



Økonomiministeriet

Robotter på det danske arbejdsmarked

Økonomisk Analyse · Juni 2023



Robotter på det danske arbejdsmarked
Juni 2023

I tabeller kan afrunding medføre,
at tallene ikke summer til totalen.

Denne publikation er udarbejdet af
Økonomiministeriet
Ved Stranden 8
1061 København K

Omslag: BGRAPHIC
Foto: 3D-illustration, iStock
Produktion: Aliro Docs
ISBN: 978-87-7862-381-2

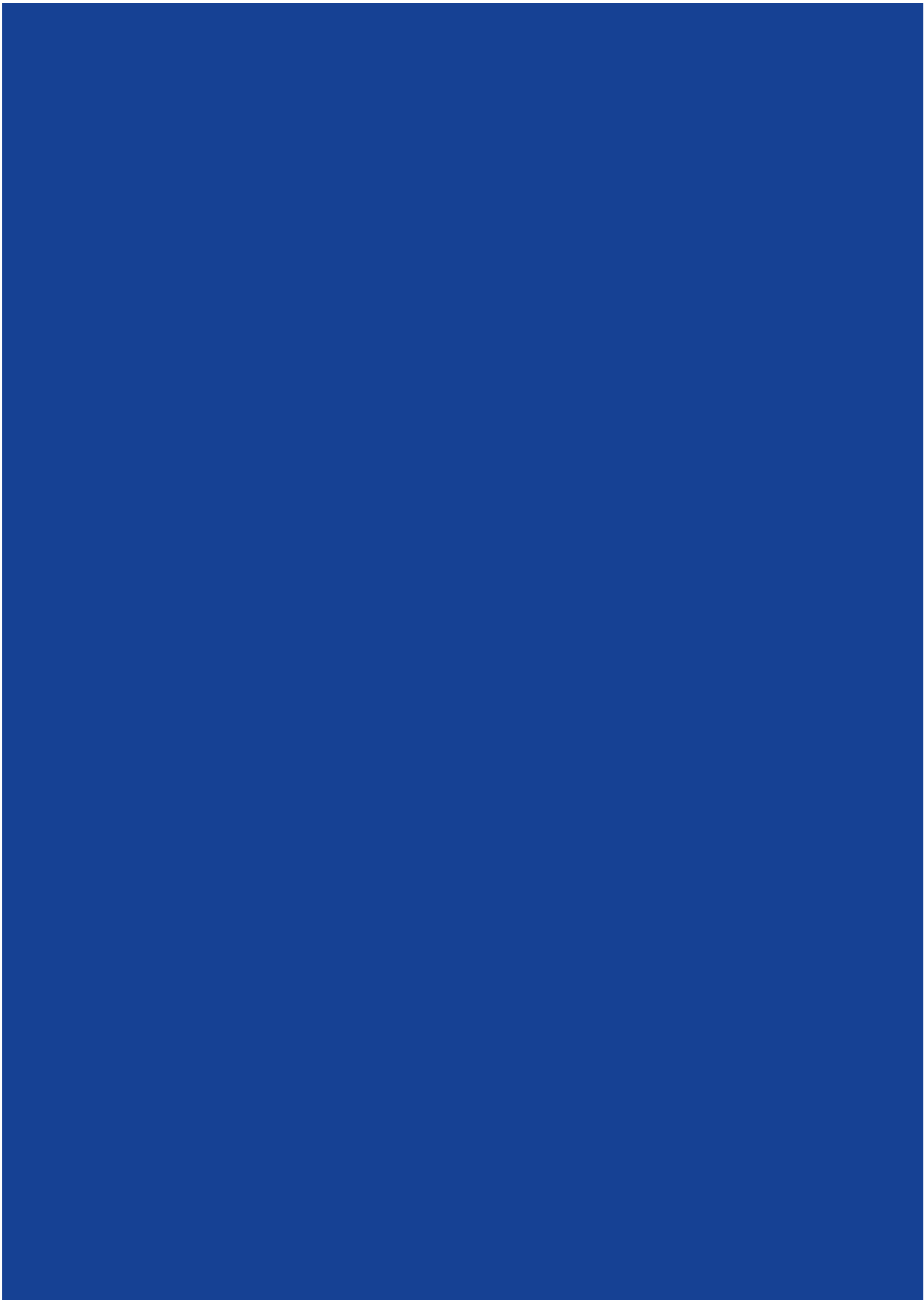
Publikationen kan hentes på
Økonomiministeriets hjemmeside
oem.dk



Økonomiministeriet

Robotter på det danske arbejdsmarked

Økonomisk Analyse · Juni 2023



Robotter på det danske arbejdsmarked

Danmarks industri er i dag blandt verdens mest automatiserede, og robotter indgår i produktionen i over en femtedel af virksomhederne i de private, ikke-finansielle byerhverv. Der er dog formentlig fortsat et uindfriet potentiale for yderligere automatisering i danske virksomheder, og de seneste år er antallet af nyinstallationer ikke steget (Erhvervsministeriet 2021a, Digitaliserings- og Ligestillingsministeriet 2023). Danmark er også et robotproducerende land, der særlig står stærkt inden for produktion af samarbejdende robotter (Finansministeriet 2020, Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse 2020, IRIS Group for Erhvervsstyrelsen 2019a og 2019b).

Automatisering er fortsættelsen af en lang teknologisk udvikling, der har muliggjort en højere levestandard og et mindre fysisk nedslidende og rutinepræget arbejdsliv. Tidligere undersøgelser af danske data viser, at automatisering i Danmarks industri har øget virksomhedernes produktivitet (De Økonomiske Råd 2023). Automatisering reducerer produktionsomkostninger og gør virksomhedernes varer billigere til gavn for forbrugere og andre virksomheder. Det kan derudover frigøre arbejdskraft til varetagelse af andre jobfunktioner. Dette er særlig relevant i en tid, hvor der på den korte og lidt længere bane er udsigt til fortsatte udfordringer med at skaffe tilstrækkelig arbejdskraft i nogle jobfunktioner i Danmark i både den offentlige og private sektor (Økonomiministeriet 2023, kapitel 2 og 5, Finansministeriet 2022a og 2022b, kapitel 6).

Denne økonomiske analyse finder, at automatisering i industrien i Danmark ikke har været forbundet med en nedgang i beskæftigelsen, hverken samlet eller i industrien isoleret set. Det afspejler blandt andet, at de lønmodtagere, der arbejdede i mere automatiserende industribrancher, før robotterne for alvor gjorde deres indtog, hyppigere har fundet job i andre industrivirksomheder og i nye jobfunktioner. Denne omstilling lader ikke til at have været forbundet med store omkostninger for dem, fx i form af lavere løn eller perioder uden beskæftigelse. Selvom skiftet fra en arbejdsplads til en anden og oplæringen i en ny jobfunktion kan kræve tid og kræfter af den enkelte lønmodtager og virksomhed, lader dansk økonomi altså til at have høstet gevinstene ved automatisering i form af øget produktivitet og frigørelse af arbejdskraft til at varetage nye jobfunktioner uden store omkostninger for de enkelte lønmodtagere eller mindsket beskæftigelse.

I det følgende fokuseres på automatisering i den private sektor og på konsekvenserne på arbejdsmarkedet og for de oprindelige lønmodtagerne i industrien. Analyserne bygger på et unikt datasæt, der kobler individoplysninger om beskæftigelse og løn for ansatte i industrien med internationale oplysninger om branchevariation i automatisering over de seneste knap 25 år, *jf. bilag 1*. Analysens hovedfokus er industrirobotter, men andre typer af automatisering berøres også, *jf. boks 1*.

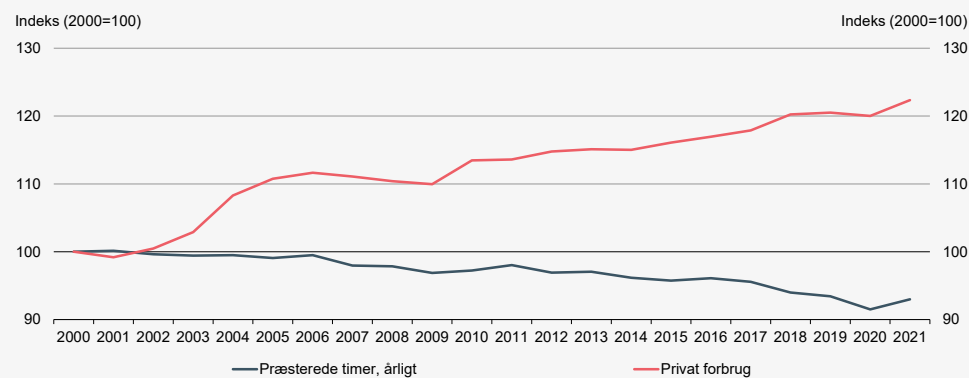
Boks 1**Der findes flere typer af robotter**

Overordnet inddeles robotter i fire typer ud fra intenderet anvendelse. En *industrirobot* indgår i industriel produktion, kan være fastmonteret eller mobil, er automatisk styret og kan programmeres til at manipulere objekter, bøje sig og rotere om mindst 3 akser. En *servicerobot* indgår i interaktion med personer, andre maskiner eller digitale enheder, har en grad af autonomi og er i stand til at operere i et komplekst og dynamisk miljø. En *samarbejdende robot* er designet til at arbejde side om side med mennesker, hvor robotten identificerer arbejdsrisici for mennesket og reagerer på disse. En ikke-fysisk *softwarerobot* er en teknologi eller et værktøj til automatisering af processer.

Anm.: International Federation of Robotics, hvis data anvendes her, anvender meget enslydende definitioner.
Kilde: Danmarks Statistik.

1. Teknologisk udvikling er kilden til vækst og velstand

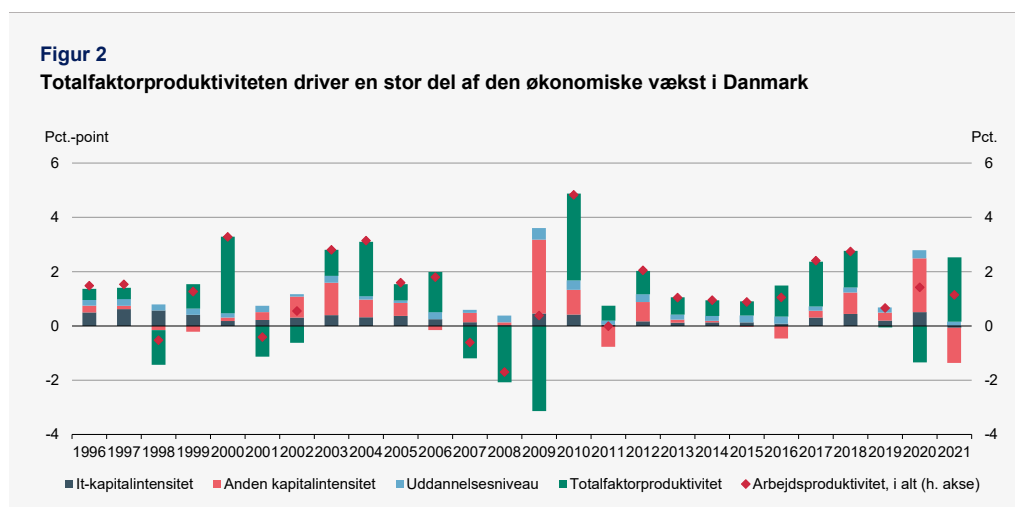
Teknologisk udvikling er af afgørende betydning for den økonomiske vækst. Det sker blandt andet gennem en forøgelse af produktiviteten, hvorved økonomien bliver i stand til at producere flere og bedre produkter, dvs. skabe mere værditilvækst med det samme input af arbejdskraft og kapital. På den måde får den gennemsnitlige borger alt andet lige mulighed for at holde mere fri eller oppebære et stigende forbrug. Det er konkret, hvad der er sket i Danmark, *jf. figur 1*.

Figur 1**Teknologisk udvikling gør det muligt at højne forbruget eller mindske arbejdstiden**

Anm.: Både forbrug og arbejdstid er opgjort pr. beskæftiget. Forbruget er opgjort i kædede værdier.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger.

Den værdi, som skabes af en gennemsnitlig beskæftiget, muliggør 20 pct. mere forbrug i 2021 end i 2000 med en årlig arbejdsindsats, der er omkring 7 pct. lavere. Denne udvikling kan helt overvejende tilskrives produktivitetsvækst som følge af teknologisk fremdrift, herunder en tiltagende automatisering af økonomiens produktion af varer og tjenesteydelser.

Den overordnede produktivitetsudvikling kan blandt andet opgøres ved arbejdsproduktiviteten, som måler, hvor meget værdi der skabes på en gennemsnitlig arbejdstime. En opdeling af de seneste årtiers udvikling i arbejdsproduktiviteten i dansk økonomi viser, at en stor del af den samlede vækst kan tilskrives udviklingen i totalfaktorproduktiviteten (TFP). Totalfaktorproduktiviteten er den del af produktivitetsvæksten, som ikke direkte kan tilskrives, at arbejdskraften har fået bedre kvalifikationer eller haft mere kapital til rådighed i produktionen. Den indfanger således alle andre faktorer, der bidrager til produktivitetsudviklingen, herunder bedre tilrettelæggelse af arbejdet og generel teknologisk udvikling. I Danmark har TFP drevet en stor del af fremgangen i produktiviteten de seneste årtier, men også en voksende kapitalintensitet har spillet en stor rolle, *jf. figur 2*. Automatiseringens bidrag til produktivitetsvæksten vil overvejende være indeholdt i bidraget fra TFP.



Anm.: Tallene er opgjort for den markedsøkonomi i alt. Begrebet *intensitet* dækker over, at der er tale om mængder pr. arbejdstime. Arbejdsproduktiviteten er opgjort som real bruttoværditilvækst pr. arbejdstime.

Kilde: Danmarks Statistik.

Igennem produktivitetsvækst påvirker automatisering altså væksten i økonomien og samfundets velstand entydigt positivt. Robotter kan dog også erstatte arbejdskraften i nogle jobfunktioner – funktioner, der kan være fysisk nedslidende eller rutineprægede – mens nye muligheder for arbejdskraften blive skabt gennem oprettelsen af nye jobfunktioner. Afhængigt af størrelserne på disse og en række andre effekter vil arbejds efterspørgslen blive påvirket forskelligt, og ikke alle lønmodtagere vil få det samme udbytte af udviklingen, *jf. boks 2*.

Selvom automatisering i noget omfang medfører, at maskiner erstatter mennesker i produktionen, er der ikke noget, der tyder på, at teknologisk udvikling generelt skulle medføre lavere beskæftigelse eller øget arbejdsløshed. Derimod er Danmark fx en avanceret økonomi med et højt teknologisk niveau, som har en lav strukturel ledighed. Det afspejler blandt andet, at den teknologiske udvikling er sket i et tempo, hvor arbejdsmarkedet har kunnet følge med og omstille sig til den nye efterspørgsel

efter kompetencer. I takt med yderligere automatisering vil der fortsat være brug for denne omstillingsevne.¹

Boks 2

Automatisering øger produktiviteten, erstatter arbejdskraft i nogle funktioner og muliggør andre

Der er forskellige effekter på arbejdsmarkedet og i økonomien af automatisering (Acemoglu og Restrepo 2019). Umiddelbart indebærer automatisering en **erstatning** af arbejdskraft i en jobfunktion, hvilket isoleret mindsker efterspørgslen på den pågældende type arbejdskraft. Det er ikke noget nyt, at ny teknologi gør mennesker unødvendige i bestemte funktioner.

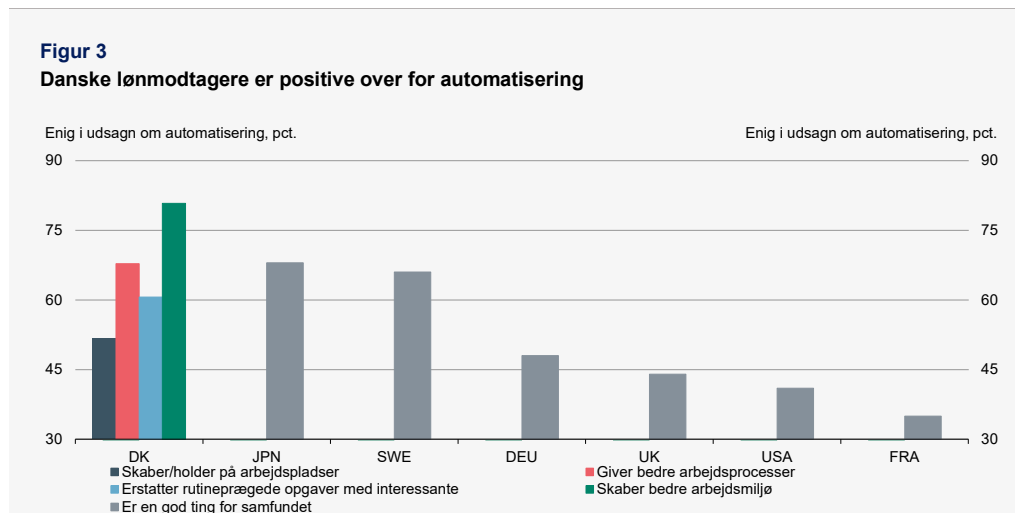
En række effekter vil dog modgå erstatningseffekten og løfte efterspørgslen på arbejdskraft. For det første vil automatisering typisk indebære, at produktionen bliver mere effektiv, og omkostningerne falder. Dette er automatiseringens **produktivitetseffekt**, som udmønter sig i stigende velstand og dermed stigende efterspørgsel i økonomien som helhed. Det vil samtidig øge efterspørgslen på arbejdskraft i funktioner, som ikke er automatiserede. Den øgede produktivitet vil for det andet normalt også lede til flere investeringer og et større kapitalapparat. Denne **kapitalakkumulationseffekt** øger ligeledes efterspørgslen på arbejdskraft. For det tredje medfører automatisering ikke kun erstatning af mennesker men også af ældre og mindre produktive maskiner. Det er **kapitalfordybelseseffekten**, som leder til yderligere produktivitet og kapitalakkumulation.

For det fjerde opstår der løbende nye jobfunktioner, i hvilke robotter ikke er mere produktive end mennesker. Disse jobfunktioner kan være direkte relateret til den nye teknologi, men de kan også være resultatet af en mere generel udvikling. Dette kaldes **genindsættelseseffekten**. Et historisk eksempel på genindsættelseseffekten kan findes i den omfattende mekanisering og effektivisering af landbruget op gennem det 19. og 20. århundrede, hvor en stor arbejdsstyrke, som tidligere havde været beskæftiget i landbruget, i stort omfang fandt ny beskæftigelse i byerhvervene. Denne udvikling var en væsentlig årsag til den kraftige stigning i vækst og velstand i perioden.

En stor del af tilpasningen til et nyt mønster i efterspørgslen på arbejdskraft vil kunne ske ved, at beskæftigede i nogle jobfunktioner trækker sig tilbage, imens nye deltagere på arbejdsmarkedet udfører de nye opgaver.

Danmark er dog godt rustet til at håndtere denne omstilling på grund af den såkaldte flexicuritymodel for det danske arbejdsmarked. Den er kendetegnet ved stor fleksibilitet: Virksomhederne har stor frihed til at tilpasse deres arbejdsstyrkes størrelse og sammensætning. Samtidig er gode muligheder for efter- og videreuddannelse med til at sikre, at lønmodtagerne løbende gør sig i stand til at varetage nye opgaver. Endelig betyder et forholdsvis fintmasket sikkerhedsnet, at lønmodtagere i nogen grad kan opretholde deres levestandard, hvis de rammes af kortvarig ledighed (Kreiner og Svarer 2022). Den danske arbejdsmarkedsmodel kan være baggrund for, at danske lønmodtagere er forholdsvis positivt indstillede over for automatisering, hvilket ikke er tilfældet i alle lande, *jf. figur 3*.

¹ Ifølge McKinsey & Company for Disruptionsrådet (2017) kunne ca. 20 pct. af arbejdsdagen automatiseres i de fleste job på daværende tidspunkt. De pågældende ville i så fald kunne anvende mere tid på opgaver, der er svære at automatisere, fx anvendelse af faglig ekspertise eller fysiske opgaver, som kræver komplekse bevægelser.



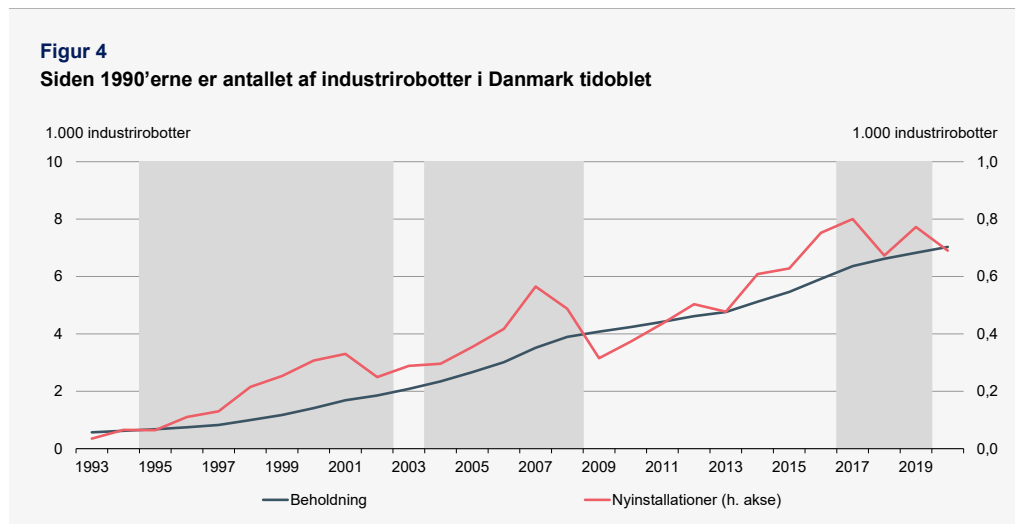
Anm.: Tal for Danmark er fra Fagbevægelsens Hovedorganisation (2019): *Globaliseringsundersøgelsen 2017*. For andre lande er tal fra Pew Research Center (2020): *International Science Survey 2019-2020*. Udsagnene er lettere forkortet.
Kilde: Fagbevægelsens Hovedorganisation og Pew Research Center.

Ligeledes mener virksomhederne, at der kan være store fordele forbundet med at investere i robotter, herunder også en betragtelig andel af dem, der i 2019 ikke anvendte robotter (Erhvervsministeriet 2021a, særligt figur 3.12). Det kan bidrage til at gøre det nemmere at indføre den nye teknologi og dermed at muliggøre, at Danmark høster gevinstene ved automatisering.

2. Dansk industri er blandt OECD's mest automatiserede

Industrirobotter har været anvendt i danske virksomheder siden 1990'erne, hvor de tidligste opgørelser viser, at der var omkring 600 industrirobotter i brug.² I 2020 var antallet ca. tidoblet, jf. figur 4. I dag er der godt 7.000 industrirobotter i anvendelse i danske virksomheder. Ligesom de øvrige erhvervsinvesteringer udviser nyinstallationer af robotter en betydelig konjunkturaafhængighed, om end de er stagneret på et forholdsvis højt niveau under højkonjunktoren inden coronapandemien (Digitaliserings- og Ligestillingsministeriet 2023).

² Der er kun tidsserier for antallet af industrirobotter, som der altså fokuseres på her frem for fx servicrobotter.



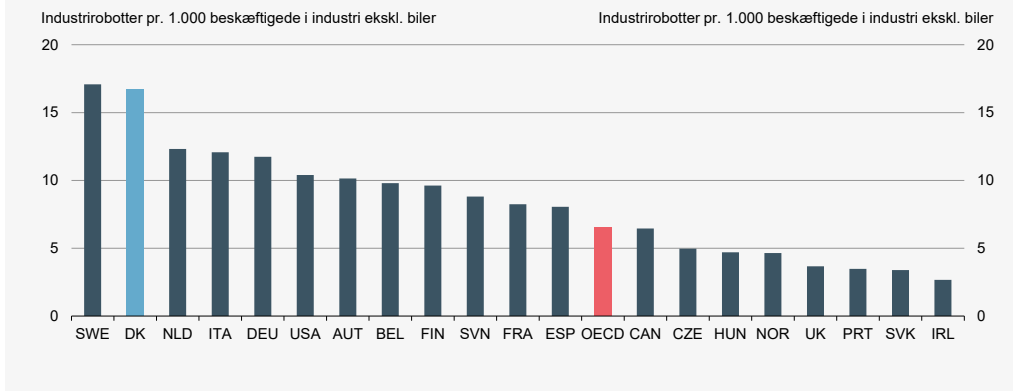
Anm.: Gråkraverede områder angiver perioder med positivt outputgab.

Kilde: International Federation of Robotics, Danmarks Statistik og egne beregninger.

Den stigende brug af robotter afspejler blandt andet den teknologiske udvikling, der betyder, at nye, mere avancerede robotter kan varetage flere typer opgaver og derfor kan anvendes i flere brancher. Prisen på robotter har endvidere været aftagende siden 1990'erne og er nu faldet ca. en tredjedel. Det betyder, at investeringer i robotteknologi er blevet relevant for flere og mindre virksomheder. Derudover kan øget brug af robotter medvirke til at udbrede viden om automatisering i flere virksomheder og brancher. Samtidig bliver der løbende produceret nye typer varer, hvilket ligeledes kan gøre brug af robotter i produktionen mere fordelagtig og i nogle tilfælde nødvendig (Fernández-Macías, Klenert og Antón 2021).

Branchesammensætningen i de enkelte lande kan have stor betydning for beholdningen af industrirobotter. Det skyldes, at nogle brancher er betydelig mere robotintensive end andre. Eksempelvis er robottætheden særlig høj i bilindustrien, hvilket betyder, at fx Tyskland i kraft af sin store bilindustri også har en høj robottæthed. Ses der bort fra bilindustrien, er industrien i Danmark én af de mest robotintensive i OECD, jf. figur 5. I sammenligning med hele verden er den endvidere mindst på en niendeplads. Danmarks industri ekskl. biler holdt rangeringen i 2021, men den samlede industri faldt nogle pladser (Digitaliserings- og Ligestillingsministeriet 2023, Dansk Industri 2022).

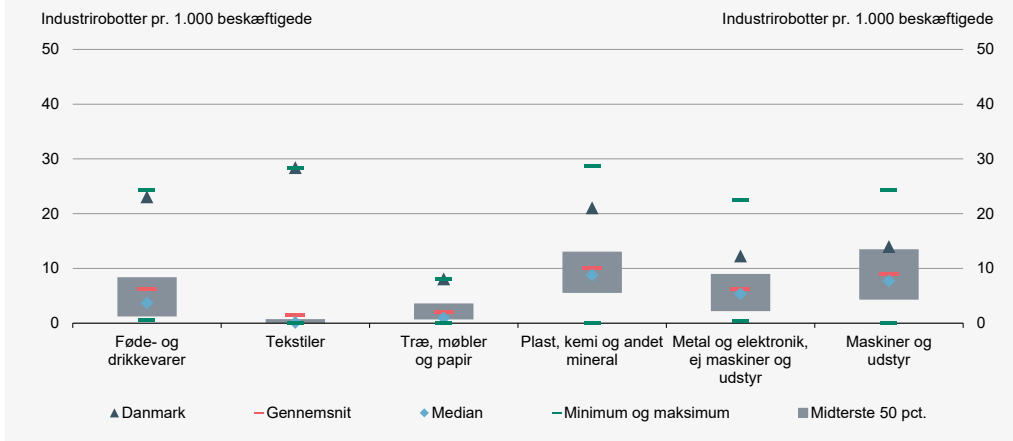
Figur 5
Når der ses bort fra bilindustri, har Danmark en af OECD's mest automatiserede industrier



Anm.: Nationalregnskabsmæssig beskæftigelse fra Eurostat er anvendt samt fra OECD for ikke-EU-lande. *OECD* er simpelt gennemsnit af robottætheden i OECD-medlemslande, for hvilke data er tilgængelig. Tal fra 2020.
 Kilde: International Federation of Robotics, Eurostat, OECD og egne beregninger.

Den høje robottæthed i dansk industri afspejler en høj robottæthed på tværs af brancher, og ikke fx blot at brancher, der er meget robotintensive i alle lande, fylder meget i dansk økonomi, *jf. figur 6*.

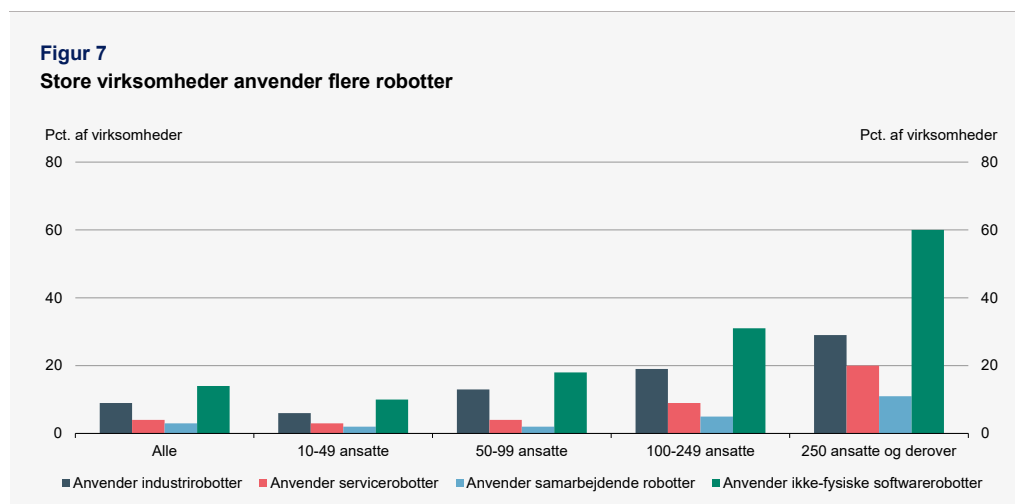
Figur 6
I mange brancher er Danmark blandt de mest automatiserede



Anm.: Beskæftigelse fra nationalregnskabet i 2020 er anvendt og hentet hos Eurostat samt OECD for ikke-EU-lande.
 Kilde: International Federation of Robotics, Eurostat, OECD og egne beregninger.

3. Automatisering i danske virksomheder

Afhængigt af en virksomheds størrelse, branche eller lønsomhed kan en stor investering i robotter være mere eller mindre overkommelig eller fordelagtig. Blandt virksomheder i private, ikke-finansielle byerhverv er brugen af robotter langt mere udbredt blandt de helt store virksomheder, og tilbøjeligheden til automatisering er generelt tiltagende med virksomhedens størrelse, *jf. figur 7*.



Anm.: Virksomheden er talt med, hvis den har svaret, at den bruger robotter af den relevante type. Tallene er fra 2022.
Kilde: Danmarks Statistik.

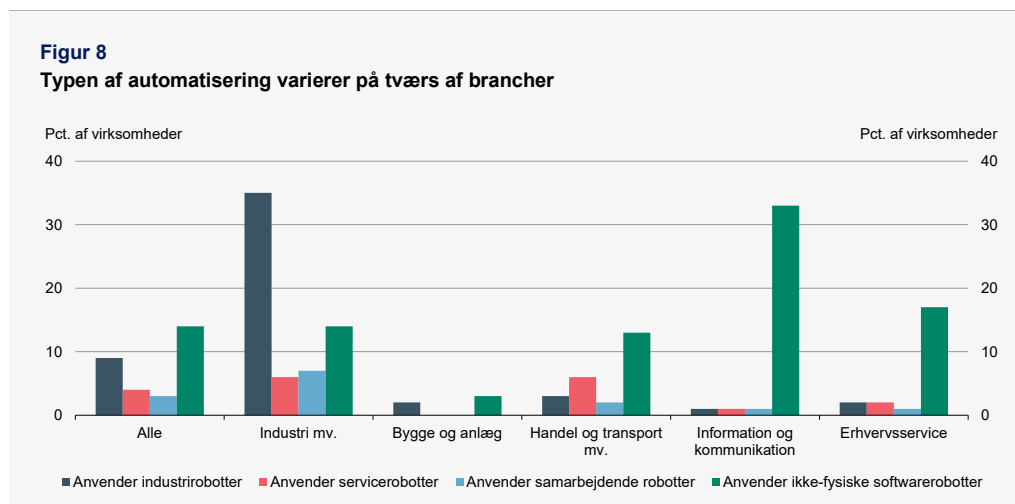
I nogen grad er det kun forventeligt, at store virksomheder hyppigere er automatiserede: Store virksomheder har større sandsynlighed for at anvende en given teknologi i et eller andet produktionsled. Automatisering kan også befordre fremgang i værditilvæksten og ad den vej beskæftigelsen, muligvis i andre funktioner end de automatiserede (De Økonomiske Råd 2023). Endvidere kan gevinsten ved automatisering være større for store virksomheder, hvor den samme opgave udføres mange gange.³ Større virksomheder kan også have nemmere ved at skaffe de nødvendige medarbejderkompetencer eller finansiering. Ovenstående harmonerer godt med, at små og mellemstore virksomheder i Danmark er mindre digitaliserede end større på tværs af flere parametre (Erhvervs- og Vækstministeriet 2016, Erhvervsministeriet 2021b og 2017). Hvis det bliver mere udbredt at leje robotter, kan det blive mindre uoverkommeligt og risikofyldt for små og mellemstore virksomheder at automatisere dele af deres produktion (Bloomberg 2022).

For virksomheder af alle størrelser er softwarerobotter den mest udbredte robottype. Det kan afspejle, at omkostningen ved softwarerobotter er mindre end ved andre typer robotter og vil være overkommelig for flere virksomheder.⁴ Endvidere kan det afspejle, at softwarerobotter kan anvendes til flere forskellige funktioner end fx industrirobotter og derfor appellerer til flere virksomheder.

³ Dette spejler resultatet for digitalisering i Danmark i 2001-2018 i Darougheh og Rozsypal (2022), som viser, at der kun for større virksomheder har været en signifikant gevinst ved digitalisering.

⁴ Danske SMV'er vurderede selv i 2021, at mangel på kompetencer og viden hos medarbejderne var en udfordring i forbindelse med brugen af digitale teknologier (Erhvervsministeriet 2021a, 2022).

Mønstret er i det hele taget meget ens på tværs af virksomhedsstørrelser, men der er betydelig branchevariation på tværs af brancher, jf. figur 8.



Anm.: Se anmærkning til figur 7. *Industri mv.* indeholder forsyningsvirksomhed.

Kilde: Danmarks Statistik.

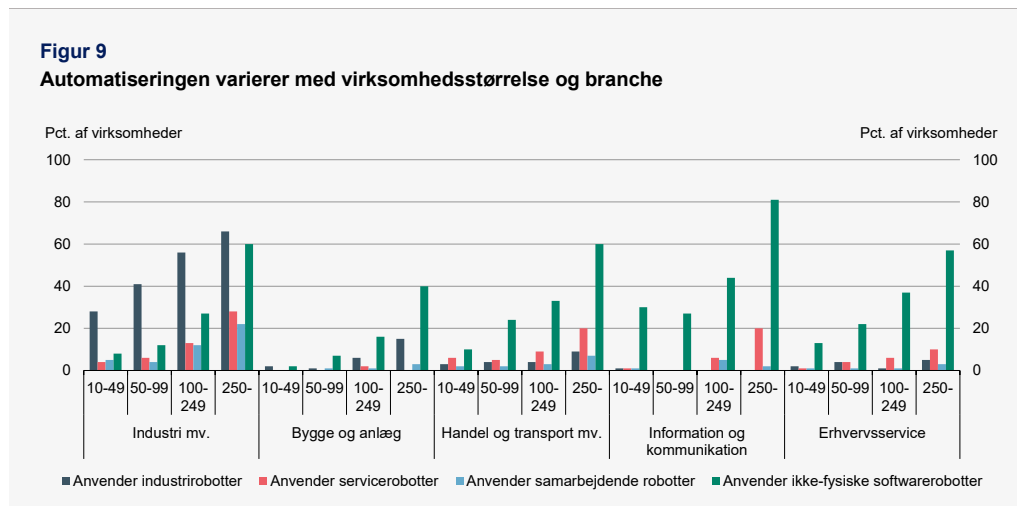
Ikke overraskende er industrirobotter meget udbredt i industrien, imens softwarerobotter anvendes hyppigt i information og kommunikation, og serviceroBotter forekommer oftere i handel og transport. Industrien anvender dog også mange serviceroBotter og samarbejdende robotter, mens softwarerobotter er forholdsvis udbredt i de fleste brancher. Omfanget af automatisering varierer også kraftigt på tværs af brancher. Mens robotter er meget udbredte i industrivirksomheder, er de forholdsvis sjældne i byggeriet. Det er en del af konteksten for, at produktivitetsudviklingen i bygge- og anlægsbranchen overordnet er langsommere end i fx industrien eller landbruget.

Forskellene på tværs af brancher kan afspejle, at arbejdsprocesserne i nogle brancher er sværere at automatisere. Processer præget af mange gentagelser i et kontrolleret fabriksmiljø er muligvis nemmere at automatisere end opgaver, der hver gang skal udføres i et nyt miljø på en lidt anderledes måde, og som kræver løbende feedback fra selve processen (De Økonomiske Råd 2023, Potter 2021).⁵ Branchevariationen kan også fx afspejle, at der er forholdsvis få store virksomheder i byggeriet, eller at der er forskelle i de udefrakommende vilkår på tværs af brancher, fx konkurrence eller knaphed på arbejdskraft.⁶

Opdeles virksomhederne ud fra størrelse inden for brancherne, fremgår det, at store virksomheder i alle brancher hyppigt anvender softwarerobotter, mens de primært nyder udbredelse blandt mindre virksomheder i servicebrancherne *handel og transport mv.*, *information og kommunikation* og *erhvervsservice*, jf. figur 9. Selv mindre virksomheder i industrien anvender i øvrigt hyppigt robotter sammenlignet med andre brancher, også når det kommer til andre typer af robotter end industrirobotter, og selv store virksomheder i bygge- og anlægsbranchen er forholdsvis sjældent automatiserede.

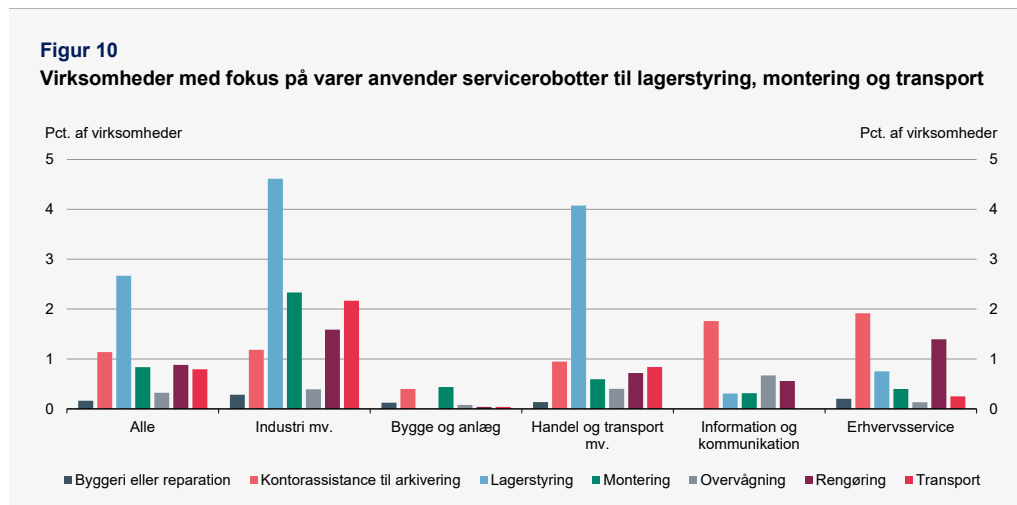
⁵ Der er også stor forskel på omfanget af automatisering på tværs af mindre industribrancher (De Økonomiske Råd 2023).

⁶ Virksomheder, der anvendte fysiske robotter i 2019, vurderede, at konkurrence fra andre virksomheder og muligheden for at mindske behovet for arbejdskraft havde haft relativt stor betydning for at automatisere (Erhvervsministeriet 2021a).



Anm.: Se anmærkning til figur 7. *Industri mv.* indeholder forsyningsvirksomhed. Størrelse er målt med antal ansatte.
Kilde: Danmarks Statistik.

Servicero botter kan udfylde en række funktioner i en virksomheds produktion. I virksomhederne under ét er de mest udbredte anvendelser lagerstyring og kontorassistance, *jf. figur 10.*

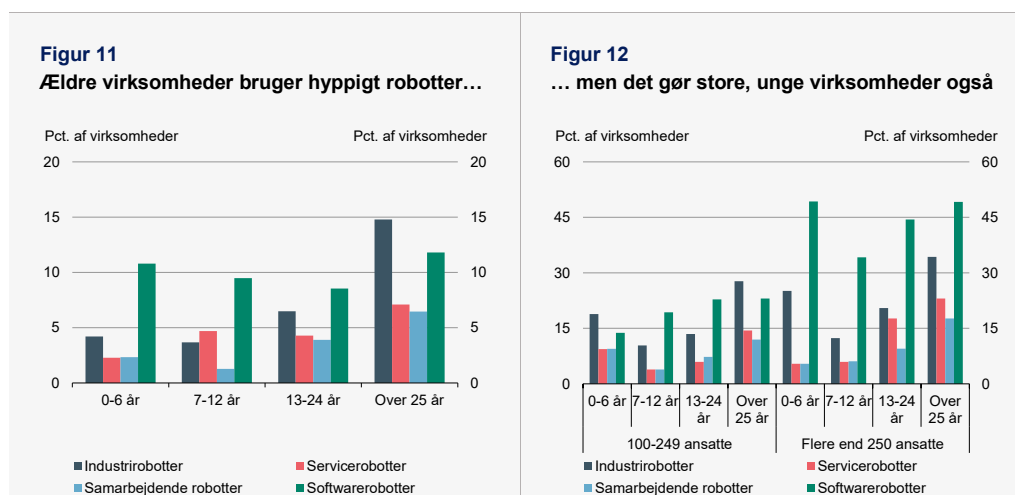


Anm.: Virksomheden er talt med, hvis den bruger servicero botter til den relevante funktion. Tallene er fra 2020.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger på baggrund af registerdata.

I industrien samt handel og transport anvendes de hyppigere til lagerstyring, montering og transport. Det skal ses i lyset af, at disse brancher beskæftiger sig med varer. I informations- og kommunikationsbranchen og i erhvervsservice er anvendelsen til kontorassistance forholdsvis udbredt.⁷

Overordnet anvender ældre virksomheder hyppigere fysiske robotter. For ikke-fysiske softwarerobotter falder udbredelsen omvendt med virksomhedens alder op til de gamle virksomheder på over 25 år, *jf. figur 11*. Det kan afspejle, at yngre virksomheder kan være gode til at tage nye tendenser til sig og have lettere ved at overkomme den mindre investering i softwarerobotter.

En mulig forklaring på, at automatisering alligevel er så udbredt blandt de ældste virksomheder, er, at ældre virksomheder ofte har nået en stabil kundebase og derfor er nødt til at innovere for at vokse.⁸ Sammenhængen kan også afspejle, at det er mere almindeligt for store virksomheder at være automatiserede, *jf. ovenfor*, og at det kan tage tid for en virksomhed at vokse sig stor nok til, at anskaffelsen af robotter er økonomisk rentabel. Imidlertid er de ældste virksomheder også hyppige anvendere af fysiske robotter blandt store virksomheder. Dog anvender nogle af de yngste store virksomheder også hyppigt fysiske robotter, *jf. figur 12*. Det tyder på, at der er nogle nye, innovative og automatiserede virksomheder, der hurtigt har vokset sig store.



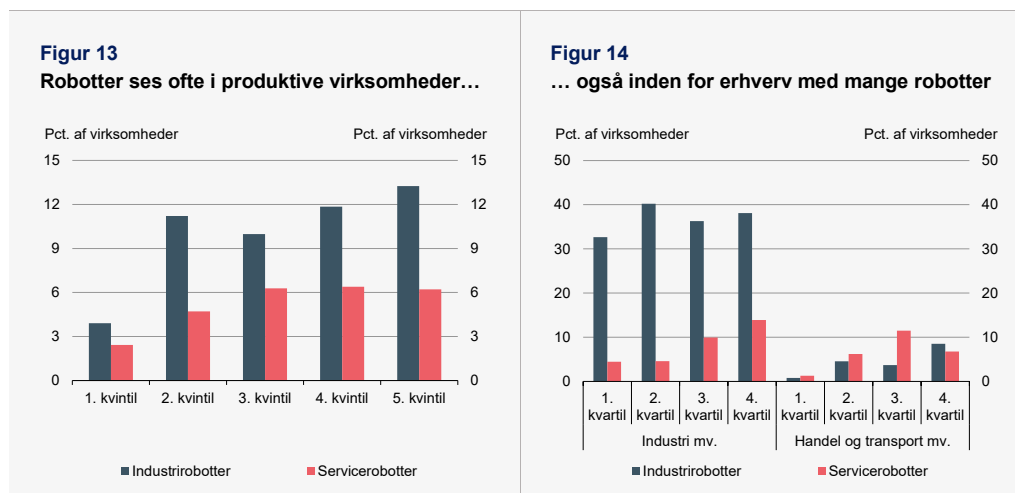
Anm.: Se anmærkning til figur 7. Tal er fra 2021.

Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger på baggrund af registerdata.

Overordnet anvender virksomheder med høj produktivitet hyppigere robotter end andre: Industri- og servicerobotter er ca. tre gange mere udbredt i den mest produktive femtedel af virksomhederne end i den mindst produktive, *jf. figur 13*. Det kan afspejle, at robotter øger produktiviteten, hvilket også er virksomhedernes vigtigste motivation for at automatisere (Erhvervsministeriet 2021a). Det kan også afspejle, at virksomheder i fx fremstilling eller handel og transport af andre årsager både er meget automatiserede og har høj produktivitet. Imidlertid genfindes det samme generelle billede inden for disse brancher *jf. figur 14*. Automatiserings sammenhæng med produktivitet kan også afspejle den positive sammenhæng mellem virksomhedsstørrelse og produktivitet (Erhvervsministeriet 2017).

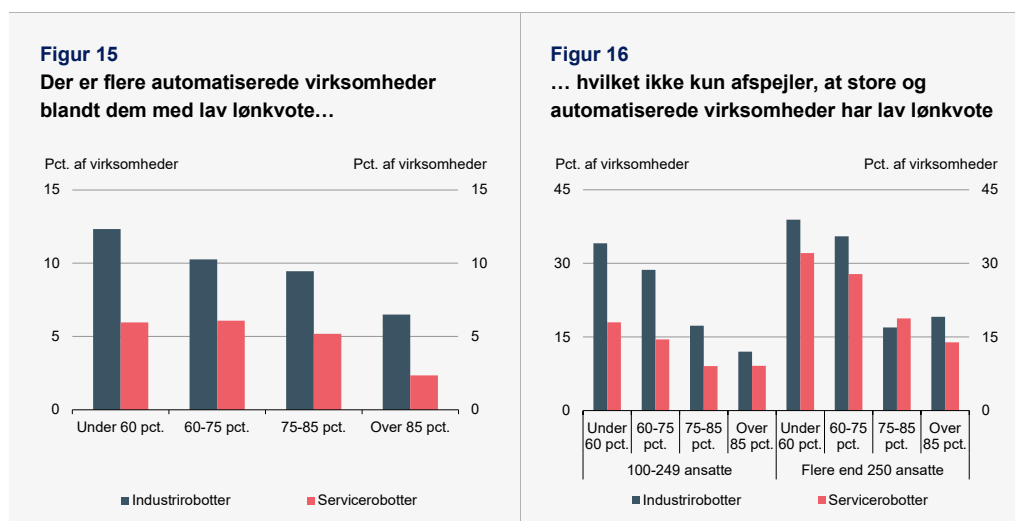
⁷ Der er ikke på samme måde stor variation i anvendelsesmønstret for servicerobotter, når virksomheder inddeles ud fra størrelse – heller ikke når virksomheder i samme branche sammenlignes med hinanden.

⁸ Daroughch og Rozsypal (2022) nævner dette som fortolkning af deres resultater om digitalisering.



Anm.: Virksomhederne i 2020 er inddelt i lige store grupper ud fra arbejdsproduktiviteten. Se anmærkning til figur 7.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger på baggrund af registerdata.

Virksomheder, der udbetaler en forholdvis lav andel af deres værditilvækst i form af lønninger, anvender hyppigere robotter, *jf. figur 15*. Denne sammenhæng afspejler ikke kun, at der er en række store, automatiserede virksomheder, der har en lav lønkvote, for mønstret genfindes også, når virksomheder af omtrent samme størrelse sammenlignes med hinanden, *jf. figur 16*.⁹



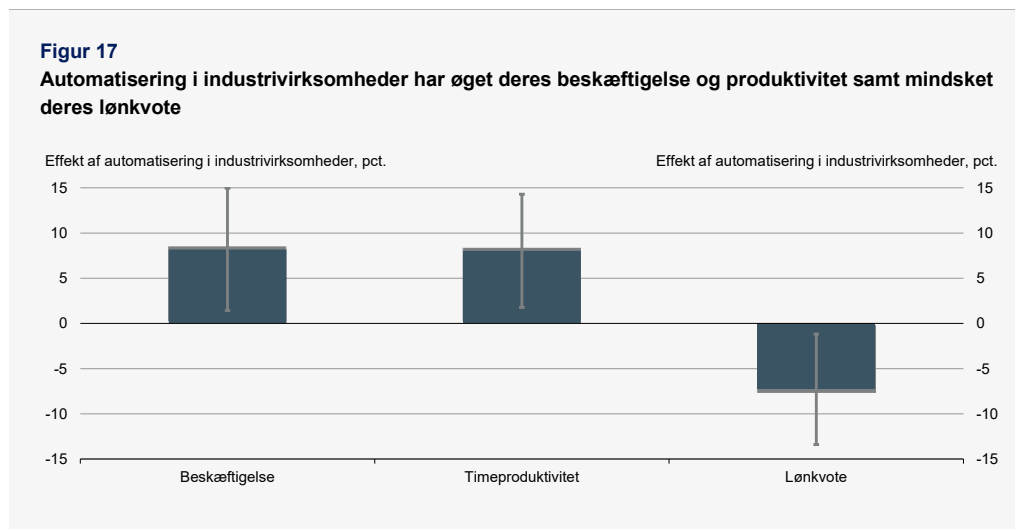
Anm.: Der vises andele af virksomhederne med en lønkvote i det angivne spænd, som anvender industri- hhv. servicerobotter. Lønkvoten er defineret som samlet udbetaling af løn, gager og vederlag som andel af virksomhedens værditilvækst. Tallene er fra 2020. Se anmærkning til figur 7.

Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger på baggrund af registerdata.

⁹ Dette er i overensstemmelse med tidligere resultater fra Erhvervs- og Vækstministeriet (2016). Der er ligeledes en positiv sammenhæng mellem digitalisering og produktivitet på virksomhedsniveau (Erhvervsministeriet 2017).

En nyere undersøgelse på danske data finder, at der på virksomhedsniveau i industrien ikke blot er en sammenhæng mellem automatisering, høj produktivitet og lav lønkvote, men at der er tegn på, at automatisering er årsag til det sidstnævnte. Således lader det til, at automatisering øger en fremstillingsvirksomheds timeproduktivitet og beskæftigelse med omtrent 8 pct. men mindsker dens lønkvote med ca. 7 pct. efter tre år, *jf. figur 17*.

Man kan dog ikke umiddelbart drage en konklusion om effekten af automatisering på branche- eller samfundsniveau på baggrund af effekten i virksomheder. Det skyldes, at der kan være konsekvenser af automatisering i en virksomhed på det efterfølgende forløb i andre virksomheder. Hvis automatisering i en virksomhed fx medfører, at den overtager markedsandele og beskæftigelse fra sine konkurrenter, kan automatiseringens effekt på den samlede beskæftigelse og samfundet være langt mindre end effekten i den enkelte virksomhed. Effekten på branchens og samfundets samlede produktivitet kan omvendt være større, da automatiserende virksomheder både bliver mere produktive og fylder mere i branchen og økonomien under ét (De Økonomiske Råd 2023, Digitaliserings- og Ligestillingsministeriet 2023, Acemoglu, Lelarge og Restrepo 2020).



Anm.: Tal viser estimerede effekter 3 år efter automatisering med 95-pct.-konfidensintervaller i De Økonomiske Råd (2023): *Produktivitet 2023*, kapitel 3.5. Hvis intervallet krydser nullinjen, er resultatet statistisk insignifikant på dette niveau. Effekterne er estimeret på baggrund af data for danske industrivirksomheder i årene 2005-2018.

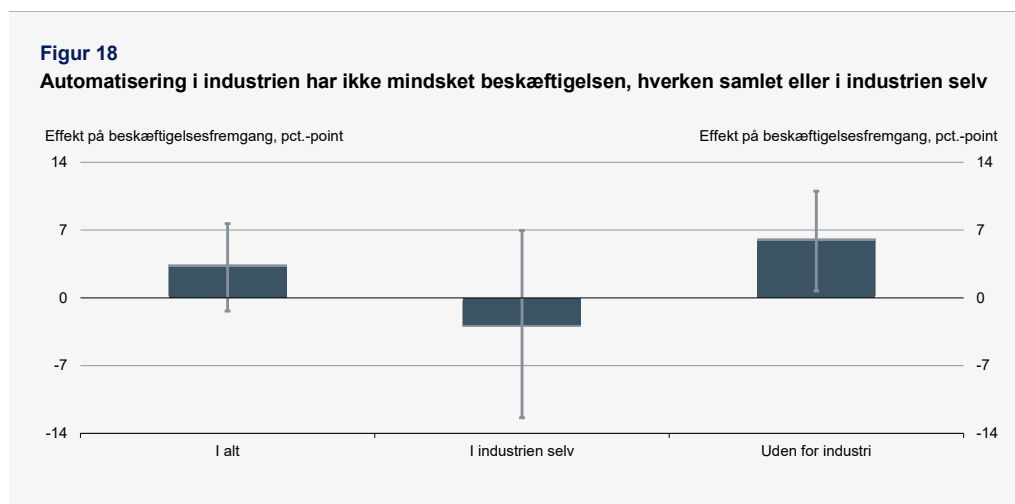
Kilde: De Økonomiske Råd.

Ved at sammenligne større geografiske områder, som indeholder både automatiserende og ikke-automatiserende virksomheder, kan der derimod skønnes over konsekvenserne af automatisering på branche- og samfundsniveau.

4. Automatisering på lokale danske arbejdsmarkeder

I det følgende forsøges det at komme nærmere et estimat over konsekvenserne af automatisering på samfundsniveau. Konkret sammenlignes udviklingen på lokale danske arbejdsmarkeder og for danske industrilønmodtagere med forskellig eksponering over for automatisering de seneste 20-25 år.¹⁰ Analysen foretages på et unikt datasæt, der kobler individoplysninger om beskæftigelse, løn og branche med internationale data om branchevariation i automatisering. Der fokuseres af datahensyn på automatisering i industrien. Analysens samlede resultater findes i bilag 2. Den anvendte metode er udbredt i forskningslitteraturen (Dauth, Findeisen, Suedekum og Woessner 2021, Acemoglu og Restrepo 2020), og resultaterne her kan derfor umiddelbart sammenholdes med denne, *jf. bilag 1 om datagrundlag og metode samt afsnit 5*.

Overordnet er der ikke noget, som tyder på, at der har været mindre fremgang i beskæftigelsen i områder med meget automatisering i industrien – hverken når der ses på beskæftigelsen i industrien selv eller den samlede beskæftigelse. Automatisering har dog heller ikke ledt til højere industri-beskæftigelse, *jf. figur 18*. Når beskæftigelsen typisk stiger i automatiserende industrivirksomheder, *jf. afsnit 3*, lader det altså primært til at afspejle, at de overtager beskæftigelse fra andre industrivirksomheder. Der er endvidere tegn på, at automatiseringen har en positiv effekt på beskæftigelsen i andre brancher, som dog ikke er stærk nok til at drive en forøgelse af den samlede beskæftigelse i området.



Anm.: Der vises den skønnede effekt af en stigning i robottætheden på 1 industrirobot pr. 1.000 beskæftigede på beskæftigelsesvæksten i pct. fra 1996 til 2019 i den relevante branche på det lokale arbejdsmarked. Der bruges robuste standardfejl og vises 90-pct.-konfidensintervaller. Hvis dette dækker nullinjen, er resultatet statistisk insignifikant på dette niveau. Der udnyttes kun den del af branchevariationen i automatisering i Danmark, der kan forklares af tendenser i udlandet. Metoden følger Dauth, Findeisen, Suedekum og Woessner (2021): "The adjustment of labor markets to robots", *Journal of the European Economic Association*. Se i øvrigt bilag 1.

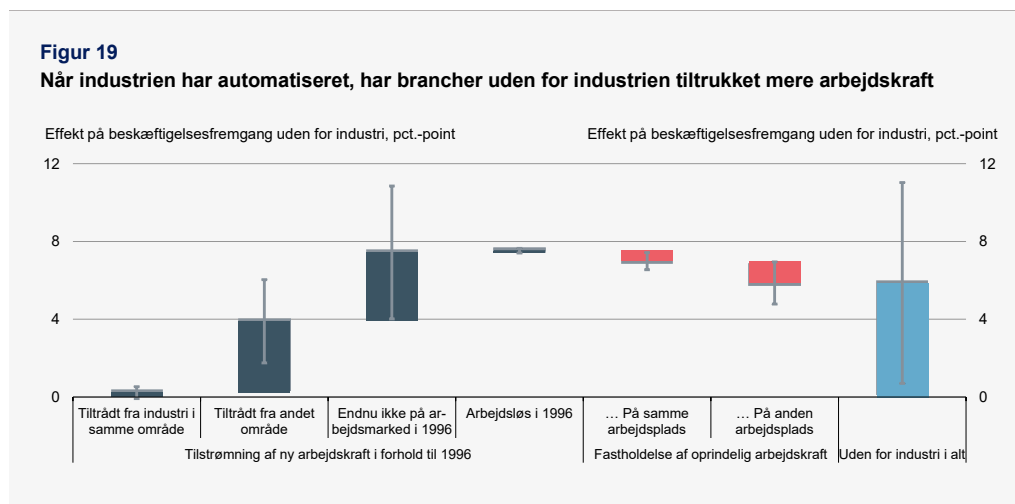
Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

¹⁰ I det følgende sammenlignes Danmarks Statistiks 45 pendlingsområder i 1995. Disse er defineret ved, at størstedelen af de beskæftigede, som bor i området, også arbejder der, samtidig med at størstedelen af dem, der arbejder der, også bor der. De kan opfattes som lokale arbejdsmarkeder (Danmarks Statistik 2016). I anden del sammenlignes enkelte lønmodtagere, der var ansat i industrien i 2000, var mellem 22 og 42 år og havde mindst 2 års tilknytning til deres arbejdsplads.

Resultatet indebærer, at en stigning i robottætheden på 1 industrirobot pr. 1.000 beskæftigede medfører en forøgelse af den samlede beskæftigelsesfremskud uden for industrien i området fra 1996 til 2019 på knap 6 pct.-point. Gabet mellem den mindst og mest robotintensive fjerdedel af pendlingsområderne var netop på omtrent 1 industrirobot pr. 1.000 beskæftigede.¹¹ Resultatet skal ses i lyset af, at beskæftigelsen uden for industrien steg omtrent 16 pct. i løbet af perioden. Der er desuden stor usikkerhed om effekten og 90-pct.-konfidensintervallet spænder fra omtrent 1 til 11 pct.-point.

Den positive effekt uden for industrien kan fx afspejle, at automatisering har øget de pågældende industrivirksomheder efterspørgsel på tjenesteydelser leveret af beskæftigede fra samme område i andre brancher, fx ingeniører, rengøringspersonale eller revisorer. Det kan endvidere fx være i nye jobfunktioner relateret til tilstedeværelsen af industrirobotter i området.

Der er netop tegn på, at arbejdssteder uden for industrien har været bedre end deres modstykker i andre områder til at tiltrække arbejdskraft fra resten af landet eller indtrædende ungdomsårgange, når industrien i deres område har automatiseret. De har til gengæld ikke været lige så gode til at fastholde deres oprindelige medarbejdere, jf. figur 19.¹² En stigning på 1 industrirobot pr. 1.000 beskæftigede lader således til at have forøget beskæftigelsesfremskuden uden for industrien fra 1996 til 2019 i et pendlingsområde med 7,5 pct.-point gennem øget tiltrækning af ny arbejdskraft og mindsket den med omtrent 1½ pct.-point som følge af mindsket fastholdelse af den oprindelige arbejdskraft. Igen er der forholdsvis stor usikkerhed om effekterne.



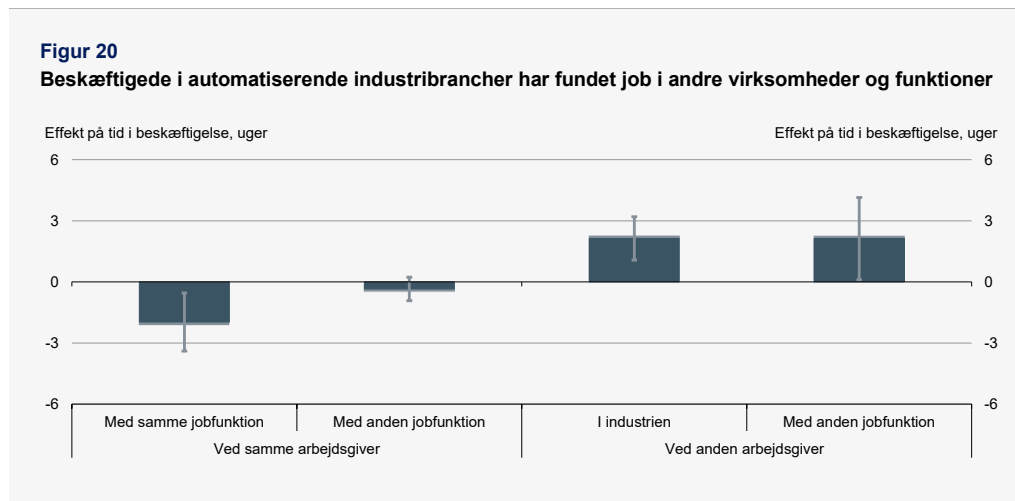
Anm.: Der vises skønnede effekter af en stigning i robottætheden på 1 industrirobot pr. 1.000 beskæftigede på drivkræfter til den øgede beskæftigelsesfremskud fra 1996 til 2019 uden for industrien i området fra figur 18 med 90-pct.-konfidensintervaller. Hvis konfidensintervallet dækker både top og bund på søjlen, er skønnet insignifikant på dette niveau. Se i øvrigt anmærkning til figur 18.

Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

¹¹ Tal i dette afsnit for antal industrirobotter pr. 1.000 beskæftigede kan ikke sammenlignes med tal i fx figur 5, da enheden her er industrirobotter pr. 1.000 beskæftigede i industrien.

¹² I områder med automatiserende industri er beskæftigelsesfremskuden i industrien omvendt mindre drevet end ellers af tiltrækning af arbejdskraft fra andre brancher, jf. bilag 2.

Selvom beskæftigelsen i industrien under ét i et område ikke er blevet påvirket væsentligt af automatisering, har industrilønmodtagerne i højere grad end ellers fundet beskæftigelse i andre industrivirksomheder og nye jobfunktioner, når deres branche har automatiseret, *jf. figur 20*. Det indikerer, at virksomhedernes behov for kompetencer ændrer sig, når de automatiserer. Når beskæftigelsen typisk er steget i automatiserende industrivirksomheder, *jf. afsnit 3*, lader det altså ikke til at afspejle fastholdelse af den eksisterende arbejdskraft men ansættelse af nye lønmodtagere.



Anm.: Der vises effekten på en industrilønmodtager i 2000 af, at robottætheden i vedkommendes branche stiger med 1 industrirobot pr. 1.000 beskæftigede. Der bruges klyngerobuste standardfejl på brancheniveau og vises 90-pct.-konfidensintervaller. Hvis dette dækker nullinjen, er resultatet statistisk insignifikant på dette niveau. Effekten er målt i pct. af individets arbejdstid i 2000 og omregnet til uger med den gennemsnitlige arbejdstid for alle beskæftigede i dette år. Se i øvrigt anmærkning til figur 18.

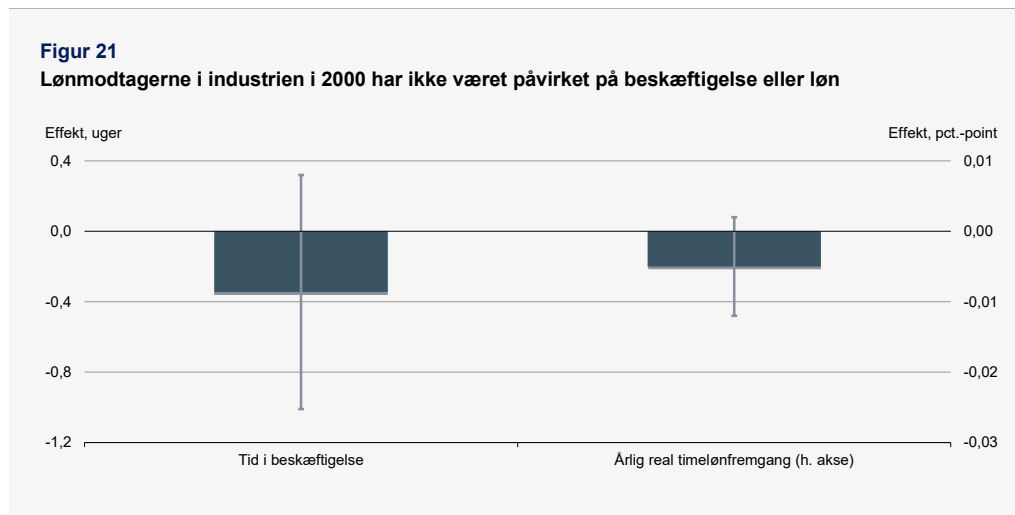
Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

Effekterne svarer til, at industrilønmodtagerne i gennemsnit tilbragte omtrent 27 uger eller godt et halvt år yderligere ud af hele perioden fra 2000 til 2019 ved en anden arbejdsgiver og jobfunktion end vedkommendes oprindelige som følge af den gennemsnitlige stigning i robottætheden i perioden for de oprindelige industrilønmodtagere på knap 13 industrirobotter pr. 1.000 beskæftigede.

De oprindelige industrilønmodtageres samlede tid i beskæftigelse i perioden har derimod ikke været påvirket væsentligt af automatisering, hvilket indikerer, at omstillingen fra en arbejdsplads og jobfunktion til en anden i gennemsnit er forløbet uden en væsentlig mellemliggende periode med ledighed.¹³ Der er endvidere ikke nogen væsentlig effekt på den reale timelønsfremgang, *jf. figur 21*.¹⁴

¹³ Dette gælder både for ufaglærte, faglærte samt lønmodtagere med korte, mellemlange og lange uddannelser, *jf. bilag 2*.

¹⁴ Der vil være en effekt på reallønnen, da automatisering mindsker produktionsomkostninger og derved priser. Et nyere studie når frem til, at automatisering har øget gennemsnitslønnen i Danmark med 0,8 pct. blandt andet ad denne vej (Humlum 2021). Denne effekt er dog fælles for alle lønmodtagere og ikke specifik for dem i automatiserende virksomheder.



Anm.: Effekten på den årlige reale timelønsfremgang er estimeret kun på baggrund af lønmodtagere, der er observeret med en timeløn i både 2000 og 2019. Der vises 90-pct.-konfidensintervaller. Hvis dette dækker nullinjen, er resultatet statistisk insignifikant på dette niveau. Se i øvrigt anmærkning til figur 20.

Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

Opsummerende kan det siges, at analyser på dansk data påviser en positiv effekt på produktiviteten i fremstillingsvirksomheder af automatisering. Umiddelbart vil denne effekt være endnu større på samfundsniveau end indikeret af effekten i den enkelte virksomhed. Denne produktivitetsforøgelse skaber vækst og velstand i Danmark. På samme tid vises det her, at automatisering i industrien medfører frigørelse af arbejdskraft til varetagelse af nye jobfunktioner, fortrinsvis i industrien selv, således at stigning i robottætheden ikke driver et fald i industriens samlede beskæftigelse. Denne omstilling er et udtryk for dynamikken på det danske arbejdsmarked, hvor arbejdskraften finder hen i de virksomheder og områder, hvor der er mest behov for den. Det er med til at sikre, at gevinsten ved automatisering spredt sig fra de automatiserende virksomheder og områder og ud i resten af økonomien (Hsieh og Moretti 2019).

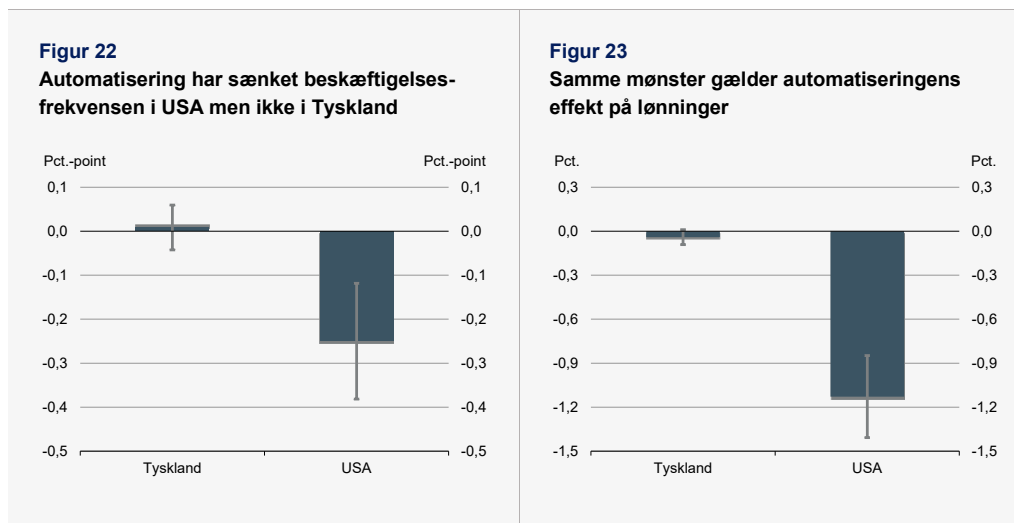
Selvom omstillingen fra en arbejdsplads til en anden og oplæringen i en ny jobfunktion kan kræve tid og kræfter af den enkelte lønmodtager, er der ikke noget, der tyder på, at disse gevinster har været forbundet med store omkostninger for de oprindelige lønmodtagere i industrien i form af lavere løn eller en periode med ledighed. De oprindelige industrilønmodtagere må som udgangspunkt betragtes som de mest udsatte over for omstillingsomkostningerne ved automatiseringen de seneste årtier.

På samme måde som i en sammenligning af virksomheder kan ovenstående resultater afspejle en omfordeling af arbejdskraft. Det vil fx være tilfældet, hvis arbejdssteder i områder med automatiserende industri overtager markedsandele og beskæftigelse fra arbejdssteder i andre områder. Der vil endvidere være en positiv effekt af automatisering i en industrivirksomhed på beskæftigelsen i andre virksomheder og områder: En højere produktivitet i en automatiserende virksomhed kan reducere produktionsomkostninger i andre virksomheder, som anvender varer i deres produktion fra virksomheder, der automatiserer. Det vil typisk være ledsaget af en stigning i deres beskæftigelse, jf. afsnit 1.

Disse effekter bliver indfanget i desto højere grad, jo større områder der sammenlignes, dvs. områder, som i højere grad indeholder både de automatiserende virksomheder og disses konkurrenter og erhvervskunder. Det er dog vanskeligt at gennemføre en analyse på større områder end pendlingsområder i Danmark, og i en sådan analyse vil det altså ofte ikke være muligt at drage konklusioner specifikt for Danmark. En nyere analyse, der sammenligner vesteuropæiske områder, der omtrent er på størrelse med danske regioner, finder, at automatisering i industrien i gennemsnit ikke har påvirket beskæftigelsesfrekvensen i Skandinavien. Der er derimod tegn på, at den har øget gennemsnitslønnen (Arbejderbevægelsens Erhvervsråd 2020).

5. Forskellige effekter af automatisering af industrien på tværs af lande

Da resultaterne i afsnit 4 er fremkommet ved hjælp af en anerkendt og udbredt metode, kan de sammenholdes med en række resultater for andre lande fra den internationale forskningslitteratur. I USA er der tegn på, at automatisering i årene 1990-2014 mindskede beskæftigelsesfrekvensen og gennemsnitslønnen på lokale amerikanske arbejdsmarkeder, *jf. figur 22 og figur 23*. Størstedelen af faldet lader til at skyldes skift til ledighed eller ud af beskæftigelse og kun i mindre grad migration ud af det lokale arbejdsmarked.



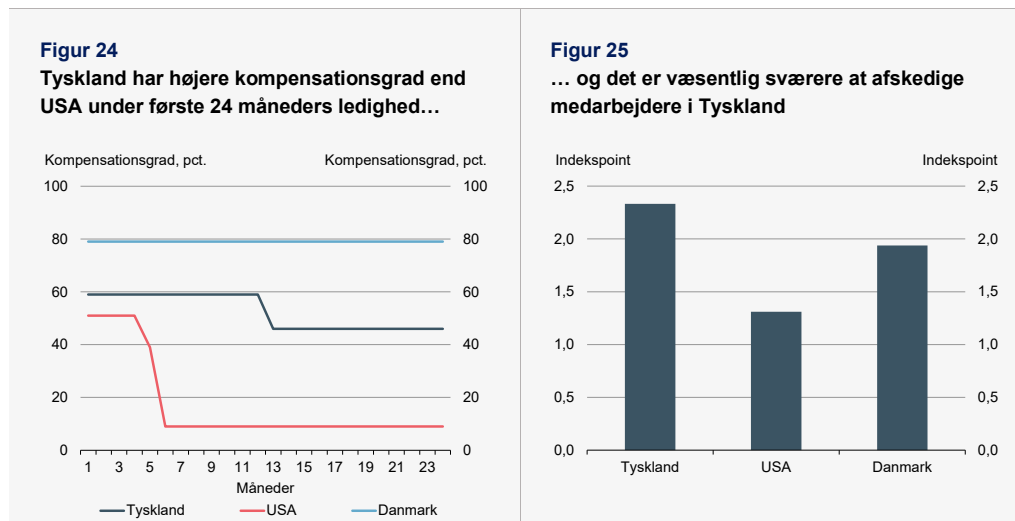
Anm.: Der vises den skønnede effekt af en stigning i robottettheden på 1 industrirobot pr. 1.000 beskæftigede på beskæftigelsesandel af befolkningen i pct.-point og den gennemsnitlige time- (USA) eller dagsløn (Tyskland) i pct. med 90-pct.-konfidensintervaller. I Tyskland sammenlignes amter i 1994-2014, i USA pendlingsområder i 1990-2014. Kun den del af branchevariationen i automatisering i landet udnyttes, som kan forklares af tendenser i udlandet. Der er kontrolleret for en lang række faktorer, herunder eksponering over for import fra Kina for USA samt ændringen i nettoeksport og investeringer i informations- og kommunikationsudstyr for Tyskland.

Kilde: Acemoglu og Restrepo (2020), Dauth et al. (2021) og egne beregninger.

Resultaterne for USA indebærer, at installationen af en industrirobot i perioden mindskede beskæftigelsen på det lokale arbejdsmarked med omtrent fire personer. Ligesom i Danmark kan man dog ikke drage konklusioner om konsekvenser af automatisering på samfundsniveau på baggrund af denne lokale effekt (Acemoglu og Restrepo 2020, særligt tabel 7, panel C og fodnoter 22, 26 og 30).

I tyske amter lader automatisering derimod ikke til at have mindsket beskæftigelse eller lønninger fra 1994 til 2014. Der er dog tegn på, at automatisering har medført en forskydning af beskæftigelsen fra industrien til andre brancher. Resultaterne indebærer, at installationen af én robot i gennemsnit førte til et fald på 1,7 beskæftigede i amtets industribranche og en stigning på 2 beskæftigede i amtets andre brancher. Tilpasningen af branchesammensætningen i amtet lader endvidere ikke til at være sket ved afskedigelser: Derimod *steg* den eksisterende industriarbejdsstyrkes jobsikkerhed og lønninger i amter med en automatiserende industri. Tilpasningen skete derimod ved, at de pågældende virksomheder oprettede færre nye stillinger og i høj grad beskæftigede deres eksisterende arbejdsstyrke med nye opgaver (Dauth, Findeisen, Suedekum og Woessner 2021, særligt tabel 4, 7 og 9).

Det er nærliggende at forklare denne forskel i resultaterne i de meget forskellige arbejdsmarkeder i USA, Tyskland og Danmark. USA er præget af en meget mobil arbejdsstyrke uden jobbeskyttelsesregler, og som ikke er sikret en høj andel af deres tidligere indkomst i tilfælde af ledighed. I Tyskland er kompensationsgraden derimod høj og jobbeskyttelsesreglerne strenge, *jf. figur 24 og figur 25*. Det kan gøre det vanskeligt for virksomhederne at installere robotter og betyde, at arbejdskraft i mindre grad bliver frigjort til varetagelse af nye funktioner.



Anm.: Tallene i figur 24 er for 2022 og er for en enlig uden børn, der tjener 67 pct. af middellønnen, og indeholder også boligbeskyttelse samt andre sociale ydelser, som ikke er direkte relateret til ledighed. Der er tale om en familietypeberegning. OECDs definition af kompensationsgrad kan afvige fra Økonomiministeriets. I figur 25 vises version 4 af OECDs indikator for *Strictness of Employment Protection* ved kollektive og individuelle afskedigelser og almindelige kontrakter i 2019. En høj værdi betyder, at det er sværere at afskedige medarbejdere, hvor 6 er den højst mulige værdi.

Kilde: OECD.

Danmark ligger et sted imellem disse yderpoler. Det er forholdsvis nemt for arbejdsgiverne at hyre og fyre i Danmark, men det sociale sikkerhedsnet sikrer til gengæld, at lønmodtagere i høj grad kan

opretholde deres levestandard, hvis de rammes af kortvarig ledighed. Gode muligheder for videreuddannelse betyder, at lønmodtagerne løbende kan holde sig klar til nye opgaver. Det er formentlig en del af baggrunden for, at lønmodtagerne finder nye job ved andre arbejdsgivere i Danmark, når deres branche automatiserer – og dermed den store dynamik på det danske arbejdsmarked.

Litteratur

Acemoglu, Lelarge og Restrepo (2020): "Competing with Robots: Firm-Level Evidence from France", *AEA Papers and Proceedings* 2020, 110.

Acemoglu og Restrepo (2019): "Artificial Intelligence, Automation and Work", *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. University of Chicago Press, 2019.

Acemoglu og Restrepo (2020): "Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets", *Journal of Political Economy* 2020, vol. 128, no. 6.

Arbejderbevægelsens Erhvervsråd (2020): *Det danske arbejdsmarked er skræddersyet til fremtidens forandringer*.

Bloomberg (2022): *Robot Subscription Services Let Companies Automate on the Cheap*.

Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse (2020): *Erhvervsfremme i Danmark 2020-2023*.

Danmarks Statistik (2016): *Pendlingsområder – metode*.

Dansk Industri (2022): *Danmark falder ud af top-10 på rangliste over robotnationer i verden*.

Darougheh og Rozsypal (2022): "The Impact of Digitalisation on Danish Companies and Workers", Danmark Nationalbank, *Economic Memo* – Februar 2022 – nr. 1.

Dauth, Findeisen, Suedekum og Woessner (2021): "The adjustment of labor markets to robots", *Journal of the European Economic Association* 2021.

De Økonomiske Råd (2023): *Produktivitet 2023*.

Digitaliserings- og Ligestillingsministeriet (2023): *Redegørelse om Danmarks Digitale Vækst 2023*.

Erhvervs- og Vækstministeriet (2016): *Stort automatiseringspotentiale hos små og mellemstore virksomheder*.

Erhvervsministeriet (2017): *Digitalisering og produktivitet - Vækstpotentiale i danske virksomheder*.

Erhvervsministeriet (2021a): *Robotter, automatisering og kompetencer*.

Erhvervsministeriet (2021b): *Redegørelse om Danmarks Digitale Vækst 2021*.

Erhvervsministeriet (2022): *Redegørelse om Danmarks Digitale Vækst 2022*.

Fernández-Macías, Klenert og Antón (2021): "Not so disruptive yet? Characteristics, distribution and determinants of robots in Europe", *Structural Change and Economic Dynamics* 58, 2021.

Finansministeriet (2020): *Økonomisk Redegørelse, december 2020*.

Finansministeriet (2022a): *Økonomisk Analyse: Mekaniske fremskrivninger af udbud af og efterspørgsel efter velfærdsmedarbejdere.*

Finansministeriet (2022b): *DK2030: Et grønnere, sikrere og stærkere Danmark 2030.*

Hsieh og Moretti (2019): "Housing Constraints and Spatial Misallocation", *American Economic Journal: Macroeconomics* 2019, 11(2).

Humlum (2021): *Robot Adoption and Labor Market Dynamics*, University of Chicago.

IRIS Group for Erhvervsstyrelsen (2019a): *Erhvervsmæssige styrkepositioner – kortlægning af erhvervsstyrker i dansk erhvervsliv.*

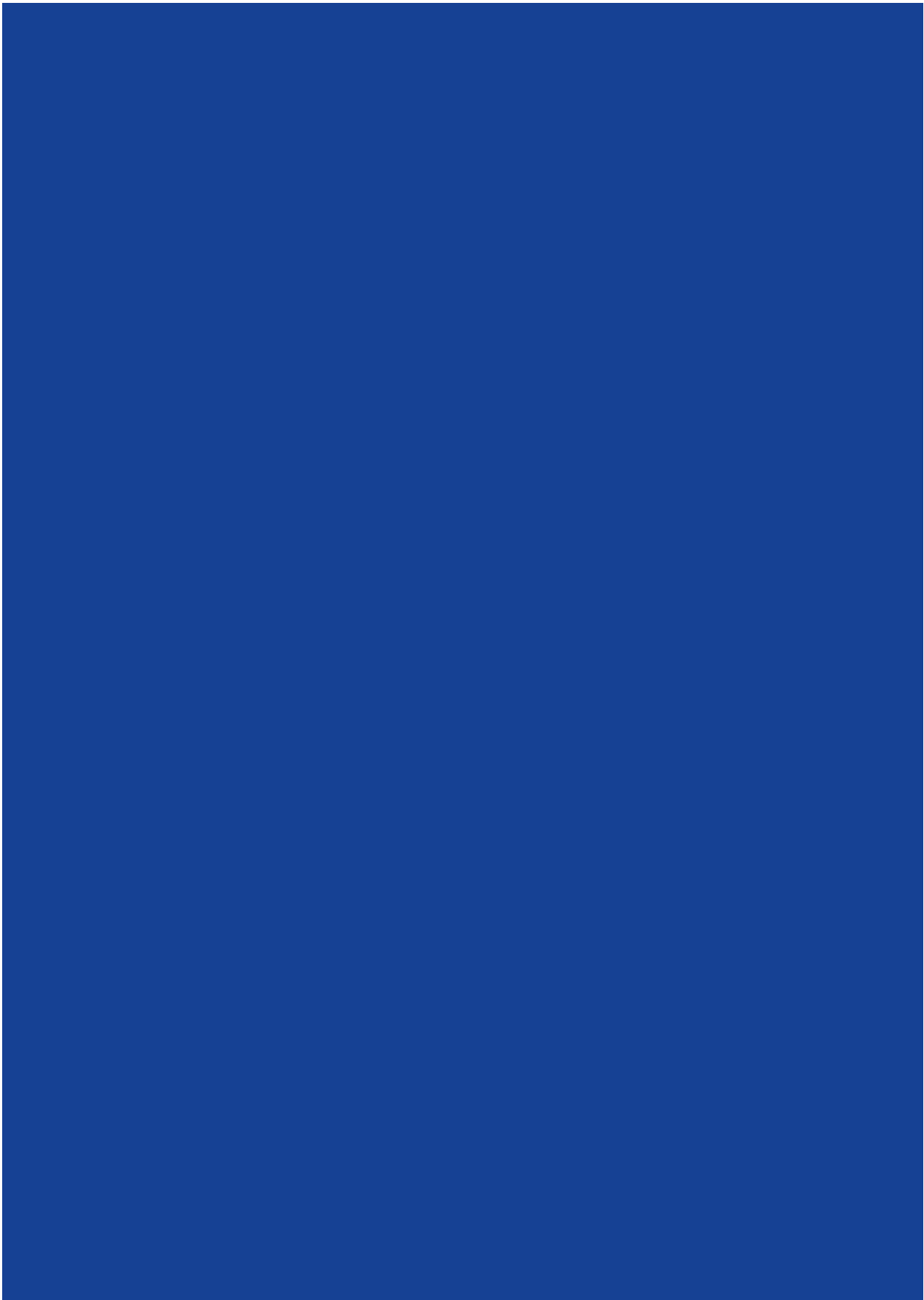
IRIS Group for Erhvervsstyrelsen (2019b): *Danske styrker inden for forskning, teknologi og uddannelse – og deres betydning for vækst og erhvervsudvikling.*

Kreiner og Svarer (2022): "Danish Flexicurity: Rights and Duties", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 36, nr. 4, efteråret 2022.

McKinsey & Company for Disruptionsrådet (2017): *Automatiseringens effekter på det danske arbejdsmarked.*

Potter (2021): "Why did agriculture mechanize and not construction?".

Økonomiministeriet (2023): *Økonomisk Redegørelse, marts 2023.*



Bilag 1 Data og metode

I dette bilag gennemgås metode og datagrundlag til analyserne i afsnit 4. Analyserne kan inddrages i to dele. I første del sammenlignes lokale arbejdsmarkeder med hinanden, i anden del er det enkelte lønmodtagere i industrien i 2000. Metoden følger gennemgående Dauth, Findeisen, Suedekum og Woessner (2021).

For de lokale arbejdsmarkeder måles den samlede automatisering over perioden fra 1996 til 2019 ved at sammenveje ændringen i robothæthed over hele perioden i 24 forskellige brancher i Danmark som helhed med branchernes andele af beskæftigelsen på det enkelte arbejdsmarked i startåret (hvor j angiver brancher og r områder):

$$automatisering_r = \sum_{j=1}^J \frac{\Delta robot_{j,1996-2019}}{beskæftigede_{j,1996}} \times \frac{beskæftigede_{jr,1996}}{beskæftigede_{r,1996}}$$

Der er således tale om en såkaldt *shift-share*-variabel.

Herefter estimeres regressioner af typen:

$$\Delta y_r = \beta_1 automatisering_r + \delta x_r + \varepsilon_r$$

på data for lokale arbejdsmarkeder, hvor Δy_r fx angiver den samlede beskæftigelsesfremgang i området over hele perioden. Dermed opnås en værdi for β_1 , der angiver effekten på Δy_r af en stigning i automatisering på en robot pr. 1.000 beskæftigede.

I alle tilfælde kontrolleres i estimationen for områdets erhvervsstruktur og demografiske sammensætning, herunder alders-, uddannelses- og kønssammensætning, andelen af indvandrere og efterkommere med henholdsvis vestlig og ikke-vestlig herkomst samt andele af beskæftigelsen i landbrug, produktion af henholdsvis fødevarer, forbrugsgoder, industrivarer, kapitalgoder samt i byggeriet, service til husholdninger, erhvervs-service og den offentlige branche. Derudover kontrolleres for ændringen i nettoeksporten og investeringer i informations- og kommunikationsudstyr med mål, der ligesom variabelen for automatisering er *shift-share*-variable.

Det er muligt, at udviklingen i brancherne i Danmark er årsag til deres automatisering og ikke omvendt. For at undgå at drage konklusioner om konsekvenserne af automatisering på baggrund af denne omvendte kausalitet udnyttes kun den del af branchevariationen i automatisering i Danmark, der kan forklares med automatiseringen i de samme brancher i Tyskland, Spanien, Finland, Frankrig, Italien, Norge, Sverige og Storbritannien. Der er således tale om estimation med instrumentvariable.

I anden del af analysen sammenlignes personer, der var beskæftiget i industrien i 2000. Hvor der kan være konsekvenser af automatisering på et lokalt arbejdsmarked som følge af en påvirkning af personer, der endnu ikke var på arbejdsmarkedet i starten af perioden eller var beskæftiget uden for industrien, undersøges altså i denne del kun påvirkningen af de oprindelige lønmodtagere i industrien.

For lønmodtagerne måles eksponeringen som den samlede automatisering i deres oprindelige branche fra 2000 til 2019:

$$automatisering_j = \frac{\Delta robot_{j,2000-2019}}{beskæftigede_{j,2000}}$$

Herefter estimeres regressioner af typen, ligeledes med instrumentvariable:

$$\Delta y_{i,j} = \beta_1 automatisering_j + \delta x_i + \varepsilon_i.$$

Her indfanger β_1 således effekten af en stigning i automatisering på en robot pr. 1.000 beskæftigede på fx den enkelte lønmodtagers tid i beskæftigelse over hele perioden. Hvis effekten er negativ, kan det fx indikere en periode med ledighed.

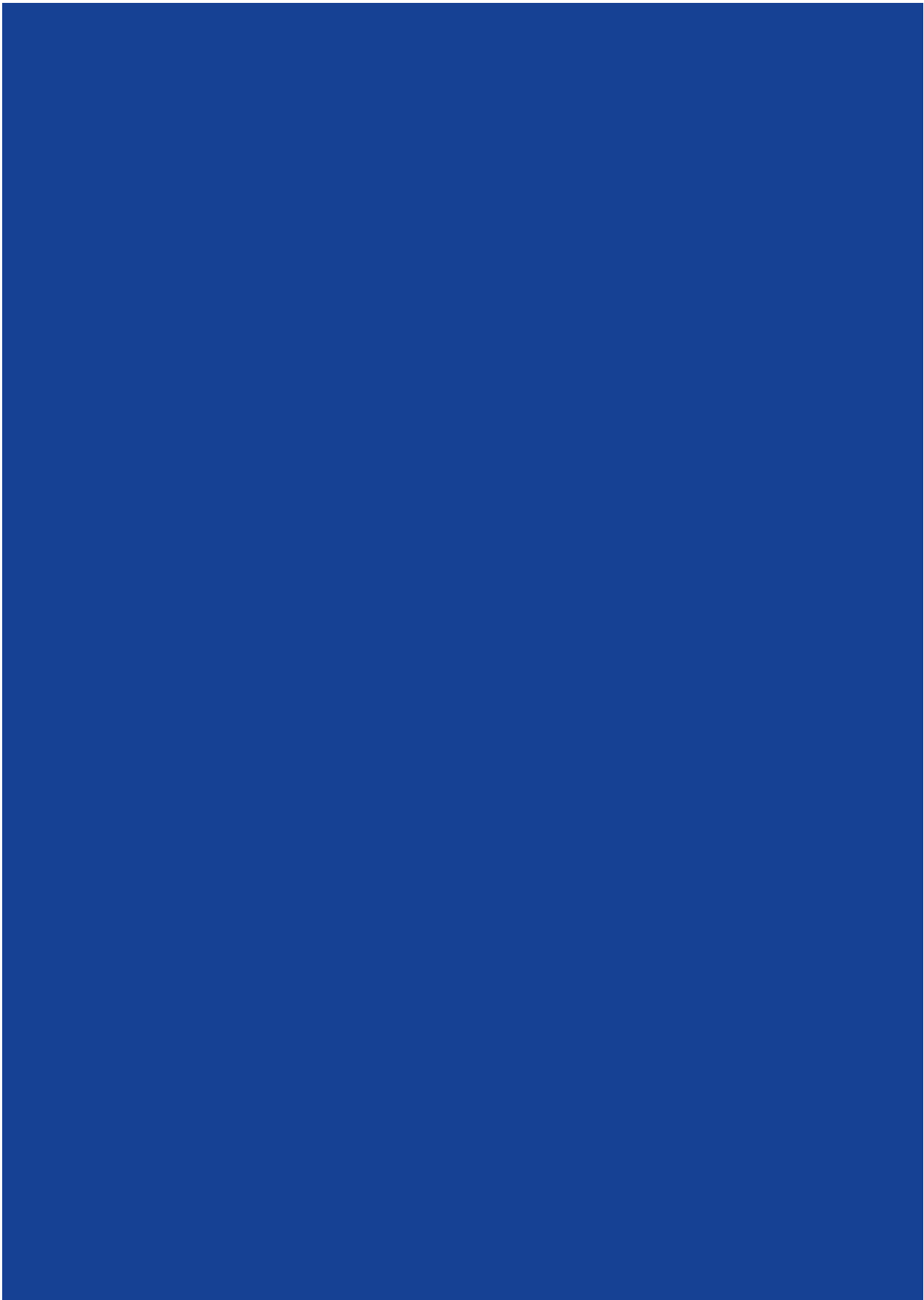
Der kontrolleres for udviklingen i nettoeksport og investeringer i informations- og kommunikationsudstyr i individets oprindelige branche samt samme demografiske variable som ovenfor. Derudover kontrolleres for erfaring, alder, logaritmen af lønnen og størrelsen på arbejdsstedet i startåret, region og tilhørsforhold til otte overordnede industribrancher.

Analysevariablene konstrueres på baggrund af registerdata i et unikt datasæt, der kobler individoplysninger med internationale data om branche- og landevariation i automatisering, nettoeksport og investeringer i informations- og kommunikationsudstyr. Oplysninger om individers beskæftigelse, branche, lønindkomst og timeløn er primært hentet i Danmarks Statistiks registre IDAN og RAS.

I sammenligningen af lokale arbejdsmarkeder er individoplysninger aggregeret i de 45 pendlingsområder fra 1995. Nogle arbejdssteder, der kun observeres efter 2007, kan ikke entydigt knyttes til et pendlingsområde af 1995. De tildeles et pendlingsområde på baggrund af det oftest forekommende match mellem deres kommune efter kommunalreformen og pendlingsområder i 1995 for lønmodtagere, der forekommer med begge oplysninger.

Brancheklassifikationen er skiftet to gange i løbet af den betragtede periode, og for arbejdssteder, der kun observeres før 2000, er det ikke i alle tilfælde muligt entydigt at bestemme en branche i den nye DB07-inddeling. De tildeles en DB07-branche ud fra det oftest forekommende match mellem deres DB93-branche og brancher i DB07 for arbejdssteder, der forekommer i registrene med en branche i både den nye og den gamle inddeling. Det er dog nødvendigt at anvende at anvende brancheinddelingen DB03 som mellemled.

Oplysninger om antallet af industrirobotter i brancher og lande er indsamlet af International Federation of Robotics. I Danmark er der et betragteligt antal robotter i uspecificeret branche. Disse er udeladt af analysen.



Bilag 2 Detaljerede resultater

I dette bilag præsenteres detaljerede resultater af analysen i afsnit 4. Bilagstabel 1 viser effekter af automatisering i industrien på beskæftigelsesfremgangen i pendlingsområder.

Bilagstabel 1

Effekter af automatisering på beskæftigelsen, samlet, i industrien selv og uden for industri

	I alt	I industrien selv			Uden for industri		
Beskæftigelsesfremgang, pct.-point							
Effekt af automatisering	3,1	3,0	2,1	-2,7	5,4*	5,8**	5,9*
Robuste standardfejl	2,7	4,8	4,7	5,9	3,0	2,8	3,1
<i>Kontrol for ændring i nettoeksport</i>	<i>Ja</i>	<i>Nej</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Nej</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>
<i>Kontrol for investeringer i ICT</i>	<i>Ja</i>	<i>Nej</i>	<i>Nej</i>	<i>Ja</i>	<i>Nej</i>	<i>Nej</i>	<i>Ja</i>

Anm.: Effekter af stigning på 1 industrirobot pr. 1.000 beskæftigede på de 45 lokale arbejdsmarkeder i 1996-2019. * Signifikant på 90-pct.-niveau. ** Signifikant på 95-pct.-niveau. *** Signifikant på 99-pct.-niveau. Se bilag 1. Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

I bilagstabel 2 opdeles effekten på fremgangen i industrien i effekter på drivkræfter for fremgangen.

Bilagstabel 2

Effekter af automatisering på drivkræfter for beskæftigelsesfremgang siden 1996 i industrien

	andre brancher i området	andet område	uden for arbejds- styrken	Tiltrådt fra... arbejds- løs	Fastholdt på... samme arbejds- plads	anden arbejds- plads
Beskæftigelsesfremgang, pct.-point						
Effekt af automatisering	-2,2***	1,3	-1,7	0,1	-1,1	0,9
Robuste standardfejl	0,5	2,2	3,2	0,2	0,8	0,7

Anm.: Se anmærkning til bilagstabel 1. Der er kontrolleret for ændring i nettoeksport og investeringer i ICT. Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

Det samme gøres for effekten på fremgangen i området i brancher uden for industri i bilagstabel 3.

Bilagstabel 3**Effekter af automatisering på drivkræfter for beskæftigelsesfremgang siden 1996 uden for industri**

	industri i området	andet område	Tiltrådt fra...		Fastholdt på...	
			uden for arbejds- styrken	arbejds- løs	samme arbejds- plads	anden arbejds- plads
Beskæftigelsesfremgang, pct.-point						
Effekt af automatisering	0,2	3,7***	3,5*	0,1	-0,5**	-1,1*
Robuste standardfejl	0,2	1,3	2,1	0,1	0,3	0,7

Anm.: Se anmærkning til bilagstabel 2.

Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

Bilagstabel 4 viser effekten på den samlede tid i beskæftigelse fra 2000 til 2019 for lønmodtagere, der var beskæftiget i industrien i 2000, var mellem 22 og 42 år gamle og havde mindst 2 års tilknytning til deres daværende arbejdsplads. I brødteksten er tallene omregnet til uger ved at skalere med den gennemsnitlige arbejdstid for alle beskæftigede i 2000, der var på 1.519 timer eller omtrent 41 arbejdsuger af 37 timer. Tiden i beskæftigelse opdeles på tværs af brancher og arbejdsgivere.

Bilagstabel 4**Effekter på tid i beskæftigelse i 2000-2019 for industrilønmodtagere opdelt på branche og arbejdsgiver**

	I alt	I industri		I service
	Alle arbejdsgivere	Samme arbejdsgiver	Anden arbejdsgiver	Alle arbejdsgivere
Tid i beskæftigelse, pct. af arbejdstid i 2000				
Effekt af automatisering	-0,8	-5,6**	5,2***	-0,4
Klyngerobuste standardfejl	1,0	2,2	1,6	1,8

Anm.: Effekter af stigning på 1 industrirobot pr. 1.000 beskæftigede i de oprindelige brancher for 84.152 personer, der var lønmodtagere i industrien i år 2000. * Signifikant på 90-pct.-niveau. ** Signifikant på 95-pct.-niveau. *** Signifikant på 99-pct.-niveau. Se i øvrigt bilag 1.

Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

Bilagstabel 5 opdeler tiden i beskæftigelse på tværs arbejdsgivere og jobfunktioner.

Bilagstabel 5
Effekter på tid i beskæftigelse i 2000-2019 for industrilønmodtagere opdelt på arbejdsgiver og jobfunktion

	Samme arbejdsgiver		Anden arbejdsgiver	
	Samme jobfunktion	Anden jobfunktion	Samme jobfunktion	Anden jobfunktion
Tid i beskæftigelse, pct. af arbejdstid i 2000				
Effekt af automatisering	-4,8**	-0,8	-0,4	5,2*
Klyngerobuste standardfejl	2,1	0,9	0,4	3,0

Anm.: Se anmærkning til bilagstabel 4.

Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

Bilagstabel 6 viser effekten på tid i beskæftigelse i alt for lønmodtagere med forskellige uddannelser.

Bilagstabel 6
Effekter på tid i beskæftigelse i 2000-2019 for industrilønmodtagere med forskellig uddannelse

	Ufaglært	Faglært	Kort eller Mellemlang	Lang
Tid i beskæftigelse, pct. af arbejdstid i 2000				
Effekt af automatisering	-1,2	-1,1	1,1	-0,9
Klyngerobuste standardfejl	1,0	1,0	0,9	1,3

Anm.: Se anmærkning til bilagstabel 4.

Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

Bilagstabel 7 viser effekten på lønmodtagernes gennemsnitlige årlige reale timelønfremskud.

Bilagstabel 7
Effekter på gennemsnitlig årlig real timelønfremskud i 2000-2019 for industrilønmodtagere

Årlig real timelønfremskud, pct.-point	
Effekt af automatisering	-0,005
Klyngerobuste standardfejl	0,004

Anm.: Effekten er estimeret på baggrund af 65.520 lønmodtagere i industrien i 2000, der var observeret med en timeløn i både dette år og 2019. Se anmærkning til bilagstabel 4.

Kilde: Danmarks Statistik, International Federation of Robotics, EU KLEMS, Comtrade og egne beregninger.

oem.dk

