fødevarerindustrier, er det vigtigt, at man har kendskab til procesindustrielle enhedsoperationer fx opvarmning, afkøling, omrøring, centrifugering, tørring, filtrering osv. Proceskendskab omfatter også forhold som GMP (Good Manufacturing Practices) og HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) som sikrer gode og pålidelige produktionsprocesser og høj fødevarerikkerhed i henholdsvis medicinal- og fødevarerikkerheder.

Der er også mange processer inden for montageindustri, maskinindustri og metalindustri som man kan blive orienteret om overbliksmæssigt.

4 Sammenfatning – 2.del

Denne del af rapporten har fokuseret på at anskueliggøre, hvordan man kan navigere i den omfattende og til tider uoverskuelige teknologiudvikling inden for industriel automation i forhold til elektrikers uddannelse og efteruddannelse. Set i forhold til kompetencemodellen på s. 16 har vægten hovedsageligt ligget på systemviden.

Grundlaget for en systemviden skal tage afsæt i en overordnet og principiel viden om Industri 3.0 og Industri 4.0. Man kan kort beskrive automatisering under Industri 3.0 som en automatisering af de forskellige processer i virksomhedens afdelinger hver for sig. Tilsvarende kort kan man beskrive Industri 4.0 ved, at den fysiske og digitale verden smelter sammen under anvendelse af IT. Produktionsmaskiner kobles sammen via internettet og kan derved kommunikere med hinanden. Industri 4.0 skaber dermed en horisontal integration imellem virksomhedens funktioner og afdelinger.

Helt central i systemforståelse er automationspyramiden. Hvis elektrikerens ikke kender og forstår automationspyramidens opbygning, og hvad de enkelte lag repræsenterer, er vedkommende henvist til at tilgå industriel automatisering som enkeltstående maskiner, tekniske enheder og komponenter.

Systemforståelsen opnået igennem automationspyramiden dækker mere end egentlige industrivirksomheder. Rensningsanlæg, vandværker, kraftværker og meget mere automatiseres på samme måde som industrien.

Industri 4.0 udvikler sig ikke så struktureret og standardiseret som Industri 3.0. Derfor kan man ikke beskrive Industri 4.0 efter en overskuelig model som automationspyramiden. Man må i stedet tage afsæt i nogle teknologier, der i væsentlig grad befordrer udviklingen mod Industri 4.0.

4.1 Kompetencebehov hos industrielektrikere

Betydningen af indholdet i rapportens 2. del for elektrikernes kompetencebehov opsamles under nedenstående punkter:

- Elektrikerens systemviden inden for industriel automation skal generelt bygge på en indsigt i automationspyramiden, og hvad dens forskellige lag repræsenterer. Den største vægt skal lægges på OT (Operational Technology).
- Elektrikerens systemviden i relation til Industri 4.0 skal tage afsæt i kompetencer og viden om teknologier, der i særlig grad karakteriserer denne udvikling. Det drejer sig om følgende:
 - Viden om digitale tvillinger fordi disse er indbegrebet af Industri 4.0. Digitale tvillinger repræsenterer en særdeles omfattende integration af data i hele produktets livscyklus.
 - Kompetencer i anvendelse af VR (Virtual Reality) og AR (Augmented Reality).
 - Kompetencer i forhold til en praktisk anvendelsesorienteret opsamling og analyse af data herunder viden om Big Data.
 - I forhold til Industrial Cloud Computing og IIOT skal elektrikerens have et grundlæggende systemkendskab til den infrastruktur, Industrial Cloud Computing udgør og derudover IIOT enheders principielle opbygning og muligheder i en industriel kontekst samt relevante transmissionsløsninger.
 - Elektrikernes kompetencer inden for netværk skal være funderet i det installationsfaglige. Netværksløsninger bliver mere omfattende og komplekse i et Industri 4.0 miljø.
 - Elektrikere skal have en overordnet viden om IT-sikkerhed inden for industriel automation og kunne følge leverandørers regler og retningslinjer i denne forbindelse.
- Vedrørende elektrikeres kompetencer inden for robotteknologi skal omfanget af programmering afvejes i forhold til installation af robotløsninger, indkøring, fejlfinding, reparation af robotinstallationer og periferiudstyr.
- Elektrikeres kompetencer inden for vision skal bygge på en praktisk betonet og grundlæggende viden om visionsystemer, der gradvis kan udbygges til at omfatte smartkameraer og mere data- og analysetunge dele af vision.
- Elektrikere skal kunne koble proceskendskab/viden til de specifikke tekniske kompetencer, som styring og regulering, dataopsamling osv.

3. del: Virksomhedernes vurderinger af uddannelsen

I denne del af rapporten behandles installationsvirksomhedernes vurderinger af uddannelsen i forlængelse af de indspil som interviewpersonerne har givet i de foregående kapitler i rapporten. Modellen for industrielektrikerens overordnede kompetenceprofil på side 15 viser sig at være ganske robust igennem hele analysearbejdet – også i installationsvirksomhedernes mere detaljerede vurdering af den nuværende uddannelse.

Virksomhedernes vurderinger af efteruddannelsesmulighederne indgår også her. Efteruddannelsesbehovene skal for en væsentlig del ses i sammenhæng med udviklingen af elektrikeruddannelsen industrielle moduler. En del af de uddannelsesbehov, som installationsvirksomhederne har i forhold til elektrikeruddannelsen, vil også optræde som efteruddannelse. Derudover kan stoftrængsel i forhold til en videreudvikling af elektrikeruddannelsen betyde, at man vælger at tilbyde nogle/dele af de efterspurgte kompetencer som efteruddannelse.

1 Uddannelsens opbygning

Elektrikeruddannelsen er opbygget som en bred uddannelse, der skal kunne rumme og uddanne alle de forskellige typer af elektrikere, der er brug for på arbejdsmarkedet. På uddannelsen opnår man gennem en fælles grunduddannelse på GF2 og H1 kompetencerne til at kunne specialisere sig på modulerne. Den fælles grunduddannelse består af elementer, der groft sagt kan grupperes i to dele.

Den ene del er generiske el-faglige og tværgående kompetencer, som alle elektrikere, uanset senere specialisering har brug for. Det drejer sig fx om følgende el-faglige elementer: el-teori, dimensionering, kabelforståelse, måleteknik, dokumentation, sikkerhed og lovgivning og følgende tværgående elementer: kundeservice, innovation eller projektarbejde.

Den anden del er grundlæggende indføring i nogle af de områder, lærlingene senere kan specialisere sig inden for. Det drejer sig fx om boliginstallationer, automation, sikrings- og brand-området, kommunikation og netværk eller højspænding.

Grundforløb 2 på 20 uger er fælles for alle lærlinge. På grundforløb 2 udgør de generiske elementer 12 ud af 16 målpinde, hvor indholdet af 2 af de sidste 4 målpinde også har en generisk karakter, selvom der henvises til boliger.

H1 på 16 uger er fælles for alle lærlinge. På H1 udgør de generiske elementer mindst 10 ud af de 16 uger, hvor faget Einstallationer er det eneste fag, der indeholder både generiske og specialiserede elementer. Der er et fag på to uger af de specialiserede uger, der er automationsspecialiserede. Der er dermed i alt 12 uger på H1, der kan være rettet mod automation.

Afhængig af, om lærlingene vælger Elektriker 1 eller Elektriker 2 skal lærlingene vælge 4 eller 5 moduler af hver 4 ugers varighed. Det betyder, at lærlingen får 16 til 20 ugers specialiseret undervisning.

Selvom der ikke er officielle modulforløb, så medfører bindingerne på modulerne, at det i høj grad er en fælles modulrække for de lærlinge, der vælger at specialisere sig inden for industri og automation.

Alle lærlinge skal begynde med modul 1.2 Automatiske anlæg på maskiner. Modul 1.2 er nemlig eneste mulige forudsætning for at gå videre til de tre automationsmoduler på modulniveau 2, modul 2.2 Styring og regulering af automatiske anlæg, modul 2.3 Kommunikationssystemer på automatiske anlæg og modul 2.5 - Industrielle EI-processer.

På modulniveau 3 er modul 2.2 og 2.3 er de eneste mulige forudsætninger for at tage de to automationsmoduler på modul-niveau 3: modul 3.2 Integration og SCADA af procesanlæg samt modul 3.3 Robot-Elteknik.

Under interviewene i el-installationsvirksomhederne blev der anvendt en del tid på at tale om elektrikeruddannelsen. Det var tydeligt, at interviewpersonerne var meget interesserede i at give en tilbagemelding i forhold til deres oplevelse af uddannelsen. Generelt var der meget kritik af den industrielle profil, som lærlingene har efter afsluttet uddannelsen og indholdet af de moduler, der er til rådighed.

Kritikken er ikke rettet mod skolerne i noget væsentligt omfang, da virksomhederne har valgt de skoler, som de mener, er bedst til at løfte opgaven i forhold til at skabe en industriel profil hos lærlingene. De skoler, der har specialiseret sig i den industrielle profil, fremhæves af virksomhederne, der også gerne vælger at lade deres elever rejse langt for at komme på en skole, som satser meget på at give lærlingene solide industrielle kompetencer. Ros til skolerne kan optræde i sammenhæng med en ganske hård kritik af de kompetencer lærlingene opnår gennem uddannelsen. Kritikken er dog ikke altid entydig og kan undertiden være vanskelig at adressere. Alt andet lige må der være en vis sammenhæng mellem erhvervsskolens undervisning, og de kompetencer lærlingen opnår, ligesom der ikke behøver være overensstemmelse mellem indholdet af uddannelsen og de kompetencer, lærlingene opnår.

Der er en ganske tydelig sammenhæng mellem virksomhedernes ydelsesprofil og deres tilfredshed med uddannelsen. De virksomheder, der er mest utilfredse, er dem, der har langt den største del af omsætningen inden for industriel automation og leverer de mest komplekse løsninger som turn-key-løsninger. Altså de virksomheder som ligger i kategori 2 i modellen på side 6 i denne rapport. Disse virksomheder har også langvarige partnerskaber med mellemstore og store industrivirksomheder. Blandt disse installationsvirksomheder er der en betydelig kritik af det industrirettede indhold på uddannelsen og på fleksibiliteten i uddannelsen via modulerne.

Den største tilfredshed med elektrikeruddannelsen findes blandt de virksomheder, som har en mindre del af omsætningen i industrien, og som typisk ikke leverer turn-key-løsninger i sammenhæng med partnerskaber. Disse virksomheder er generelt mere positive overfor moduleringen og den fleksibilitet, dette giver virksomhederne. Disse installationsvirksomheder arbejder imidlertid også på at levere flere og mere komplekse automationsløsninger til industrien i de kommende år. Det kan betyde, at tilfredsheden med elektrikeruddannelsen i disse virksomheder vil falde i takt med denne udvikling.

1.1 Specialisering kontra bredde

Mange peger på problemer i forhold til elektrikeruddannelsens bredde. En leder, der også er elektriker, udtrykker det på følgende måde.

Citat: "Jeg ved godt, at jeg ikke bliver populær på at sige, at jeg ikke er fan af alle de moduler, der ligger i elektrikeruddannelsen. Jeg skal jo kun bruge dem, der handler om automation. Jeg har jo ikke brug for alle de andre. I bund og grund er elektrikeruddannelsen ved at blive alt, alt for bred. Du kan ikke gabe over dette her, og det vil sige, at når du er elektriker, så er du elektriker A,B,C,D. Det hænger jo ikke sammen. Det er jo ikke den samme uddannelse længere, der har noget fælles grundlæggende. I gamle dage havde man en elektriker, og så havde man en industriellelektriker. Det var til at forholde sig til. Det er altså ikke en elektriker, der laver bygninger, vi har brug for, og derfor skal den uddannelse snart skilles ad."

Selvom mange bruger begrebet industriellelektriker, så er der ingen, der ønsker sig tilbage til hverken industriellelektrikeruddannelsen eller styrings- og reguleringselektrikeren. Det, interviewpersonerne peger på, handler om nu og i fremtiden. Flere taler om, at den industrielle kontekst udvikler sig på en særlig måde og er blevet så speciel i forhold til bygninger, at allerede på et grundlæggende niveau er de nødvendige kompetencer ganske forskellige hos henholdsvis en bygningselektriker og en industriellelektriker. Dette gælder for de installationstekniske fx føringsveje, tavler, måleteknik, dokumentation, installation af motorer m.m.

Problemer med netop de grundlæggende industrirettede kompetencer nævnes ofte. De er for svagt udviklede hos lærlingene, der har valgt at gå industrivejen, hvilket det næste citat viser.

Citat: "I uddannelsen er der langt til det, vi bruger elektrikere til, så derfor er vi nødt til at oplære dem selv i forhold til det, vi laver i industrien. En industrimand (elektrikerlærling) kan oplæres på et års tid. Altså hvordan du laver en industriinstallation med kabelbakker, hvordan det skal ligge, hvordan det skal sidde fast med bolte, hvordan vi afslutter det. Dokumentation – det lærer man ikke meget om som elektriker. De kan ikke engang læse en tegning. Jeg tror, det er fordi industri fylder alt for lidt i elektrikeruddannelsen. Man går alt for meget op i bolig og bygninger. Vi laver ingen boliger her."

Den pågældende virksomhed har udviklet et industrirettet program for deres elektrikerlærlinge, hvor de også gennemfører teoretisk undervisning i det, som lærlingene mangler i deres uddannelse. Som det ses af citatet, handler det meget om fundamentale industrirettede kompetencer.

I en anden virksomhed har man registreret de samme problemer med grundlæggende industriel teknik.

Citat: "Vi havde for nylig tre, vi lige havde udlært, og så gav vi dem en helt simpel opgave. Det er noget med, at vi har en vandtank, der skal fyldes, og den har tre følere og to pumper. De to pumper skal starte i en rækkefølge og stoppe i en rækkefølge. Vi beder dem så om at tegne et nøgleskema i forbindelse med opgaven. Den opgave kan de sgu ikke løse! Derfor har vi indført nogle undervisningsforløb her i huset, hvor vi forsøger at rette op på dette. Næste gang bliver det noget med relæteknik. Det er skræmmende synes jeg – at man kommer fra skolen og skal være elektriker i industrien, at sådan nogle basale ting ikke

hænger fast – men de kan sgu alle sammen lave et program i en PLC. Men de kan ikke tegne et nøgleskema med en simpel styring med relæteknik!”

Disse erfaringer er ikke enestående. Kritik af manglende grundlæggende viden om automation og installationsteknik er ganske gennemgående.

En anden gennemgående kritik handler om industrimodulernes indhold og faglige fokus.

1.2 Det industrirettede indhold

Interviewpersonerne var velinformerede om modulernes indhold, da det er dem der typisk står for rekruttering af lærlingene. De er samtidig selv elektrikere og har også typisk en videregående uddannelse i forlængelse af elektrikeruddannelsen. Deres vurderinger af uddannelsen og industrimodulernes indhold har derfor en stærk faglig forankring.

Det er ikke kun de manglende industribetonede grundkompetencer, der er problemet i de fleste virksomheders vurderinger af elektrikeruddannelsen. Der er sket et skred væk fra det praktiske arbejde, som elektrikerne reelt udfører i virksomhederne, over til programmering af PLCer og robotter. Følgende citat giver et repræsentativt billede af problemet.

Citat: “Når mine lærlinge har valgt de moduler, der har noget at gøre med industri, så lugter det af, at de skal være programmører, og alle skal ikke være programmører. Det er selvfølgelig vigtigt, at de får viden om det, og det arbejdede man jo også med på den gamle styrings- og reguleringselektrikeruddannelse. Hvis de vil være programmører, så kan de tage automationsteknologen bagefter. Det er helt forkert, at når det skal have noget med industri at gøre, så er det enten noget med programmering, SCADA eller robot. Der er alt for meget fokus på at uddanne programmører.”

Der er tale om en bred kritik af modulernes skred mod et videregående uddannelsesniveau. Det skred væk fra den praktiske installationstekniske faglighed, som en del oplever, vil påvirke installationsvirksomhedernes udvikling negativt i de kommende år, er vurderingen blandt flere interviewpersoner.

Citat: “Vi er ved at miste industrielektrikeren som håndværker og praktisk betonet teknikker, og det bliver virkelig et problem for virksomheder som os. Det er faglærte, vi har brug for. Alle skal ikke videreuddannes. De skal heller ikke være programmører.”

Der er en opfattelse af, at elektrikeruddannelsens fokus og indhold afspejler en undervurdering af det praktiske og den installationstekniske faglighed.

Citat: “Hvis du tager et nyt anlæg, der skal bygges op fra grunden - det er jo et kæmpe projekt, hvor elektrikerne er med helt fra starten. Etablering af føringsveje, kabling og montering af alle enheder og komponenter, tavler, afprøvnin-ger, hjælp i forbindelse med test af anlægget i samråd med en programmør osv. Og efterfølgende service. Så de er jo med helt fra vugge til grav på det projekt. Elektrikeren er en kæmpespiller i det her.”

Ovenstående kritik af den utilstrækkelige installationstekniske faglighed er gennemgående, men de samme virksomheder ønsker også, at uddannelsen skal indeholde de sidste nye teknologier og er også glade for, at dette faktisk er tilfældet i modulerne.

Citat: *"Hvis du tager de moduler, der handler om automation, så er det en hel anden uddannelse end dem, der tager modulerne inden for bygninger. Man skal have den grundlæggende viden om el uanset hvad, men jeg ser også nogle unge gutter nede i automation, og de tager det til sig. Det er nogle spændende moduler, de har på skolen, og de får lov til at komme med nogle ting til deres svendepøver, som vi faktisk som virksomhed også har et input til."*

En virksomhed der også arbejder meget med bolig/bygnings-el har positive vurderinger af uddannelsens moduler, men efterspørger ligesom de øvrige en stærkere industrifaglig profil.

Citat: *"Når de er i Aalborg, så ved de meget om industrien. Det fungerer godt, og de lærer noget. Skolerne skal altså specialisere sig, og det har de gjort i Aalborg. De har også gode lærere, der har forstand på industri. Generelt synes jeg, at det med moduler er en god opbygning. [...]. Ellers synes jeg, at uddannelsen kører godt nu. Men der mangler endnu mere industri."*

1.3 Sammenfatning af virksomhedernes vurderinger

Ovenstående vurderinger af elektrikeruddannelsen er et repræsentativt uddrag af det materiale, som er indsamlet i forbindelse med virksomhedsbesøgene. Det er derfor vigtigt at nuancere billedet med henblik på at opnå et helhedssyn på de problemstillinger, interviewpersonerne rejser på tværs af virksomhederne. De samme virksomheder kan fx ofte ønske sig et betydeligt stærkere fokus på det installationsfaglige samtidig med, at man også lægger stor vægt på, at en industrielektriker har et omfattende system- og proceskendskab, viden om dataopsamling, visionteknologi, robotter og PLC.

Der er imidlertid ikke et modsætningsforhold i at lægge stor vægt på industrielle installationsfaglige kompetencer og betone, at industriellelektrikere også skal være stærke i de nye teknologier. Interviewpersonerne forholder sig hovedsageligt til den virkelighed, deres virksomhed og industriellelektrikerne befinder sig i og mindre til, hvad det er muligt at løfte i en elektrikeruddannelse med de nuværende rammer. Det samlede billede er tidligere skitseret igennem modellen på side 15. Modellen er netop udtryk for, at der er en tæt sammenhæng mellem de strategiske overvejelser i installationsvirksomhederne og den profil, de ser som den foretrukne hos deres industriellelektrikere. Det er også i dette lys, at uddannelsen og modulerne vurderes i, og her kan der være en del nuancer på tværs af virksomhederne, men det overordnede billede, som modellen viser, står ganske klart.

En vigtig nuance i interviewene er flere virksomheders betoning af, at der er for stort et fokus på programmering af PLC og robotter i industrimodulerne. Dette kan i nogle tilfælde komme til at fremstå som en modsætning til det installationsfaglige, som man oplever mangler i betydelig grad. Når man spørger mere detaljeret ind til dette, viser der sig en vigtig skelnen imellem at kunne

programmere en PLC til et vist niveau, og det at være PLC-programmør som jobfunktion. Det sidste fører elektrikeruddannelsen ikke til i dag og det skal den heller ikke fremover – her rekrutterer virksomhederne folk med videregående uddannelser eller elektrikere, der på anden vis har opnået disse kompetencer. Til gengæld skal uddannelsen indeholde PLC-programmering og robotprogrammering i et omfang, som i det mindste gør det muligt at indlæse og tilrette/revi- dere programmer og forstå sammenhængen mellem hardware og software i et automatisk anlæg.

Alle betoner stærkt, at skolerne skal specialisere sig i industriel automation, og installationsvirksomhederne vælger konsekvent de skoler, der bestræber sig på dette. Interviewpersonerne er meget kritiske overfor undervisning, der ikke specifikt er industrirettet og blander bolig og industri. Især virksomheder i kategori 2 ønsker væsentligt mere industrirettet ind i uddannelsen, fordi de ikke kan se, at det er muligt at lære det, der er behov for, hvis boliginstallationer også skal være en del af det – især i hovedforløbet.

2 Efteruddannelse

Udbuddet af efteruddannelseskurser i Elbranchens Efteruddannelse – Årskatalog 2021 er ganske omfattende og kurserne præsenteres på en overskuelig og ind- bydende måde med informative indholdsbeskrivelser.

- Der er to kurser om cybersikkerhed med en varighed på tilsammen 3 dage, som er dækkende for det, en elektriker i industrien har behov for.
- Inden for PLC er der 4 relevante kurser i relation til automatiske anlæg. Hvis man mangler mere her, er der et stort udbud af PLC-kurser under industriens område, som kan ses på AMUkurs.dk ligesom Elbranchens kurser.
- Inden for regulering er der fire kurser med et relevant indhold, der også omfatter frekvensomformere og motorregulering med avancerede mo- tortyper.
- Sikkerhed og fejlfinding på maskinanlæg omfattes af to kurser, hvor ma- skindirektivet også indgår.
- Robotteknik dækkes af tre kurser på tilsammen 12 dage med grundlæg- gende on-lineprogrammering og mere avanceret off-line programmering. Kurserne indeholder også vision og robotsikkerhed.
- Inden for pneumatik er der et kursus på 5 dage, som både indeholder fejlfinding og el-pneumatik.
- Endelig er der et kursus i elektrisk støj (EMC) på 2 dage med et relevant indhold - også for elektrikere i industrien.

Hvis man sammenholder Elbranchens udbud af AMU-kurser rettet mod indu- strien med det, der i øvrigt udbydes under industriens område, er der et særde- les stort udbud af AMU-kurser, som installationsvirksomhederne kan anvende ved efteruddannelse af industrielektrikere.

2.1 Virksomhedernes anvendelse af AMU-kurser

En relativ lille andel af installationsvirksomhederne bruger AMU-kurser systematisk til deres industrielle elektrikere. Der er dog nogle, der har sat det i system omkring de årlige medarbejdersamtaler.

Citat: "Vi bruger efteruddannelse inden for AMU systematisk. Det tager vi ved medarbejdersamtalerne. Omkring den nye lovgivning inden for el, der har vi sendt alle mand på kursus i Frederikshavn. Vi delte os op i tre, og så fik vi et kursus i det. Det var et AMU-kursus og det var fint. Der er jo rigtig meget i AMU. Vi har dog ikke deltaget i noget videre i det seneste halvandet år på grund af Corona."

De fleste af de besøgte installationsvirksomheder vælger at få opfyldt deres efteruddannelsesbehov på anden vis. Nogle vælger AMU-kurser ind imellem, men oplevelsen er, at det ikke er nemt at få dækket behovene af den vej på en fremkommelig måde. Flere mener, at niveauet er for lavt, og at kurserne gentagne gange bliver aflyst. Det er temmelig frustrerende, når installationsvirksomheden endelig har fået frigjort folk til at kunne følge noget efteruddannelsen. Det forhold, at alle besøgte virksomheder har særdeles travlt, betyder desuden, at man kun tager efteruddannelse, som opleves som helt nødvendigt. Efteruddannelse er imidlertid så vigtigt for installationsvirksomhederne, at flere har taget sagen i egen hånd.

Citat: "Efteruddannelse igennem AMU – det bruger vi næsten ikke. Vi har en el-installatør, og han elsker at undervise. Al vores under visning har vi oppe på første sal. Vi har dog haft to afsted på et AMU-kursus i Skive for at lære at montere højspændingsmuffer. Vores erfaring er, at der ikke er meget i AMU rettet mod os, og når vi melder os på, så bliver kurset ofte aflyst – det fungerer slet ikke det system. Så vi laver vores eget, og det virker virkelig godt. Og så får vi jo kulturen med også. Og folkene vil hellere på kursus her end på et AMU-center ude i landet. Det kan fx være et kursus i kvalitetssikring. Et kursus i de nye bekendtgørelsesregler. Noget om automation. Det kan være, vi tager en automationsmænd med, fx kan indholdet være, hvordan man fejlfinder på en maskininstallation. Det virker rigtig godt, men det koster også virksomheden en del penge."

Ud over interne læringsaktiviteter anvender installationsvirksomhederne også leverandørkurser.

Citat: "Det er primært leverandørkurser, vi går med, fordi det er mere specifikt i forhold til de projekter, vi laver. Leverandørerne er også blevet bedre til at komme ud og levere noget teknisk support. Ellers bruger vi hinanden rigtig meget."

Installationsvirksomhedernes beskedne anvendelse af de mange efteruddannelseskurser, der igennem tiden er udviklet skyldes i betydelig grad aflysninger, for lavt et niveau i undervisningen og forældet udstyr på skolerne. Flere nævner, at skolernes skal specialisere sig for at løfte kvaliteten på efteruddannelsen, og så skal de efteruddanne deres lærere i langt højere grad, end de gør i dag. Flere har oplevet, at lærerne ikke er opdateret i ny teknologi, hvilket også er meget krævende inden for industriel automation.

2.2 Udækkede efteruddannelsesbehov i virksomhederne

Selvom der er udviklet et stort udbud af AMU-kurser, så er der alligevel et udækket efteruddannelsesbehov i installationsvirksomhederne.

Citat: "Hvis du kan lave et procesmodul og koble det til synliggørelse af værdiskabelsen, så vil den pågældende industrielektriker stå rigtig stærkt. Det er der ingen tvivl om. Så kan vi virkelig synliggøre, at vi gør en forskel for industrivirksomhederne. Synliggørelse af data, og gøre dem anvendelige, bygger jo på proceskendskab. Hvis ikke man ikke har proceskendskab, så giver data typisk ingen mening. Hvis det kom som efteruddannelse, så vil jeg helt sikkert købe det til nogle af mine folk."

Det, der tales om her, er i virkeligheden den samme kompetence som efterspørges i elektrikeruddannelsen og som fremgår af kompetencemodellen på side 15. Som efteruddannelse vil der være tale om udvikling af flere kurser med henblik på en kursuspakke inden for temaerne systemkendskab i industriel automation, proceskendskab i forhold til industrielle fremstillingsprocesser og synliggørelse af værdiskabelse i forhold til dataopsamling og formidling. Kurser med dette indhold findes ikke i AMU i forvejen.

Et andet område, hvor analysearbejdet har afdækket et efteruddannelsesbehov, er i relation til installationsvirksomhedernes rekruttering af installationselektrikere med henblik på arbejdsopgaver inden for industriel automation.

Citat: "Når vi slår jobs op, så får vi rigtig mange ansøgninger fra folk, der godt kunne tænke sig at arbejde med det, vi arbejder med. Men en almindelig installationselektriker har ikke baggrunden i orden til at gå ind og lave automation i dag. De har ikke en kinamands chance. De kan komme til at lære at lave maskinmontagen og montere op til ind- og udgange. Der er selvfølgelig nogen der kan lære det."

Der findes altså installationselektrikere, der gerne vil arbejde med industriel automation og installationsvirksomheder, som gerne vil ansætte dem, hvis de ellers har kompetencerne i orden. Her løber installationsvirksomhederne ofte ud i nogle vanskeligheder. En anden virksomhed udtrykker det på følgende måde.

Citat: "Hvis jeg har ansat en almindelig elektriker, som jeg gerne vil have opgraderet til en industrimand, så kan jeg ikke finde et kursus eller en kursusrække, hvor jeg kan få denne elektriker opgraderet til industrien. Han har måske arbejdet en årrække i installationsbranchen, og nu vil han gerne arbejde med den industrielle verden. Så har du virkelig en udfordring. Hvis vi så finder et kursus, vi kan bruge til den pågældende, så bliver kurserne aflyst i et væk."

Flere nævner, at den pågældende kursuspakke skal svare til indholdet i modulerne på hovedforløbet, og at man i forbindelse med en revision af disse bør medtænke en efteruddannelsespakke til installationselektrikere. Dette udelukker dog ikke, at eksisterende AMU-kurser kan indgå i pakken.

4. del: Udviklingsperspektiver og anbefalinger

I denne sidste del af rapporten skal der med baggrund i det samlede analysearbejde gives bud på nogle udviklingsperspektiver og leveres anbefalinger i forhold til en efterfølgende uddannelsesudvikling både i forhold til elektrikeruddannelsen og AMU.

1 Industrielektriker

Udviklingsperspektiver og anbefalinger beskrives i dette kapitel ud fra kompetencemodellen s. 16.

1.1 Industrikompetencer på elektrikeruddannelsen

Som beskrevet i rapportens 1. del ser installationsvirksomhederne en strategisk styrke i at fastholde og udvikle stærke industrielle installationskompetencer som grundlag for at kunne levere hele og avancerede løsninger til industrien med efterfølgende servicekontrakter. Uddannelsen af elektrikere med en industriel profil er grundlaget for at gøre dette til virkelighed. Derfor har de besøgte virksomheder mange lærlinge. Virksomhedernes betoning af stærke industrielle installationskompetencer er samtidig udtryk for industrielektrikerens kernefaglighed, sådan som kompetencemodellen på s. 16 viser.

Virksomhedernes vurderinger af den nuværende elektrikeruddannelse viser et behov for at styrke de industrielle installationskompetencer væsentligt.

Grundforløbet og begyndelsen af hovedforløbet (H1) hviler på den kendsgerning, at der er nogle grundlæggende installationskompetencer fælles for byggeri og industri. I det omfang kompetencerne ikke fuldstændigt spejler hinanden, er der en stor overføringsværdi imellem dem. El-teori, måleteknik, tavler, kabler, potentialeudligning, el-sikkerhed m.m. er fx fælles på et grundlæggende niveau.

I forbindelse med en styrkelse af de industrielle installationsfaglige kompetencer kan det faglige udvalg overveje følgende:

- Om der kan komme et stærkere fokus på at differentiere undervisningen i de fælles el-faglige og tværgående kompetencer, så den i højere grad dækker hele bredden af uddannelsen.
- Om der kan komme et stærkere fokus på grundlæggende industriel el også i de grundlæggende el-kompetencer på Grundforløb 2 end det er tilfældet i dag?
- Om der kan komme et større fokus på elinstallationer i industriel automation end tilfældet er i de fælles fag på H1 i dag?
- Om industrielle installationsfaglige kompetencer generelt kan styrkes på hovedforløbet, herunder i industrimodulerne?

De industrielle installationsfaglige kernekompetencer må imidlertid ikke anskues som noget isoleret og statisk, men som et sæt af kompetencer, der videreudvikles i takt med den teknologiske udvikling. Især i modulerne skal det installationsfaglige ikke fremstå særskilt, men integreres med fx PLC eller frekvensomformere og ikke alene ses som noget manuelt og praktisk. Eksempel: Fortrådning af en frekvensomformer er en manuel aktivitet, som bygger på viden om

elektrisk støj, og viden om hvad skærmning af kabler udretter i denne forbindelse.

1.2 Systemviden om industriel automation

Betydningen af industrielektrikers helhedsforståelse og systemviden om industriel automation nævnes gentagne gange i interviewene i installationsvirksomhederne. I takt med indfasningen af industri 4.0, hvor maskiner og automatiske enheder bindes sammen i forskellige former for netværk, bliver systemviden bærende for industrielektrikerens øvrige kompetencer. Indgreb i en enhed eller en maskine i et automatiseret produktionsanlæg kræver viden om enhedens kommunikation med andre enheder, og hvad der kommunikeres om, samt hvordan denne kommunikation i teknisk henseende fungerer. Her er automationspyramiden fundamentet for systemforståelsen.

Den stærke vægt på systemviden er et brud med den klassiske måde at være faglært på, hvor man gradvist går fra viden om komponenter til maskiner og dernæst til systemer. Set i et uddannelsesperspektiv kan man kalde denne læringsstrategi for bottom-up. Hvor systemviden og helhedsforståelse bliver grundlaget for at kunne arbejde med maskiner, enheder og komponenter, må der anlægges en top-down læringsstrategi. Dette betyder i praksis, at systemviden skal spille en større rolle tidligere i uddannelsen. Det faglige udvalg kan i denne forbindelse overveje følgende:

- Om systemviden i form af automationspyramiden (især OT-lagene) kan indføres i H1 med vægten på Industri 3.0?

I forhold til systemviden om industri 4.0 i elektrikeruddannelsen kan man arbejde med de principielle forskelle mellem Industri 3.0 og Industri 4.0, sådan som de optræder i denne rapport. Skitserne på s. 21 og 26 kan anvendes som inspiration. I denne forbindelse kan det faglige udvalg overveje følgende:

- Om systemviden vedrørende Industri 4.0 kan påbegyndes i H1 i forlængelse af arbejdet med automationspyramiden?

Systemviden skal selvfølgelig læres som et særskilt vidensområde i udgangspunktet. Det er imidlertid vigtigt, at systemviden også integreres i de efterfølgende modulers læringsaktiviteter, hvor man lærer om forskellige automatiske enheder, sådan at enhederne hele tiden bliver sat ind i en systemkontekst.

Digitale tvillinger, VR og AR

Den digitale tvilling er indbegrebet af industri 4.0, fordi den repræsenterer en særdeles omfattende integration af data – ikke blot i produktionsprocessen. Den kan også omfatte hele produktets livscyklus. Elektrikerne vil i fremtiden opleve, at al dokumentation, herunder fabrikantens anvisninger vedr. service og reparation, vil være integreret i den digitale tvilling. Tilgangen til den digitale tvilling foregår typisk igennem virtual reality (VR) og augmented reality (AR).

Begge teknologier er relevante for industrielektrikere både i forhold til installations- og serviceopgaver i industrien. I forhold til digitale tvillinger handler det væsentligst om viden. Elektrikere skal ikke kunne indgå i udvikling og opbygning af digitale tvillinger, men anvende dem ved hjælp af AR og VR. Det faglige udvalg kan overveje følgende:

- Om digitale tvillinger, VR og AR kan indgå i Grundforløb 2. Disse teknologier er også relevante for elektrikere i byggeriet. Derudover kan det faglige udvalg overveje, hvordan digitale tvillinger, VR og AR kan indgå i hovedforløbets moduler.

Et bud kan være, at man i hovedforløbet bygger videre på det, eleverne lærer i grundforløbet ved at integrere dette i de øvrige læringsaktiviteter i modulerne. Anvendelse af AR og VR kan også foregå ud fra en pædagogisk synsvinkel og medvirke til at styrke indlæringen af forskellige fagelementer. Flere erhvervsskoler er i gang med at implementere VR og AR i undervisningen.

Dataopsamling – Big Data

Den praktiske og anvendelsesorienterede tilgang til data handler om, at elektrikerens med afsæt i et solidt systemkendskab og kendskab til industrivirksomhedens processer skal kunne forholde sig til hvilke enheder, der samler data op, hvad data repræsenterer i de industrielle processer, og hvad data kan/skal anvendes til i praksis.

Dette er i det væsentlige allerede tilgodeset i modul 3.2 og 4.2 i elektrikeruddannelsen. Man kunne dog overveje følgende:

- Om viden om Industri 4.0 med Big Data skal inddrages og kobles til systemviden om både Industri 3.0 og 4.0.

Derudover kan man også sætte fokus på sammenhængen mellem dataopsamling og synliggørelse af værdiskabelse, sådan som virksomhederne efterspørger.

Netværk, IIOT og IT-sikkerhed

Netværk er godt repræsenteret i modulerne (2.3, 3.2, 4.2) og IOT indgår i alle moduler med stort set den samme tekst *“Har kendskab til/ kan redegøre for IoT teknologi anvendt på automatiske maskiner”*.

Systemviden i forhold til Industrial Cloud Computing er vigtig for at kunne forstå IIOT i en industrivirksomhed, men også den principielle opbygning af en IIOT-enhed er vigtig. Det faglige udvalg kan i denne forbindelse overveje følgende:

- Om beskrivelsen af IIOT skal uddybes til at omfatte systemviden vedrørende Industrial Cloud Computing (kendskab) og en IIOT-enheds generelle opbygning?

IT-sikkerhed indgår ikke i modulerne. Det faglige udvalg kan i denne forbindelse overveje følgende:

- Udformning af en målpind fx i modul 3.2 der skal give elektrikerens en overordnet viden om IT-sikkerhed i industriel automation og på denne baggrund kunne følge leverandørers regler og retningslinjer for IT-sikkerhed i forbindelse med opbygning og servicering af industrialanlæg.

1.3 Viden om industrielle processer

Procesviden eller proceskendskab nævnes i flere interviews som en vigtig kompetence for industrielektrikere. Dette dækker dog over et meget stort område for den del af installationsbranchen, som leverer ydelser til industrien. Procesviden/procesforståelse indgår i flere moduler (2.5, 4.2), hvor nogle skoler retter undervisningen på modul 2.5 mod brancher og virksomheder i deres nær-område, hvilket ligger inden for de rammer, der er givet med målpindene i modulet.

1.4 Specifikke tekniske kompetencer

Langt de fleste specifikke tekniske kompetencer er tilgodeset i modulerne inkl. kvalitetssikring. Dokumentation optræder kun i modul 2.3 og her i forbindelse med idriftsættelse af et automatisk anlæg. I grundforløbet er der imidlertid en betydelig vægt på grundlæggende dokumentation i forhold til installationer og el-diagrammer. Det faglige udvalg kan overveje følgende:

- At knytte dokumentation til flere målpinde i modulerne fx i forhold til service og fejlfinding/fejlrretning samt energioptimering.

Robotter

I det omfang elektrikere arbejder med robotter, er det ikke alene robotten og det at kunne programmere en robot, der er i fokus. Det handler også i høj grad om installation af robotløsninger, indkøring, fejlfinding, reparation af især periferudstyr herunder gribere. Dette afspejler de to robotmoduler (3.3 og 4.3) også i et pænt omfang. Dog virker det lidt specielt, at arbejdet med robotter i modulerne i så høj grad forbindes med procesanlæg. En anden specialiseret anvendelse er modulernes målpind om energioptimering af produktionsprocesser ved hjælp af robotter. Set ud fra en læringsmæssig synsvinkel er det mest oplagt at starte med håndtering af emner og bevæge sig ud i mere specialiserede anvendelser herfra. Det faglige udvalg kan på denne baggrund overveje følgende:

- At tilrette robotmodulerne så indholdet fokuserer på håndtering med robotter og desuden inddrage gribere og de teknologier, der typisk indgår heri – både mekanik, hydraulik, pneumatik og elektriske aktuatorer.

Vision

I forhold til elektrikers uddannelse og efteruddannelse er det vigtigt at holde fokus på installation og fejlfinding med baggrund i en praktisk betonet og grundlæggende viden om visionsystemer.

I elektrikeruddannelsen kan vision starte med de simple og mest udbredte løsninger fx stregkodelæsning og lignende af styringsmæssig karakter. Dernæst kan man bevæge sig videre mod de billige smartkameraer fx i forbindelse med en enkel guidning af en robot. De mere data- og analysetunge dele af vision kan evt. udvikles som efteruddannelse. Her bevæger man sig dog hurtigt ind i et område for ingeniører og særlige specialister i vision.

Vision indgår i modul 2.2 og i de to robotmoduler (3.3, 4.3), hvor vision udelukkende anvendes til kvalitetssikring af processer. Kvalitetssikring er en af de

mest avancerede og krævende anvendelser af vision. Derudover anvendes vision almindeligvis til at guide robotter frem for kvalitetssikring med robotter. Det faglige udvalg kan derfor overveje følgende:

- At indføre vision i modulerne 1.2, 2.2, 2.5, 3.3 og 4.3 med en progression som foreslået ovenfor og i kapitlet om vision, hvor der afsluttes med guidning af robotter med vision. Kvalitetssikring kan indgå som "viden om kvalitetssikring ved hjælp af vision".

1.5 Bæredygtighed og energioptimering

Energioptimering indgår i modulerne 1.2, 2.5, 3.2, 3.3, 4.2 og 4.3. og er dermed dækket godt ind. Bæredygtighed herunder reduktion af CO2 indgår til gengæld ikke i uddannelsen. Flere interviewpersoner nævner, at elektrikere skal have en forståelse af, hvad bæredygtighed er, og derudover skal virksomhederne have kompetencer og viden om hvordan de igennem deres ydelser kan bidrage til en mere bæredygtig udvikling. Et skarpt blik for energioptimering og muligheder for reduktion af CO2 er en vigtig del af dette kompetenceområde. Det faglige udvalg kan overveje følgende:

- Hvordan forståelse for bæredygtighed kan implementeres i uddannelsen. Samtidig skal virksomhederne have kompetencer og viden om, hvordan man arbejder med bæredygtighed i industrien herunder scopes og CO2-regnskaber.

1.6 Kundeservice og rådgivning

At være serviceminded i udførelsen af arbejdsopgaverne i industrien er en meget vigtig kompetence for industrielektrikere. Her spiller en professionel kommunikation en vigtig rolle – ikke mindst i forbindelse med rådgivning. En industrielektrikers rådgivning af kunder i industrien er en rådgivning af andre fagfolk fx operatører, driftsledere, tekniske ledere mv. Det er samtidig en rådgivning med afsæt i de konkrete opgaver, industrielektrikeren udfører og her fra spotter nye løsninger og problemstillinger.

I faget "Kundeservice og salg af tekniske løsninger" i H1 er kundeservice dækket godt ind med et konkret indhold rettet mod installationsbranchen.

Med hensyn til rådgivning optræder denne kompetence i robotmodulet 4.3. med ganske overordnede og abstrakte beskrivelser. Man kan stille spørgsmålstejn ved, om den beskrevne rådgivning er en opgave for elektrikere. Rådgivning skal også ses i lyset af, at der ved en enhver rådgivning følger et rådgiveransvar med. Det faglige udvalg kan overveje følgende:

- At inddrage rådgivningsaspektet i flere moduler i tæt tilknytning til industrielektrikers konkrete opgaver i industrien. I denne form for rådgivning er det oplagt at sætte fokus på den værdiskabelse elektrikerens arbejde giver anledning til.

2 Læringsmiljøer i industriel automation

I flere lande er det erfaringen at det er en stor udfordring af skabe gode læringsmiljøer i industriel automation, der også kan indeholde de centrale Industri 4.0 teknologier. I Sverige, Norge og Tyskland bygger man på flere erhvervsskoler såkaldte læringsfabrikker, som kan bestå af en enkelt fuldautomatiseret og digitaliseret produktionslinje eller hele fabrikker opbygget med det formål at lære om industriel automation fra faglært- til kandidatniveau. MADE (Manufacturing Academy of Denmark) arbejder også med learning factories i samarbejde med flere videregående uddannelsesinstitutioner og erhvervsskoler.

I takt med videreudvikling af en industrirettet elektrikeruddannelse og efteruddannelse kan læringsfabrikker være en vej at gå med henblik på at sikre en tæt forbindelse mellem undervisningen på skolerne og elektrikerens arbejdsopgaver i industrien.

På Aarhus Maskinmesterskole foregår en stor del af automationsundervisningen på digitale tvillinger af automationsanlæg – dvs. nøjagtige 3D-kopier af fysiske anlæg. Det samme er tilfældet på maskinmesterskolen i København. På begge uddannelsesinstitutioner anvender man Xcelcos softwareplatform Experior. Xcelgo er en softwarevirksomhed i Ry, der i en længere årrække har udviklet softwareplatforme til digitale tvillinger inden for automationsbranchen og leverer nu til hele verden. I Aarhus anvendes Experior også til undervisning af automationsteknologer. Digitale tvillinger er altså allerede at finde på flere uddannelsesinstitutioner i DK.

I Sverige har man startet et stort uddannelsesprojekt *Smarta Fabriker*, som involverer forskellige virksomheder, fagligheder og uddannelsesniveauer. I den følgende video fra projektet kan man se, hvordan Virtual Commissioning (virtuel idriftsættelse) for alvor giver mening, når det er understøttet af et multidisciplinært projektføreløb med flere fagligheder. <https://youtu.be/KzdlsWBCRhY>

Der er ingen tvivl om, at man kan skabe nogle stærke industrielle læringsmiljøer i både elektrikeruddannelsen og i efteruddannelse igennem anvendelse af digitale tvillinger, sådan som det allerede sker flere steder. Samtidig skal man være varsom med, at elektrikerne mister forbindelsen til de centrale installationsmæssige grundkompetencer, hvis man i for høj grad rykker om bag skærmen eller tager VR-brillerne på. Den fysiske virkelighed, som læringsfabrikkerne tilbyder, vil ofte være at foretrække for elektrikerne frem for den virtuelle verden. En velvalgt kombination vil sikkert være det optimale.

Det faglige udvalg kan i denne forbindelse overveje følgende:

- Hvordan det faglige udvalg kan bidrage til at styrke læringsmiljøer på skolerne inden for industriel automation fx i forbindelse med etablering af kompetencecentre eller mere generelt at understøtte udvalgte skolers initiativer mod en specialisering inden for industriel automation.

3 Udviklingsperspektiver – efteruddannelse i AMU

Efteruddannelse af industrielektrikere er meget vigtig for installationsvirksomhederne. Alligevel anvender man kun i et beskedent omfang de mange AMU-kurser, der udbydes inden for det industrielle område. Dette skyldes i betydelig grad aflysninger, for lavt et niveau i undervisningen og forældet udstyr på skolerne. Travlhed er også en faktor, som nævnes af interviewpersonerne.

De fleste af de besøgte installationsvirksomheder vælger at få opfyldt deres efteruddannelsesbehov igennem interne læringsaktiviteter, leverandørkurser og igennem enkelte AMU-kurser. Der er dog også udækkede efteruddannelsesbehov i installationsvirksomhederne.

Efteruddannelsesbehov, man ikke kan få dækket af det eksisterende AMU-udbud. Dette kan give anledning til udviklingsinitiativer inden for følgende områder:

- En kursuspakke inden for temaerne systemkendskab i industriel automation, proceskendskab i forhold til industrielle fremstillingsprocesser og synliggørelse af værdiskabelse i forhold til dataopsamling og formidling.
- En efteruddannelsespakke til installationselektrikere, der gerne vil arbejde med industriel automation.

Flere nævner i interviewene, at den sidst nævnte kursuspakke skal svare til indholdet i modulerne på hovedforløbet, og at man i forbindelse med en revision af disse bør medtænke efteruddannelse af installationselektrikere til at kunne varetage opgaver i industrien. Dette udelukker dog ikke, at eksisterende AMU-kurser også kan indgå i pakken.

Inden for Virtual Reality (VR) og Augmented Reality (AR) vurderes det med baggrund i virksomhedsinterviewene, at det aktuelle efteruddannelsesbehov i installationsvirksomhederne udgør et for lille volumen. Man kan dog evt. se dette i sammenhæng med elektrikere i byggeriet og udvikle et fælles efteruddannelseskursus for de to kategorier af elektrikere.