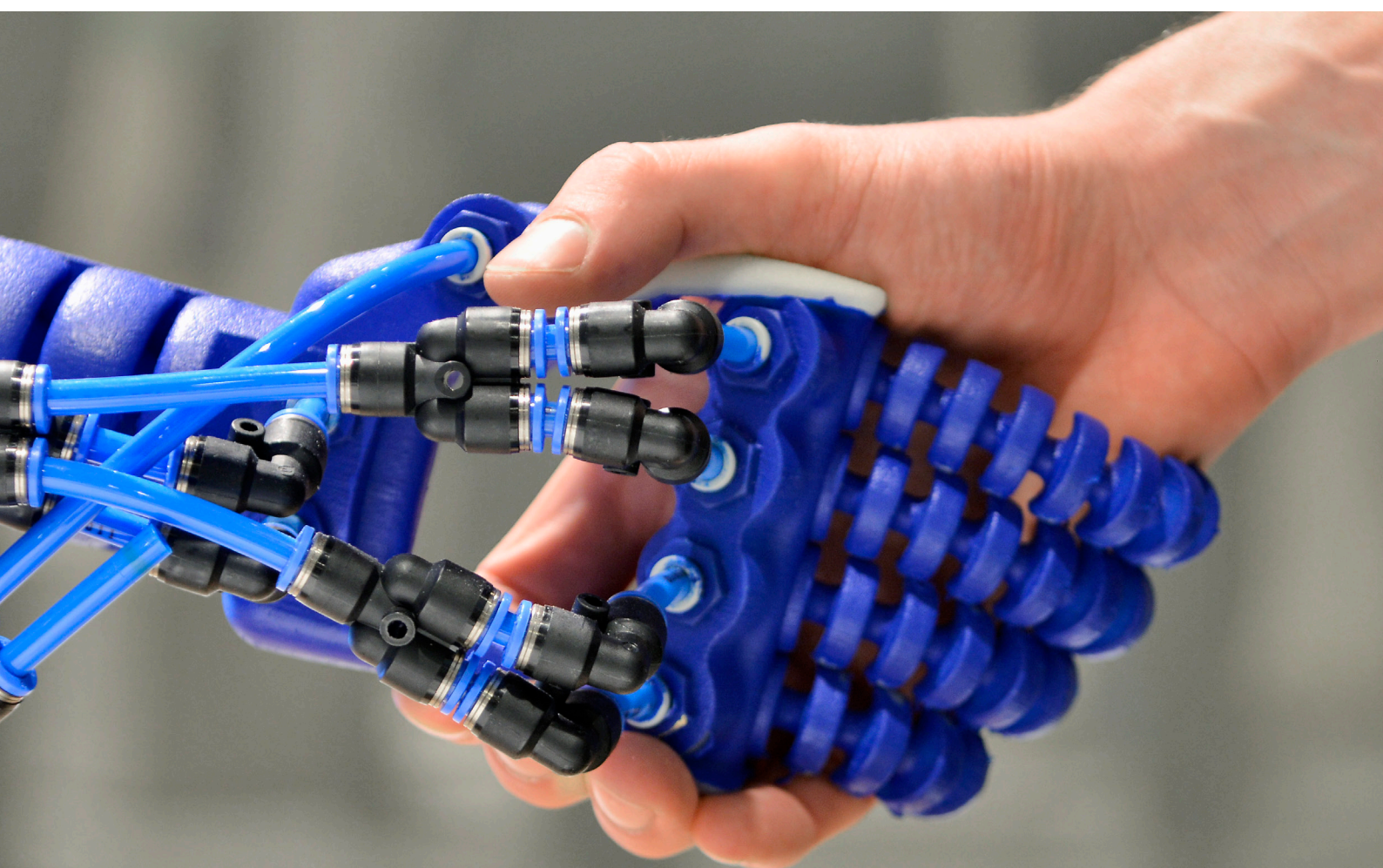




Sociaal en Cultureel Planbureau

Robotisering en de kwaliteit van werk

Een kennissynthese



Robotisering en de kwaliteit van werk

Een kennissynthese

Ralf Maslowski
Jan Dirk Vlasblom
Jesper Rözer
m.m.v. Aukje Smit

Het Sociaal en Cultureel Planbureau is een interdepartementaal, wetenschappelijk instituut, dat – gevraagd en ongevraagd – sociaal-wetenschappelijk onderzoek verricht. Het SCP rapporteert aan de regering, de Eerste en Tweede Kamer, de ministeries en maatschappelijke en overheidsorganisaties. Het SCP valt formeel onder de verantwoordelijkheid van de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport.

Het SCP is opgericht bij Koninklijk Besluit op 30 maart 1973. Het Koninklijk Besluit is per 1 april 2012 vervangen door de ‘Regeling van de minister-president, Minister van Algemene Zaken, houdende de vaststelling van de Aanwijzingen voor de Planbureaus’.

© Sociaal en Cultureel Planbureau, Den Haag 2021

SCP-publicatie 2021-7

Opmaak binnenwerk: Textcetera, Den Haag

Figuren: Staet van Creatie, Tilburg

Vertaling samenvatting: AVB-vertalingen, Amstelveen

Omslagontwerp: Textcetera, Den Haag

Foto omslag: HH | Flip Franssen

ISBN 978 90 377 0972 8

NUR 740

Copyright

U mag citeren uit SCP-rapporten, mits u de bron vermeldt.

U mag SCP-bestanden op een server plaatsen mits:

- 1 het digitale bestand (rapport) intact blijft;
- 2 u de bron vermeldt;
- 3 u de meest actuele versie van het bestand beschikbaar stelt, bijvoorbeeld na verwerking van een erratum.

Data

SCP-databestanden, gebruikt in onze rapporten, zijn in principe beschikbaar voor gebruik door derden via DANS www.dans.knaw.nl.

Contact

Sociaal en Cultureel Planbureau

Postbus 16164

2500 BD Den Haag

www.scp.nl

info@scp.nl

Via onze website kunt u zich kosteloos abonneren op een elektronische attendering bij het verschijnen van nieuwe uitgaven.

Inhoud

Voorwoord	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	16
1.1 Gevolgen van robotisering voor werkenden	16
1.2 Onderzoeksvraag	18
1.3 Definitie kwaliteit van werk	19
1.4 Definitie robotisering	20
1.5 Leeswijzer	25
Noten	25
2 Aanpak	27
2.1 Inleiding	27
2.2 Literatuurstudie	27
2.3 Expertinterviews	31
2.4 Bijzonderheden van de aanpak voor deze kennissynthese	32
Noten	35
3 Ontwikkeling van robotisering op de werkplek	36
3.1 Stand van zaken robotisering in Nederland	36
3.2 Industriële robots op de werkplek	38
3.3 Professionele servicerobots op de werkplek	45
Noten	47
4 Effecten van robotisering op de kwaliteit van werk	48
4.1 Inleiding	48
4.2 Gevolgen van robotisering voor de werkzekerheid van werkenden	48
4.3 Gevolgen van robotisering voor het inkomen van werkenden	55
4.4 Gevolgen van robotisering voor de werkdruk	60
4.5 Gevolgen van robotisering voor betekenisvol werk	64
4.6 Gevolgen van robotisering voor de ruimte om naast werken te zorgen en te leren	69
Noten	72
5 Toekomstige ontwikkelingen in de kwaliteit van werk als gevolg van robotisering	73
5.1 Ontwikkeling van robotisering in de komende jaren	73

5.2	Bevorderende en remmende invloeden op verdere robotisering van werk	75
5.3	Gevolgen van de coronacrisis voor de verdere robotisering van werk	80
5.4	Robots en de kwaliteit van werk in 2030	84
	Noten	93
6	Slotbeschouwing en aandachtspunten voor beleid	95
6.1	Slotbeschouwing	95
6.2	Gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk	99
6.3	Aandachtspunten voor beleid en praktijk	102
	Summary	106
	Literatuur	114

Voorwoord

De arbeidsmarkt verandert. Dat brengt onzekerheid met zich mee. Heeft iedereen in 2030 nog werk? Wat betekent het voor het inkomen van werkenden? Worden er als gevolg van de veranderingen steeds meer eisen aan werkenden gesteld, en heeft dit consequenties voor de manier waarop zij werk met andere taken, zoals de zorg voor kinderen of mantelzorg, kunnen combineren? Is het werk over tien jaar uitdagender dan nu, en kunnen werkenden steeds meer zelf bepalen hoe, wanneer en waar zij hun werkzaamheden uitvoeren? Of wordt het werk juist monotoner en minder betekenisvol? Krijgt iedereen op dezelfde manier met dezelfde veranderingen te maken? En als niet iedereen evenveel baat bij de veranderingen heeft, langs welke lijnen zullen zich dan verschillen voordoen?

Dit zijn grote vragen, en het Sociaal en Cultureel Planbureau (scp) heeft allesbehalve de illusie op bovenstaande vragen een sluitend antwoord te kunnen geven. Al was het maar omdat de toekomst zich moeilijk laat voorspellen, zoals ook de coronacrisis maar weer eens laat zien. Maar dat betekent niet dat we de vragen daarom terzijde moeten leggen, integendeel zelfs. Inzicht in wat veranderingen op de arbeidsmarkt betekenen voor de kwaliteit van werk in ons land helpt ons om beter voorbereid te zijn op de veranderingen die zich in de komende jaren voor zullen doen – ook wanneer die toekomst straks anders blijkt te zijn dan we nu denken. In de serie ‘De veranderende wereld van werk’, waar deze publicatie deel van uitmaakt, proberen we bij te dragen aan het inzicht in mogelijke gevolgen voor werkenden. In deze publicatie gaan we in op de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk. Robotisering heeft in de afgelopen jaren een sterke groei gekend, en hoewel de invloed op het werk in ons land vooralsnog gering is, wordt door velen de verwachting uitgesproken dat robotisering merkbare gevolgen zal hebben voor het werk in de toekomst.

In deze publicatie brengen we onze beschikbare kennis over de invloed van robotisering op de kwaliteit van werk in kaart. We doen dat aan de hand van nationaal en internationaal empirisch onderzoek naar gevolgen van robotisering, en aan de hand van inzichten van deskundigen op dit terrein. Daaruit komt naar voren dat robotisering tot een verlies aan werkzekerheid leidt en dat dit met name de onderkant van de arbeidsmarkt raakt. In dit rapport worden mogelijke handelingsperspectieven naar voren gebracht om op gevolgen van robotisering te anticiperen.

Graag bedanken we alle deskundigen die hun ervaringen en inzichten met ons voor deze studie wilden delen. Een woord van dank gaat ook uit naar Aukje Smit die namens het scp de interviews met deskundigen heeft gevoerd en Henk van den Brink voor het verstrekken van actuele gegevens over de stand van robotisering in Nederland. Ten slotte

danken we Joop Schippers voor zijn bijdrage aan de commissie die het onderzoek heeft begeleid.

Prof. dr. Kim Putters
Directeur Sociaal en Cultureel Planbureau

Samenvatting

S.1 Vraagstelling en opzet van het onderzoek

Verdere technologisering is een van de ontwikkelingen op de arbeidsmarkt die van groot belang is voor de kwaliteit van ons werk – nu en in de toekomst. Verdere mechanisering en automatisering in de vorm van toenemende robotisering kan tot verschuivingen leiden in de hoeveelheid werk die er is, in de aard van dat werk, en in de vaardigheden die mensen nodig hebben om te kunnen werken. In deze kennissynthese geven we een overzicht van de effecten van robotisering op de kwaliteit van werk en de verwachte ontwikkelingen daarin. De onderzoeksvraag die daarbij centraal staat, is: *Welke kansen en bedreigingen brengt robotisering met zich mee voor de kwaliteit van werk, en in hoeverre verschillen deze kansen en bedreigingen voor verschillende sociale groepen?*

Om de centrale vraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

1. In hoeverre is er sprake van robotisering van werk in ons land?
2. Wat zijn de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk, en in hoeverre en op welke wijze verschillen de gevolgen van robotisering voor verschillen groepen werknemers?
3. Welke verwachtingen zijn er over de toekomstige ontwikkelingen van robotisering en wat betekent dit voor de kwaliteit van werk in 2030?

Robotisering verwijst naar het proces waarbij steeds meer werkzaamheden worden uitgevoerd door robots. In deze kennissynthese hebben we daarvoor naar zowel industriële als professionele servicerobots gekeken. Een industriële robot is een machine die kan worden geprogrammeerd om zelfstandig een verscheidenheid aan taken uit te voeren. Een industriële robot onderscheidt zich van andere machines doordat hij voor verschillende taken kan worden ingezet, en voor elk van deze taken opnieuw geprogrammeerd kan worden. Servicerobots zijn robots die veelal ondersteunend zijn bij taken die mensen uitvoeren, of robots die een meer dienstverlenende functie vervullen. In deze kennissynthese hebben we ons daarbij specifiek gericht op professionele servicerobots – servicerobots die ontworpen zijn voor het uitvoeren van taken in het werkveld. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om automatisch geleide voertuigsystemen (AGV's) die voor logistieke taken worden ingezet, agrarische robots zoals melkrobots, of inspectierobots.

Waar het de kwaliteit van werk betreft hebben we in deze kennissynthese gekeken naar wat robotisering betekent voor de werkzekerheid van werknemers, hun inkomen, de werkdruk die zij ervaren, en in hoeverre hun werk voor hen betekenisvol is. Daarnaast is aandacht gegeven aan de mate waarin werknemers in staat zijn om werk, zorg en leren te combineren.

Voor de eerste deelvraag zijn we nagegaan in hoeverre in het Nederlandse bedrijfsleven op dit moment gebruik wordt gemaakt van robots, en hoe de robotisering van werk zich over de afgelopen tien jaar ontwikkeld heeft. De ontwikkelingen in ons land worden daarbij eveneens in een internationaal kader geplaatst. Voor de tweede deelvraag hebben we in kaart gebracht wat empirisch onderzoek ons leert over de effecten van robotisering op de kwaliteit van werk, en welke mechanismen daarbij een rol spelen. Bij de tweede deelvraag wordt daarvoor specifiek gekeken naar mogelijke verschillen tussen groepen werkenden, om na te gaan of mechanismen voor bepaalde sociale groepen anders uitpakken dan voor andere. Daarbij gaat het onder meer om opleidingsniveau, leeftijd en gender. Voor het ontsluiten van onderliggende mechanismen hebben we gebruikgemaakt van een systematische literatuurstudie, aanvullende literatuur en interviews met deskundigen in het veld. Voor de derde deelvraag zijn we nagegaan in hoeverre in de wetenschappelijke literatuur en in de interviews die we met deskundigen hielden verwachtingen naar voren komen ten aanzien van de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk.

5.2 Mate van robotisering van het werk

Robotisering heeft in ons land vooralsnog slechts beperkt ingang gevonden. Maar een relatief klein deel van de werknemers heeft in het werk met robots te maken. Daarbij gaat het vooral om werknemers van middelgrote en grote industriële bedrijven, en daarbinnen om bedrijven in de auto-industrie, elektronica en de e-commerce. In andere sectoren, zoals de financiële en zakelijke dienstverlening, de bouwnijverheid, de vervoerssector of de zorg en het onderwijs worden robots niet of nauwelijks voor het uitvoeren van werkzaamheden ingezet. Hoewel de huidige inzet van robots in het arbeidsproces beperkt is, is deze wel groeiende. Waar robotisering in een aantal andere Europese landen vanaf 2000 sterk toenam, bleef deze in ons land relatief beperkt. In de afgelopen vijf tot tien jaar heeft Nederland echter een grote inhaalslag gemaakt. Tussen 2013 en 2018 was de groei van het aantal robots beduidend groter dan gemiddeld in Europa. Door deze relatief sterke groei behoort ons land inmiddels tot een van de meest gerobotiseerde landen in de wereld. Recent lijkt de groei van robots in ons land weer af te vlakken, en komen er jaarlijks minder nieuwe robots bij dan enkele jaren geleden. De verwachting is dat de groei van robotisering door de coronacrisis verder vertraagd wordt.

5.3 Gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk

Gevolgen van robotisering voor de werkzekerheid van werknemers

Het ontbreekt vooralsnog aan Nederlands onderzoek naar de effecten van robotisering op de werkzekerheid van werknemers in ons land. Internationaal zijn recent wel studies naar de effecten voor de werkgelegenheid verschenen, waaronder ook enkele studies waarin Nederland als een van de landen is meegenomen. Daarbij gaat het vooral om macro-economisch onderzoek, waarin naar effecten wordt gekeken van robotisering in een industriële setting. Hoewel een deel van de studies kleine positieve effecten of geen effecten van

robotisering op de werkzekerheid van werknemers vindt, is er een groter aantal empirische studies dat aangeeft dat robotisering tot een afname van de werkzekerheid voor werkenden leidt. Voor de werkzekerheid van individuele werknemers betekent dit dat een verdere robotisering in hun bedrijfstak leidt tot een grotere kans op ontslag, of voor jongeren dat zij een kleinere kans hebben op het vinden van werk in de betreffende sector. Wanneer zij over onvoldoende vaardigheden beschikken om een baan in een andere bedrijfstak te vervullen, staat hun werkzekerheid onder druk.

Gevolgen van robotisering voor het inkomen van werknemers

De macro-economische studies die naar de effecten van robotisering voor de werkzekerheid zijn verricht, richten zich vaak ook op de gevolgen die robotisering heeft voor het inkomen van werknemers.

Robotisering lijkt positieve effecten te hebben op het uurloon van werkenden. Daar staat tegenover dat de effecten op het inkomen eerder negatief lijken uit te werken. Een mogelijke verklaring daarvoor is dat de productiviteitswinst die door de invoering van robotisering wordt geboekt bedrijven in staat stelt de uurlonen van werknemers te verhogen. Tegelijkertijd neemt het gemiddeld aantal uren dat gewerkt wordt echter af, waardoor de totale loonkosten verminderen. Doordat gegevens niet op individueel niveau beschikbaar zijn, is het echter speculatief wat precies de effecten voor individuele werknemers zijn. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat werknemers, of een deel van hen, minder uren gaan werken, maar per uur wel een hogere vergoeding krijgen. Maar het is ook mogelijk dat de gevonden effecten veroorzaakt worden door verschuivingen in personeel. Hiervan kan sprake zijn wanneer een groot aantal laagbetaalde werknemers die voorheen uitvoerende taken verrichtten bijvoorbeeld moet afvloeien, en enkele beter betaalde werknemers worden aangenomen voor nieuwe werkzaamheden die als gevolg van robotisering zijn ontstaan.

Gevolgen van robotisering voor de werkdruk van werknemers

Slechts een gering aantal studies richt zich op verschillen in werkdruk tussen werkzaamheden die met of zonder robot worden uitgevoerd. Naast een enkele kwalitatieve studie binnen de agrarische sector gaat het hierbij vooral om kwalitatief onderzoek binnen de gezondheidszorg. Uit het beschikbare onderzoek komt het beeld naar voren dat de mate waarin werkenden fysieke of mentale werkdruk ervaren voor een belangrijk deel afhankelijk is van de wijze waarop de robot in het arbeidsproces wordt ingezet. Daarbij lijken zowel de feitelijke werkdruk, in termen van de hoeveelheid werk die men moet doen en de tijdsdruk die daarmee gepaard gaat, als de regelmogelijkheden die de werkende zelf heeft bij het uitvoeren van zijn of haar werkzaamheden, bepalend voor de ervaren werkdruk. Robotisering kan deze druk verlichten, bijvoorbeeld door taken uit te voeren waardoor de fysieke druk vermindert, maar kan ook de autonomie van de werkende beperken.

Gevolgen van robotisering voor betekenisvol werk

Met de inhoud van de werkzaamheden en taken als gevolg van robotisering lijkt ook de betekenis van het werk voor groepen werkenden te veranderen. Empirisch onderzoek hier-

naar – met name gevalstudies naar percepties van werknemers over de invoering van robots op hun werkplek – is echter schaars. De verwachting dat het werk voor werkenden betekenisvoller wordt, of juist minder betekenisvol, wordt vooral afgeleid uit de aard van de werkzaamheden die door robots worden overgenomen en als gevolg daarvan niet meer door werknemers hoeven te worden uitgevoerd. Uit de studies die gedaan zijn naar de mate waarin werkenden vinden dat hun werk uitdagender, eentoniger of interessanter is geworden komt het beeld naar voren dat dit sterk verschilt al naar gelang de werksituatie of de functie die men vervult. Uit de expertinterviews komen vergelijkbare inschattingen en observaties naar voren. Robotisering kan het werk betekenisvoller maken, namelijk interessanter, minder saai of minder zwaar. Maar het kan het werk ook geestdodender maken en daarmee juist minder betekenisvol.

[Gevolgen van robotisering voor de mogelijkheden werk met zorg en scholing te combineren](#)

Empirisch onderzoek naar de gevolgen van robotisering voor de combinatiedruk die werkenden al dan niet kunnen ervaren, ontbreekt vooralsnog. Uit een enkele gevalstudie komt het beeld naar voren dat robotisering – via de inzet van professionele servicerobots – kan leiden tot een grotere flexibiliteit doordat tijdsgebonden werkzaamheden door een robot worden uitgevoerd. Daarnaast kan het aantal werkzaamheden afnemen doordat deze door een robot worden overgenomen. Wanneer er een grotere flexibiliteit in het werk is, is het relatief eenvoudiger om werk met zorgtaken en scholing te combineren. Doordat onderzoek ontbreekt waarin meer diepgaand geanalyseerd wordt in hoeverre werkenden daadwerkelijk ruimte ervaren om naast hun werk ook andere taken te vervullen, en door de zeer specifieke context waarop de beschikbare gevalstudies betrekking hebben, kunnen hieraan vooralsnog geen duidelijke conclusies worden verbonden.

[Gevolgen van robotisering voor verschillende groepen werkenden](#)

De gevolgen van robotisering kunnen verschillend uitwerken voor specifieke groepen werkenden. Waar het verschillen naar opleidingsniveau betreft, komt uit eerder onderzoek naar de gevolgen van automatisering naar voren dat met name middelbaaropgeleiden hiervan nadelen ondervinden. In het bijzonder de banen in het middensegment van de arbeidsmarkt bevatten relatief veel administratieve werkzaamheden en zijn daarom bovengemiddeld gevoelig voor automatisering. Het onderzoek naar de effecten van robotisering voor de kwaliteit van werk geeft eveneens aan dat een deel van de banen van middelbaaropgeleiden onder druk staat. Tegelijkertijd lijken de negatieve effecten van robotisering voor laaggeschoold werk ingrijpender. Een mogelijke verklaring daarvoor is dat automatisering vooral betrekking heeft op cognitieve taken die door een computer kunnen worden overgenomen, terwijl het bij robotisering in veel gevallen om een combinatie van een fysieke en cognitieve taak gaat. Door de combinatie van automatisering en mechanisering grijpt robotisering, zeker waar het industriële robots betreft, relatief sterker in op uitvoerend productiewerk. Dat raakt de werkzekerheid van lageropgeleiden, en voor

een deel middelbaaropgeleiden, maar ook hun inkomen. De inkomenseffecten zijn sterker voor lageropgeleide werknemers dan voor hogeropgeleide werknemers.

Uit de interviews met deskundigen, en voor een deel uit de gevalstudies in de literatuur, komt daarnaast naar voren dat door robotisering vaak geestdodend, gevaarlijk of fysiek zwaar werk verdwijnt, en dat er uitdagender, technisch hoogwaardiger werk voor in de plaats komt, waarvan met name hoogopgeleiden profiteren.

Studies naar de gevolgen van robotisering maken zelden onderscheid tussen specifieke leeftijdsgroepen. Waar dit wel gedaan wordt, komen daaruit geen duidelijke effecten naar voren voor verschillende leeftijdsgroepen wat betreft hun werkzekerheid of inkomsten. Een enkele studie concludeert dat robotisering effect heeft op het openstellen van nieuwe vacatures in bedrijven waarin gerobotiseerd wordt. Het lijkt aannemelijk dat dit vooral starters op de arbeidsmarkt treft. Daarbij gaat het voor het grootste deel om jongeren die net hun opleiding hebben afgerond. Het is echter onduidelijk in hoeverre deze bevindingen ook voor de Nederlandse context van toepassing zijn.

Onderzoek naar robotisering gaat niet expliciet in op verschillen in effect naar gender. Op dit moment vindt robotisering vooral plaats in productiebedrijven, en minder in dienstverlenende beroepen, zoals de zorg en het onderwijs. Aangezien juist in de dienstverlenende sector relatief meer vrouwen werken, is het aannemelijk dat zij in de huidige situatie minder door de gevolgen van robotisering getroffen worden dan mannen.

5.4 Toekomstige ontwikkelingen van robotisering en mogelijke gevolgen voor de kwaliteit van werk in 2030

De algemene verwachting is dat de impact van robots in de komende tien jaar gaat toenemen. Dat geldt voor zowel industriële robots als voor professionele servicerobots. Met name voor professionele servicerobots wordt de grootste groei verwacht. Door de coronacrisis zullen de groeicijfers dit jaar en mogelijk volgend jaar afnemen, of verkoopcijfers mogelijk dalen, maar op basis van ervaringen met eerdere crises is de verwachting dat het hierbij om een tijdelijke trendbreuk gaat. Tegelijkertijd is de verwachting dat het tot aan 2030 om geleidelijke groei gaat. Een belangrijke reden daarvoor is dat veel verwachtingen en voorspellingen uitgaan van de potentie van technologie en daardoor geneigd zijn om – in ieder geval op de korte tot middellange termijn – een te rooskleurig beeld te schetsen. Dat neemt volgens enkele deskundigen niet weg dat zich in de komende tien jaar technologische doorbraken kunnen voordoen die robotisering in een grotere stroomversnelling brengen.

Gevolgen van toenemende robotisering voor de werkzekerheid van werknemers

Wanneer robotisering zich in een vergelijkbaar tempo doorzet als in de afgelopen jaren, zal het aantal industriële robots in ons land jaarlijks met tussen de 800 en 1400 robots blijven groeien. Bestaande studies komen tot een schatting van ongeveer twee tot drie arbeidsplaatsen die door de aanschaf van een industriële robot zijn verdwenen. Dat zou beteke-

nen dat tussen de 1600 en 4200 banen verdwijnen als gevolg van robotisering. Dergelijke schattingen zijn met de nodige onzekerheden omgeven. Bovendien zijn de schattingen gebaseerd op een 'netto' verandering in het aantal arbeidsplaatsen, waarin ook nieuw gecreëerde – en vaak andere – banen in de cijfers verdisconteerd zijn. Dat betekent dat het aantal werknemers dat hun werkzaamheden door een robot overgenomen ziet worden, feitelijk hoger zal liggen. Dit zal naar verwachting vooral lageropgeleiden raken, en mogelijk een deel van de huidige middelbaaropgeleide werknemers.

Wanneer in de toekomst de groei vooral cobots op de werkplek betreft, is het aantal banen dat verdwijnt vermoedelijk beduidend geringer. Het ontbreekt nog aan studies op grond waarvan schattingen hiervan gemaakt kunnen worden. Dat geldt ook voor professionele servicerobots. Deze zullen voor een deel van invloed zijn op het aantal arbeidsplaatsen, bijvoorbeeld waar het automatisch geleide voertuigsystemen betreft, maar voor een ander deel zullen zij hier geen effect op hebben of zelfs tot een toename van nieuwe banen leiden – met name daar waar robots als hulpmiddel worden gebruikt door werkenden.

[Gevolgen van toenemende robotisering voor het inkomen van werknemers](#)

De verwachting is dat verdere robotisering in de industriële sector zal leiden tot een relatieve afname van het inkomen van werknemers. Over de grootte van de effecten op het inkomen verschillen studies, waarbij studies in de Verenigde Staten en China grotere effecten vinden dan studies die geheel of voor een groot deel op Europese gegevens gebaseerd zijn. Op basis van gegevens uit Duitsland lijkt het daarbij om relatief kleine negatieve effecten te gaan. Hoewel het hierbij om ruwe schattingen gaat, en de extrapolaties – onder meer vanwege de relatief hoge robotdichtheid in Duitsland – niet zonder meer naar ons land vertaald kunnen worden, geven zij niettemin een indicatie dat de inkomensverschillen voor een grote groep werknemers in industriële bedrijven mogelijk beperkt blijven. De negatieve effecten van robotisering op het inkomen van werknemers treffen vooral lager- en middelbaaropgeleiden. Hoogopgeleiden, en met name werknemers met een technische achtergrond, lijken wat betreft hun inkomen eerder te profiteren van toenemende robotisering van werk.

[Gevolgen van toenemende robotisering voor de werkdruk en de waarde van werk](#)

Studies naar de effecten van robotisering op de werkdruk en de mate waarin werknemers hun werk als betekenisvol zien, maken duidelijk dat de effecten in hoge mate lijken af te hangen van de wijze waarop het werk concreet georganiseerd wordt. Als robots ingevoerd worden om werknemers te ondersteunen bij hun werk, zal de werkdruk waarschijnlijk afnemen. Doordat robots taken overnemen, hebben werknemers meer tijd voor hun andere taken. In die situaties waarin robots ingezet worden om personeel te ontlasten door taken over te nemen, de als belastend ervaren taken uit te voeren, of om tijd vrij te maken voor nieuwe interessante taken, leidt robotisering (en automatisering in zijn algemeenheid) tot een verlaging van de werkdruk. De werkdruk kan echter ook toenemen wanneer alle saaie of eenvoudige taken worden geautomatiseerd. Het werk kan er meer belastend en minder afwisselend van worden. Het ontbreken van een gezonde mix van

uitdagend en routinematig werk kan tot werkdruk en stress leiden. Daarnaast kunnen werknemers in situaties waarin zij het gevoel hebben niet langer *in control* te zijn omdat de machine het werktempo bepaalt, of als ze het gevoel hebben dat de machine gebruikt wordt om hun output te controleren, een toename van werkdruk ervaren. Robots kunnen, met het oog op productiviteitswinst, ook zo worden afgesteld dat mensen ze nog maar net kunnen bijhouden. Dit kan de autonomie van medewerkers ondergraven en daarmee de ervaren werkdruk verhogen.

Ook de mate waarin werkenden hun werk als betekenisvol ervaren, hangt voor een belangrijk deel af van de keuzes die organisaties maken. Daarbij lijkt het van belang het systeem van onderling afhankelijke werkzaamheden in kaart te brengen. Studies laten zien dat bestaande werkwijzen in een organisatie door robotisering kunnen veranderen. Een deel van de werkenden ervaart dit als een verrijking van de functie of het werk, terwijl andere binnen dezelfde organisatie het juist als een verarming zien.

5.5 Aandachtspunten voor beleid en praktijk

Beperkte kennis over de gevolgen van robotisering

In deze studie beschrijven wij de kennis die wij aan de hand van een literatuurstudie en interviews met deskundigen hebben verzameld over de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk. Het overzicht maakt duidelijk dat er op onderdelen inzicht in deze gevolgen bestaat, maar dat dit op andere onderdelen ontbreekt. Daarnaast is er nog maar zeer beperkt inzicht in de mechanismen die daarbij een rol spelen. Doordat specifiek empirisch onderzoek naar de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk in de Nederlandse context vooralsnog ontbreekt, wordt bovendien sterk geleund op inzichten die in andere landen zijn opgedaan. Voor een op empirie gestoeld arbeidsmarktbeleid lijkt het om die reden raadzaam in de komende jaren ook voor ons land meer gerichte studies naar de effecten van robotisering te doen.

Robotisering is geen exogene kracht, maar vraagt om keuzes in beleid en praktijk

Robotisering wordt vaak ten onrechte gezien als een autonome beweging die moeilijk te beïnvloeden is. Deze studie maakt duidelijk dat technologische ontwikkeling een eigen dynamiek kent, en dat deze zich niet altijd laat sturen en voorspellen. Tegelijkertijd komt uit de resultaten ook het beeld naar voren dat de manier waarop technologie ingevoerd en gebruikt wordt wel degelijk te beïnvloeden is. De daadwerkelijke uitkomsten hangen af van de keuzes van bedrijven en landen. Robots inzetten om minder afhankelijk te zijn van de factor arbeid heeft een heel andere consequentie dan robots inzetten om werknemers te ondersteunen. Deze keuzes worden vooral door bedrijven en andere organisaties gemaakt, maar de overheid heeft een taak waar het gaat over de kaders waarbinnen bedrijven en werknemers hun keuzes moeten maken. Om de mogelijkheden van robotisering te benutten, niet alleen vanuit het specifieke bedrijfs perspectief, maar ook vanuit maatschappelijk perspectief, zou een robotiseringsagenda leidend moeten zijn, die breed door alle betrok-

kenen wordt gedeeld. Het lijkt raadzaam dat de overheid de totstandkoming van een dergelijke agenda initieert.

Nascholing van lageropgeleide werknemers

Wanneer, zoals algemeen de verwachting is, robotisering zich doorzet, lijken met name laagopgeleide werknemers hiervan nadelen te ondervinden. Zij hebben een grotere kans om hun baan te verliezen, en door de geringe werkgelegenheid voor lageropgeleiden als gevolg van robotisering, zal het voor hen moeilijker worden bij ontslag een andere baan te vinden. Door de teruglopende werkgelegenheid voor lageropgeleiden zal, zeker wanneer investeringen in robotisering goedkoper worden, ook hun inkomen onder druk komen te staan. Daarnaast laat een aantal gevalstudies zien dat lageropgeleiden bovendien een grotere kans hebben om werkzaamheden te verrichten die minder betekenisvol voor hen zijn. Bedrijven die robots in hun werkprocessen inpassen, kunnen gestimuleerd worden om zelf mogelijkheden te scheppen om lageropgeleiden aan het werk te houden, bijvoorbeeld door nascholing gericht op het onderhouden of controleren van werk dat door robots wordt uitgevoerd. In Duitsland zijn hiermee positieve ervaringen opgedaan, waardoor werknemers hun werk konden behouden. Deze verantwoordelijkheid voor het stimuleren van bedrijven zou bij de sociale partners gelegd kunnen worden.

Om- en opscholing naar andere functies

De kans is groot, zeker wanneer robotisering sneller ingang vindt dan nu voorzien wordt, dat niet alle werknemers hun baan kunnen behouden als bedrijven besluiten werkzaamheden door robots te laten uitvoeren. Deze werknemers zouden van werk naar werk begeleid kunnen worden, ondersteund door scholing die het mogelijk maakt deze overstap te maken. De Actie-agenda Leven Lang Ontwikkelen die de Sociaal-Economische Raad (SER) heeft opgesteld biedt hiervoor bruikbare aanknopingspunten. Door de SER is een groot aantal veelbelovende projecten in kaart gebracht die uitgaan van initiatieven waaraan verschillende lokale of regionale betrokkenen zich gecommitteerd hebben. Deze projecten zouden, met behoud van het lokale karakter, opgeschaald kunnen worden om het verlies van werk door robotisering op te vangen.

Behoefte aan technisch opgeleiden

Wanneer robotisering doorzet is er behoefte aan technisch opgeleid personeel. Daarbij gaat het voor een belangrijk deel om hoger opgeleid technisch personeel om robots te programmeren en verder te ontwikkelen. Voor een ander deel gaat het daarbij om middelbaar opgeleid personeel, bijvoorbeeld voor onderhoud van de robots, en om laag- en middelbaaropgeleiden bij het werken met de robots op de werkplek. Dat betekent dat werknemers gestimuleerd moeten worden om zich om te scholen naar technische functies, maar ook dat jongeren gestimuleerd moeten worden om een technische opleiding te gaan volgen. Opleidingen in het middelbaar en hoger beroepsonderwijs dienen te anticiperen op de behoefte aan toekomstig technisch personeel. Vanuit de overheid kan een voorlich-

tingscampagne worden opgezet om jongeren te bewegen voor een technische opleiding te kiezen.

Gevolgen robotisering meenemen in herziening arbeidsmarkt

Door de Commissie Borstlap zijn aanbevelingen gedaan gericht op de herziening van de arbeidsmarkt. Robotisering van werk leidt tot een andere verdeling tussen kapitaal en arbeid. Wanneer robotisering een hoge vlucht neemt, zal een kleiner deel van de productiviteitswinst door arbeid worden geleverd, en een groter deel door kapitaalgoederen. De revenuen van de productiviteitswinst zullen daarmee eveneens in toenemende mate naar degenen gaan die deze kapitaalgoederen in handen hebben, en minder naar het inkomen uit arbeid. Dit zet het inkomen van werkenden onder druk, maar vergroot bovendien de inkomensverschillen tussen hen die de kapitaalgoederen in handen hebben, en degenen voor wie dit niet geldt. In de herziening van de arbeidsmarkt dient voorzien te worden in maatregelen om alle werkenden van een gepast inkomen te blijven voorzien.

1 Inleiding

Robots worden in hoog tempo toegankelijker, betrouwbaarder en goedkoper. Ze zijn goedkoop, snel, nooit ziek, werken 24 uur per dag, vragen nooit om loonsverhogingen, worden niet vertegenwoordigd door vakbonden en staken niet. Voor een aanzienlijk deel van de bestaande banen zijn zij daardoor in staat om werknemers te vervangen.

(Lodewijk Asscher, 29 september 2014)

1.1 Gevolgen van robotisering voor werkenden

Lodewijk Asscher, toenmalig minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, sprak in 2014 de vrees uit dat robotisering zou kunnen leiden tot een toename van de werkloosheid in ons land. Dit zou, aldus Asscher (2014), met name middelbaar- en lageropgeleiden op de arbeidsmarkt treffen. Daarmee zou een kloof kunnen ontstaan tussen enerzijds een kleine elite die de productiemiddelen in handen heeft en anderzijds een grote groep zonder werk en inkomen. Asschers vrees voor verstrekkende negatieve gevolgen van de invoering van robots werd gevoed door voorspellingen over het verdwijnen van banen die in de jaren daarvoor waren verschenen. Brynjolfsson en McAfee (2014) betoogden in hun boek *The second machine age* dat de technologische veranderingen steeds sneller gaan, met grote gevolgen voor de arbeidsmarkt. Met name ongeschoold werk zou door de verdergaande technologisering geraakt worden, met toenemende werkloosheid onder lageropgeleiden en lagere lonen tot gevolg. In de studie *The Future of Employment* concludeerden Frey en Osborne (2013) dat ongeveer 47% van alle banen in de Verenigde Staten het risico liep in de daaropvolgende twintig jaar te zullen verdwijnen. Zij baseerden zich daarbij op onder meer het werk van Autor et al. (2003), waaruit blijkt dat vooral routinematige functies eenvoudig door computers en robots kunnen worden overgenomen.

Ook in Nederland zijn veel banen te automatiseren

De studie van Frey en Osborne (2013) heeft internationaal de nodige opvolging gekregen. Bruegel, een Europese denktank voor economische vraagstukken, analyseerde in hoeverre banen in Europese landen geautomatiseerd kunnen worden (Bowles 2014). Aan de hand van gegevens over de Europese arbeidsmarkt uit 2012 komt Bruegel tot de conclusie dat de werkgelegenheid in EU-landen zo mogelijk nog sterker dan de Verenigde Staten beïnvloed zal worden door automatisering en robotisering. Gemiddeld zou het volgens Bruegel gaan om 54% van de banen binnen de EU, waarbij de percentages variëren van 47% voor Zweden tot 62% voor Roemenië. Voor Nederland schat Bruegel in dat iets minder dan 50% van de banen door automatisering en robotisering zou kunnen verdwijnen (Bowles 2014). Personeel in de administratieve sector heeft daarbij de grootste kans dat hun baan verdwijnt (Deloitte 2014). Dat geldt zowel voor werkenden op mbo-niveau, zoals medewerkers gegevensinvoer en personeel in de debiteuren-, pensioen- en salarisadministratie, als op hbo- en wo-niveau, zoals vakspecialisten in bedrijfsbeheer en administratie. Hoewel

de kans dat zij in de komende jaren hun baan zien verdwijnen in deze beroepen het grootst is, becijfert Deloitte dat de impact op de werkgelegenheid zo mogelijk nog groter zal zijn voor verkopers, winkeliers en inkopers vanwege het grote aantal personen dat werkzaam is in deze functies. Volgens Deloitte (2014) zou het betekenen dat er door automatisering en robotisering 2 tot 3 miljoen banen in Nederland zouden verdwijnen.

Functies worden niet geheel opgeheven en er komen ook banen bij

Het onderzoek van Frey en Osborne (2013) brengt in kaart welke banen een grote kans hebben om in de toekomst te verdwijnen, maar gaat niet in op mogelijke nieuwe banen die door verdere automatisering en robotisering ontstaan. Daarnaast is er kritiek gekomen op het feit dat Frey en Osborne in hun analyse uitgaan van banen als ondeelbare functies (Arntz et al. 2016). Arntz et al. betogen dat banen een bundeling van verschillende taken zijn, waarvan een deel weliswaar te automatiseren is, maar daarnaast bevatten banen ook taken die minder eenvoudig door een computer of een robot over te nemen zijn (Arntz et al. 2016). Op basis van gegevens uit de PIAAC-studie¹ schatten zij dat het aantal banen in geïndustrialiseerde landen dat gevaar loopt te zullen verdwijnen veel lager ligt: tussen de 9% en 12% van de banen. In Nederland is volgens hen iets minder dan 10% van het werk te automatiseren. Hoewel dit nog steeds een aanzienlijk percentage is, zijn de gevolgen van automatisering en robotisering volgens Arntz et al. wel beduidend minder ingrijpend dan in eerdere studies werd voorgesteld. Daar dient bij opgemerkt te worden dat Arntz et al. (2016) concluderen dat veel banen weliswaar zullen blijven bestaan, maar dat tegelijkertijd een aanzienlijk deel hiervan zal veranderen doordat bepaalde taken (gedeeltelijk) worden geautomatiseerd.

Robotisering als kans

In het verlengde van de eerste onderzoeken zijn zowel internationaal, onder meer vanuit de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (oESO) en de International Labour Organization (ILO), als nationaal, met name vanuit de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) en het Rathenau Instituut, rapporten en adviezen verschenen die een doorkijkje proberen te geven naar de toekomst, of maatregelen proberen aan te reiken om te voorkomen dat deze ontwikkelingen de kwaliteit van werk onder druk zouden zetten. In 2015 verscheen bij het Rathenau Instituut het rapport *Werken aan de robotsamenleving* (Van Est et al. 2015). In dit rapport worden bedreigingen van robotisering aangegeven, maar ook kansen om werk uitdagender te maken. In hetzelfde jaar bracht de WRR het rapport *De robot de baas* uit (Went et al. 2015). *De robot de baas* gaat in op veranderingen in het werk als gevolg van robotisering en pleit voor een actieve opstelling van politiek en samenleving in de vorm van een 'inclusieve robotagenda'. In de agenda van de WRR staat complementariteit centraal, waarbij juist in de samenwerking tussen mens en robot de meerwaarde te vinden is. Mede op basis van het onderzoek benadrukte ook Lodewijk Asscher eind 2015, ruim een jaar na zijn eerdere lezing, de kansen die robotisering biedt. Nederland moet, aldus Asscher, 'kampioen' op het gebied van robotisering worden. Asscher wees daarbij met name op het belang van scholing.

Beperkte kennis over effecten op de kwaliteit van werk

Tegelijkertijd is het echter nog voor een groot deel onduidelijk hoe verschillende ontwikkelingen ingrijpen op de kwaliteit van werk in de toekomst. Het Sociaal en Cultureel Planbureau (SCP) doet hiernaar, op verzoek van de Tweede Kamer, onderzoek in de vorm van drie kennissynthesen. In deze kennissynthesen wordt in kaart gebracht wat de gevolgen zijn van platformisering en robotisering voor de kwaliteit van werk in 2030, en de mate waarin het combineren van werk, scholing en zorg al dan niet mogelijk is. In de nu voorliggende kennissynthese wordt ingegaan op de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk. Dit vindt voor een deel plaats aan de hand van een systematische literatuurstudie naar de gevolgen van robotisering voor het inkomen van werknemers, hun werkzekerheid, de door hen ervaren werkdruk, en de mate waarin het werk voor hen betekenisvol is. Daarnaast wordt ingegaan op de mate waarin robotisering gevolgen heeft voor de afstemming van werk, zorg en leren. Naast de literatuurstudie zijn deskundigen bevestigd over de gevolgen die robotisering heeft voor de kwaliteit van werk.

1.2 Onderzoeksvraag

De centrale onderzoeksvraag van deze kennissynthese is: *Welke kansen en bedreigingen brengt robotisering met zich mee voor de kwaliteit van werk, en in hoeverre verschillen deze kansen en bedreigingen voor verschillende sociale groepen?*

Om de centrale vraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

1. In hoeverre is er sprake van robotisering van werk in ons land?
2. Wat zijn de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk, en in hoeverre en op welke wijze verschillen de gevolgen van robotisering voor verschillende groepen werkenden?
3. Welke verwachtingen zijn er over de toekomstige ontwikkelingen van robotisering en wat betekent dit voor de kwaliteit van werk in 2030?

Voor de eerste deelvraag zijn we nagegaan in hoeverre in het Nederlandse bedrijfsleven op dit moment gebruik wordt gemaakt van robots, en hoe de robotisering van werk zich over de afgelopen tien jaar ontwikkeld heeft. De ontwikkelingen in ons land worden eveneens in een internationaal kader geplaatst. Voor de tweede deelvraag hebben we in kaart gebracht wat empirisch onderzoek ons leert over de effecten van robotisering op de kwaliteit van werk, en welke mechanismen daarbij een rol spelen. Bij de tweede deelvraag kijken we specifiek naar mogelijke verschillen tussen groepen werkenden, om na te gaan of mechanismen voor bepaalde sociale groepen anders uitpakken dan voor andere. Daarbij gaat het onder meer om opleidingsniveau, leeftijd en gender. Voor het ontsluiten van onderliggende mechanismen hebben we gebruikgemaakt van een systematische literatuurstudie, aanvullende literatuur en interviews met deskundigen in het veld. Voor de derde deelvraag zijn we nagegaan in hoeverre in de wetenschappelijke literatuur en in de

interviews die we met deskundigen hielden, verwachtingen naar voren komen ten aanzien van de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk.

1.3 Definitie kwaliteit van werk

Centraal in de onderzoeksvraag staat de kwaliteit van werk. Kwaliteit van werk is geen scherp afgebakend begrip, en wordt in de literatuur op verschillende manieren ingevuld. In deze studie wordt het begrip uitgewerkt in vier deelaspecten. We beschouwen werk als kwaliteitsvol als mensen werkzekerheid hebben, een inkomen hebben dat in verhouding staat tot de belasting die zij in hun werk ervaren, een niet te hoge werkdruk ervaren, en betekenis aan hun werk kunnen ontleen. Naast deze vier aspecten gaan we na in hoeverre werkenden in staat zijn om hun werk op een goede manier te kunnen combineren met hun privéleven en de activiteiten die zij willen ondernemen om zich te blijven ontwikkelen. Deze aspecten zijn voor een belangrijk deel ontleend aan studies van de OESO en de ILO, en hebben betrekking op de gevolgen van veranderingen in het werk voor individuele burgers. Hieronder lichten we per aspect toe wat het omvat.

1.3.1 Werkzekerheid

Werkzekerheid verwijst naar de mate waarin een werkende in staat is om werk te vinden en te behouden. Werkzekerheid omvat daarmee baan zekerheid, maar is breder dan alleen baan zekerheid. Waar baan zekerheid betrekking heeft op de zekerheid dat een werknemer niet gedwongen wordt de organisatie te verlaten en op zoek te gaan naar een andere baan, heeft werkzekerheid betrekking op de mogelijkheid om aan het werk te blijven. De werkzekerheid is hoog wanneer werknemers binnen afzienbare tijd in een geschikte functie worden aangenomen nadat zij ontslagen zijn of zelf besluiten ander werk te zoeken. Werkzekerheid is daarmee ook relevant voor zzp'ers en flexwerkers. Voor hen gaat werkzekerheid om de mogelijkheden om door te stromen naar een nieuw project of om andere taken op zich te nemen nadat zij een project of een taak hebben afgerond (vgl. Bolhaar 2016).

1.3.2 Inkomen

We kijken in dit rapport naar de hoogte en verdeling van het inkomen. Wat een goed inkomen is, is niet normenvrij; tegenover het geleverde dient een redelijke beloning staan. Maar wat redelijk is staat ter discussie. Wel kunnen we stellen dat lage inkomens, en armoede in het bijzonder, risico's met zich meebrengen op het gebied van gezonde leefstijlen, gezondheid en uitsluiting (CBS 2018). Daarnaast is de inkomensverdeling relevant, aangezien inkomen ook een positioneel goed is: mensen vergelijken hun eigen inkomen met dat van anderen. Grotere verschillen kunnen er onder andere voor zorgen dat de inkomensverschillen zichtbaarder zijn, waardoor mensen zich niet alleen onzekerder voelen over hun inkomen maar ook over hun positie op de inkomensladder (Delhey en Dragolov 2014; Delhey et al. 2017; Layte en Whelan 2014).

1.3.3 Werkdruk

Werkdruk kan betrekking hebben op fysieke tijdsdruk, maar ook op mentale druk, bijvoorbeeld omdat men ervaart te weinig vaardigheden voor een taak te hebben (oESO 2016, 2018). In de literatuur wordt er vaak van uitgegaan dat de werkdruk grotendeels voortvloeit uit de combinatie van hulpbronnen (zoals autonomie) en werkeisen (zoals werk dat onder tijdsdruk wordt gedaan). Als er sprake is van hulpbronnen die (ruim) voldoende zijn om het werk te doen, zou er geen sprake van werkdruk zijn en de baan daarmee van goede kwaliteit zijn. Als de hulpbronnen en eisen niet op elkaar aansluiten, zou dit niet het geval zijn (Bakker en Demerouti 2007; Karasek 1998; Mauno et al. 2010; Schaufeli et al. 2009; Schieman et al. 2009).

1.3.4 Betekenisvol werk

Werk dat waardevol en betekenisvol is voor de persoon die het uitvoert, levert een belangrijke bijdrage aan de kwaliteit van leven van mensen (Putters 2015). Werk levert materieel nut op: met het geld dat verdiend wordt kan in basislevensbehoeften worden voorzien en kunnen mensen vakanties, hobby's en consumptiegoederen betalen die het leven voor veel mensen leuker maken (Duffy et al. 2016; Kalshoven et al. 2019). Maar werk kan ook van niet-materiële waarde zijn omdat het bijdraagt aan zingeving, het bereiken van levensdoelen en geluk (Rosso et al. 2010). Werk kan bijvoorbeeld structuur bieden en bijdragen aan zelfontplooiing (Kalshoven et al. 2019). De betekenis kan ook in het contact met anderen liggen. Werk biedt een gelegenheid om anderen te ontmoeten en met anderen samen te werken. Ook kunnen mensen het gevoel hebben met hun werk een steentje bij te dragen aan de samenleving. Via deze weg kan het ook de binding met de samenleving versterken (Kalshoven et al. 2019).

1.3.5 Combinatie werk, zorg en leren

Van werkenden wordt niet alleen verwacht dat ze werken, maar ook dat ze voor anderen zorgen en aan bij- en herscholing doen (Maslowski 2019). Kwaliteitsvol werk biedt mensen bijvoorbeeld ruimte om voor hun kinderen te zorgen. Dat kan door werkenden zelf de vrijheid te geven om te bepalen wanneer men werkt of door hun de mogelijkheid te bieden om vrij te nemen als een kind ziek wordt. Daarnaast biedt kwaliteitsvol werk mogelijkheden voor scholing, bijvoorbeeld door werkenden ontwikkelruimte te geven of cursussen te faciliteren.

1.4 Definitie robotisering

Robotisering verwijst naar het proces waarbij steeds meer werkzaamheden worden uitgevoerd door robots. Wat precies onder een robot moet worden verstaan, is echter minder duidelijk. De reden daarvoor is dat er verschillende typen robots zijn, die onderling ook niet altijd dezelfde eigenschappen hebben. Een veelgebruikt onderscheid naar typen robots, dat ook door de International Federation of Robotics (IFR) wordt gehanteerd, is dat tussen industriële robots en servicerobots (figuur 1.1).

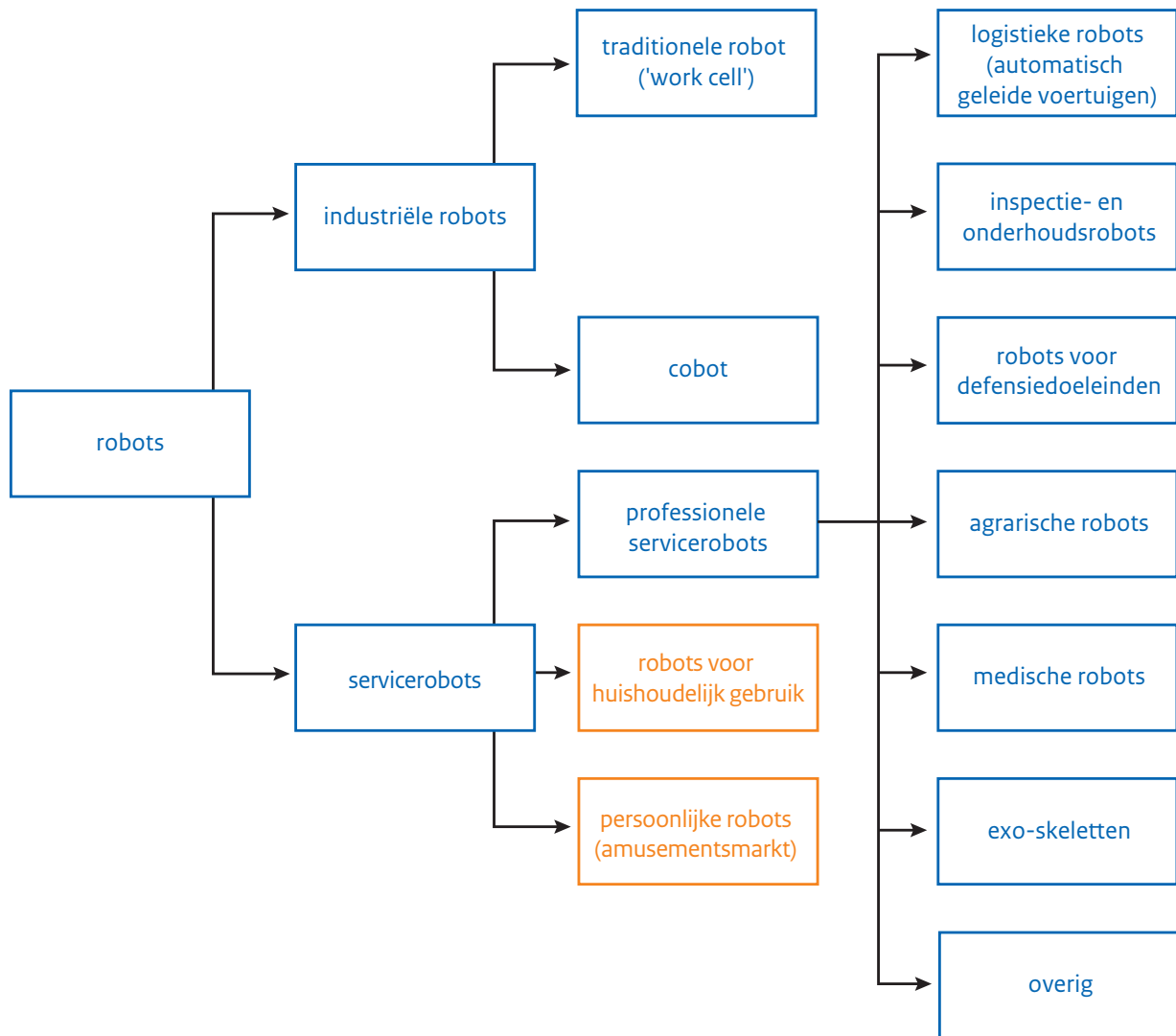
1.4.1 Typering industriële robots

Een industriële robot is een machine die kan worden geprogrammeerd om autonoom een verscheidenheid aan taken uit te voeren. Een industriële robot onderscheidt zich van andere machines doordat hij voor verschillende taken kan worden ingezet en voor elk van deze taken (opnieuw) geprogrammeerd kan worden². Andere machines dienen voor de uitvoering van slechts een taak of functie, of voor een van tevoren vastgelegd scala aan verschillende taken of functies. Zij kunnen niet, zoals robots, worden geherprogrammeerd voor andere taken of doeleinden – binnen de mechanische mogelijkheden die een industriële robot biedt. Daarbij geldt dat deze mogelijkheden in beginsel beduidend omvangrijker zijn dan die van veel andere machines doordat industriële robots taken in een driedimensionale ruimte kunnen uitvoeren.

Industriële robots kunnen verschillen naar de mate waarin zij volledig autonoom, dan wel in afstemming met mensen op de werkvloer worden ingezet. Industriële robots die volledig autonoom zijn kunnen zelfstandig, dan wel samen met andere robots, alle taken uitvoeren zonder tussenkomst van mensen. Deze worden vaak aangeduid als traditionele robots. Deze traditionele robots zijn doorgaans uit veiligheidsoverwegingen geplaatst binnen een afgeschermd omgeving. In zeer specifieke gevallen is het gehele arbeidsproces gerobotiseerd – zo schijnt het Japanse bedrijf FANUC de robots in hun fabriek een maand lang zonder toezicht te kunnen laten werken (zie Freese et al. 2018) – maar over het algemeen zijn er daarnaast ook mensen bij het productieproces betrokken. Dat kan zijn om het arbeidsproces te monitoren, in te grijpen bij verstoringen of bij het controleren van de producten, maar veelal ook omdat er taken zijn in het productieproces die niet eenvoudig door robots overgenomen kunnen worden, of omdat er bewust voor gekozen wordt om ze door mensen in plaats van robots te laten uitvoeren.

Figuur 1.1

Classificatie van typen robots^a



a In blauw zijn de typen robots aangegeven die in deze publicatie zijn betrokken; de in oranje aangegeven groepen robots zijn niet in deze studie meegenomen.

Bron: IFR (2019a, 2019b), bewerking SCP

Robots en mensen samen op de werkplek

De aanwezigheid van robots en mensen op de werkplek kan verschillende vormen aannemen. TNO (2018) maakt onderscheid tussen drie vormen van interactie tussen mens en robot. Deze drie vormen verwijzen naar de afstand die de robot heeft tot de mensen in het productieproces: co-existentie, coöperatie en collaboratie. In het geval van co-existentie is er sprake van een duidelijke scheiding tussen de taken die de robot doet en de taken die door mensen worden uitgevoerd. Beide werken gelijktijdig in dezelfde werkomgeving, maar hun taken hebben betrekking op verschillende onderdelen. Mens en robot leveren beide zelfstandig, onafhankelijk van elkaar, hun bijdrage aan het productieproces. Bij coöperatie is er, in tegenstelling tot co-existentie, sprake van onderlinge afhankelijkheid: mens en robot werken aan hetzelfde product, maar hebben beide wel een onderling afge-

bakende taak daarin. In het geval van zowel co-existentie als coöperatie is sprake van min of meer zelfstandig opererende robots: de traditionele robots.

Daarnaast worden collaboratieve robots onderscheiden. Mens en robot werken in dat geval tegelijkertijd aan dezelfde taak, waarvoor contact tussen beide nodig is. Dergelijke robots zijn ook ontworpen om contact te hebben met hun omgeving. Dat kan fysiek (aanraken), haptisch (trillingen) of auditief contact (geluidsignalen) zijn. Het kan daarbij gaan om signalen die de robot geeft op basis waarvan de medewerker in actie komt, maar veelal is er sprake van een wederzijdse mogelijkheid om op signalen te reageren. De robot kan met behulp van sensoren de situatie in kaart brengen of signalen van de mens ontvangen, en op grond daarvan bepalen welke activiteit ondernomen moet worden. In geval van een collaboratieve robot wordt ook wel gesproken van een 'cobot' of een 'co-robot': 'een robot die is ontworpen met het doel om fysieke interactie te kunnen hebben met mensen in een gedeelde werkomgeving' (TNO 2018: 13).

Voor dit signalement beschouwen we zowel autonoom opererende robots als cobots als vormen waarop robotisering van werk betrekking heeft. In elk van deze gevallen is er sprake van een programmeerbaar systeem dat op grond daarvan zelfstandig werkzaamheden kan uitvoeren.

1.4.2 Typering servicerobots

De servicerobot is een verzamelterm voor een variëteit aan robots die geen directe bijdrage levert aan de productie van goederen. Het zijn robots die veelal ondersteunend zijn aan taken die mensen uitvoeren, of robots die een meer dienstverlenende functie vervullen. Vanwege de grote diversiteit in vorm en functie worden servicerobots door de IFR ook niet in 'inhoudelijke' termen gedefinieerd, maar als 'restcategorie': servicerobots zijn robots die niet aan de definitie van industriële robots voldoen. Dat neemt niet weg dat bepaalde typen robots onder servicerobots worden geschaard, maar wel kenmerken van industriële robots hebben en in sommige toepassingen lastig van industriële robots te onderscheiden zijn. Een goed voorbeeld zijn de zogeheten automatisch geleide voertuigen of voertuigsystemen (AGV's) die in grote magazijnen gebruikt worden voor de bevoorrading en het samenstellen van orders. Het gaat daarbij om onbemande voertuigen die zelfstandig hun taak uitvoeren en hun weg vinden door het magazijn waar op datzelfde moment ook mensen rondlopen om hun werk te doen. Deze AGV's worden tot de servicerobots gerekend vanwege het dienstverlenende karakter van de taken die zij vervullen, maar verschillen in andere opzichten niet noemenswaardig van industriële robots.

Drie soorten servicerobots

De IFR (2019b) onderscheidt drie soorten servicerobots aan de hand van de context waarin deze gebruikt worden: professionele servicerobots, servicerobots voor huishoudelijk gebruik, en persoonlijke servicerobots – soms ook wel aangeduid als robots voor de amusementsmarkt. De laatste twee soorten richten zich primair op consumenten. De servicerobots voor huishoudelijk gebruik bestaan feitelijk uit drie toepassingen, namelijk een stof-

zuigrobot, een grasmaairobot, en een robot om zwembaden schoon te houden. De persoonlijke robots kennen meer verschillende toepassingen, maar voor een groot deel bestaat deze categorie uit speelgoed of uit robots die voor hobbydoeleinden worden gemaakt. De eerste categorie, professionele servicerobots, heeft betrekking op robottoepassingen die in het kader van werk worden ingezet. In deze studie hebben we, gegeven onze gerichtheid op de kwaliteit van werk, alleen onderzoek naar professionele servicerobots in onze analyse betrokken, en persoonlijke servicerobots en servicerobots voor huishoudelijk gebruik buiten beschouwing gelaten.³

Professionele servicerobots en hun toepassing in het werkveld

Onder de categorie professionele servicerobots worden, op hun beurt, eveneens onderling zeer verschillende robots geschaard die door de IFR (2019b) worden ingedeeld naar de aard van de robots of naar de beroepssector waarin deze worden gebruikt (zie figuur 1.1). De grootste groep robots die tot de professionele servicerobots wordt gerekend, zijn de eerdergenoemde automatisch geleide voertuigen of voertuigsystemen, ook wel aangeduid als *automated guided vehicles* of AGV's. Het gaat hierbij om robots die veelal in grote magazijnen voor logistieke taken worden ingezet. Deze voertuigsystemen vinden toepassing in bijvoorbeeld ziekenhuizen of in de industrie, maar verreweg de belangrijkste afnemer van deze AGV's zijn e-commercebedrijven die de systemen gebruiken voor het samenstellen van orders.

Een tweede belangrijk type professionele servicerobots bestaat uit robots die voor inspectie- of onderhoudstaken worden ingezet. Deze robots zijn vaak specifiek ontwikkeld voor taken die door mensen niet, of op zijn minst niet op soortgelijke wijze, kunnen worden uitgevoerd. Een voorbeeld is een veiligheidsinspectie van leidingen. Deze zijn vaak te smal om voor mensen toegankelijk te zijn. Naast de toegankelijkheid kan ook de veiligheid reden zijn om een inspectie- of onderhoudsrobot in te zetten – bijvoorbeeld wanneer er met gevaarlijke stoffen gewerkt wordt of er instortingsgevaar dreigt.

Andere typen professionele servicerobots zijn onder meer robots die voor defensiedoeleinden worden ingezet, agrarische robots, medische robots en exo-skeletten. Bij robots voor defensiedoeleinden gaat het voor een belangrijk deel om drones. Agrarische robots worden zowel ingezet in de landbouw als de tuinbouw en veeteelt. In de veeteelt gaat het dan bijvoorbeeld om voerrobots en melkrobots. Medische robots worden eveneens voor verschillende toepassingen in de zorg gebruikt, waarbij met name operatierobots in opkomst zijn. Exo-skeletten, ten slotte, worden ingezet om medewerkers bij hun werkzaamheden te ondersteunen, met als doel hen zelfstandig bepaalde taken te laten uitvoeren, of om een overmatige belasting van het lichaam te voorkomen. Deze skeletten bieden fysieke ondersteuning voor belastende werkzaamheden, of kunnen ervoor zorgen dat werkenden met lichamelijke klachten hun beroep kunnen blijven uitvoeren. Exo-skeletten worden om die reden met name ingezet in fysiek zware beroepen en sectoren, zoals de bouw.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de gehanteerde aanpak in deze kennissynthese. Er is gebruikge- maakt van empirische literatuur over de invloed van robotisering op de vijf aspecten van kwaliteit van werk en van interviews met deskundigen. Het identificeren, selecteren en analyseren van de wetenschappelijke literatuur heeft plaatsgevonden aan de hand van een systematische literatuurreview. De gevonden literatuur is aangevuld met rapporten en adviezen, met papers en, waar lacunes bestonden, met andere wetenschappelijke artike- len. In het hoofdstuk wordt nader ingegaan op de wijze waarop dit heeft plaatsgevonden. Daarnaast wordt ingegaan op de wijze waarop de interviews met deskundigen hebben plaatsgevonden, en hoe deze zijn geanalyseerd.

In hoofdstuk 3 wordt beschreven wat de stand van zaken is rond robotisering in ons land. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen het gebruik van industriële robots en professi- onele servicerobots door bedrijven en andere organisaties. Waar mogelijk worden ontwik- kelingen en trends over de afgelopen tien tot vijftien jaar beschreven en worden deze ont- wikkelingen in een bredere, internationale context geplaatst.

Hoofdstuk 4 geeft de resultaten weer van het literatuuronderzoek en van het kwalitatieve onderzoek onder deskundigen in ons land. In dit hoofdstuk beschrijven we de empirische kennis over hoe robotisering van invloed is op de werkzekerheid, het inkomen, de werk- druk, de mate waarin het werk betekenisvol is voor de werkende, en de mate waarin robo- tisering van invloed is op mogelijkheden om werk te kunnen combineren met zorgtaken en met verdere scholing en ontwikkeling.

Wat hiervan de verwachtingen zijn voor het jaar 2030 staat centraal in hoofdstuk 5.

We gaan in op de vraag in hoeverre het proces van robotisering in ons land zal doorzetten en wat hiervan dan mogelijk de gevolgen zijn voor de kwaliteit van werk voor werkenden. Daarbij ligt de focus op de middellange termijn, waarbij ongeveer tien jaar vooruitgekeken wordt. Daarnaast gaat het hoofdstuk in op verwachtingen voor de korte termijn, waarbij met name de gevolgen van de coronacrisis voor de verdere ontwikkeling van robotisering worden besproken, en wat dit mogelijk betekent voor werkenden.

In hoofdstuk 6 worden de conclusies van het onderzoek beschreven. In het hoofdstuk komt eveneens aan de orde met welke onzekerheden we kampen als het gaat om effecten van robotisering op de kwaliteit van werk, en welke kennislacunes nog bestaan. In vervolg op hoofdstuk 5 wordt daarnaast een aantal verwachte ontwikkelingen geduid, en wordt aangegeven wat mogelijke handelingsperspectieven zijn om ongewenste uitkomsten te kunnen voorkomen of af te zwakken.

Noten

- 1 PIAAC (Programme for the International Assessment of Adult Competencies) is een grootschalig interna- tionaal onderzoek dat in 2012 het niveau en het gebruik van vaardigheden onder 16- tot 65-jarigen in kaart heeft gebracht. Het onderzoek is onder leiding van de oeso uitgevoerd in 24 landen, waaronder Nederland.
- 2 De formele definitie van een industriële robot is vastgelegd door de International Organization for Standardization (ISO). Het ISO omschrijft een industriële robot als een '*automatically controlled, reprogram-*

mable, multipurpose manipulator, programmable in three or more axes, which can be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications' (ISO 8373). Zie: <https://committee.iso.org/home/tc299>.

- 3 We realiseren ons dat de grens niet steeds eenduidig te trekken is, zeker waar het de dienstensector betreft. Een stofzuigrobot of grasmaairobot kan tenslotte ook beroepsmatig worden ingezet. In de praktijk is dit echter niet het geval, omdat het geleverde werk niet aan de kwaliteitscriteria van bedrijven voldoet, of omdat de efficiëntie van dergelijke robots te wensen overlaat. Het is echter voorstelbaar dat dergelijke robots in de toekomst verder worden ontwikkeld, waardoor deze ook voor professionele doeleinden bruikbaar zijn. Een vergelijkbaar argument is van toepassing op bijvoorbeeld inparkeerrobots of zelfrijdende auto's. We zijn niet geïnteresseerd in een persoon die een zelfrijdende auto aanschaft om de lange autoritten minder vermoeiend te laten zijn. Maar wanneer hij of zij om die reden geen gebruik meer maakt van een taxi voor bepaalde bestemmingen, of als het vervoerbedrijf zelf dergelijke voertuigen gaat inzetten, heeft dit wel degelijk gevolgen voor het werk en de arbeidsmarkt van de taxichauffeurs.

2 Aanpak

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak die is gehanteerd om in kaart te brengen hoe robotisering samenhangt met kwaliteit van werk (hoofdstuk 4) en in hoeverre effecten van robotisering verwacht worden voor de kwaliteit van werk in 2030 (hoofdstuk 5). Deze hoofdstukken zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op de literatuurstudie die we hebben uitgevoerd en op de interviews die we bij deskundigen hebben afgenomen. We staan stil bij de aanpak en de keuzes die daarin gemaakt zijn en reflecteren op de opbrengst. Dit hoofdstuk biedt de context voor het wegen en interpreteren van de bevindingen in de vervolghoofdstukken.

De aanpak in dit rapport komt voor een belangrijk deel overeen met de aanpak van de andere kennissynthesen in de overkoepelende toekomstverkenning. Daarom is dit hoofdstuk opgedeeld in twee delen: een algemeen deel dat gelijk is in alle deelrapporten (en ook in dezelfde bewoordingen is opgenomen) en een deel dat ingaat op de keuzes die er specifiek in deze kennissynthese over robotisering zijn gemaakt en de indrukken die erin naar voren komen. Bijlage A, te vinden op www.scp.nl bij dit rapport, staat uitgebreider stil bij de details van de methoden van dit rapport.

2.2 Literatuurstudie

De literatuurstudie bestaat uit twee onderdelen. Het eerste deel is uitgevoerd op basis van een op voorhand bepaald stappenplan en vooraf bepaalde criteria. Hiermee heeft dit deel van de literatuurstudie het karakter van een zogenoemde systematische literatuurstudie. Voor dit gedeelte van de literatuurstudie is in internationale literatuurbestanden naar wetenschappelijke artikelen gezocht en is er op specifieke websites naar Engels- en Nederlandstalige papers en rapporten gezocht. Het tweede deel is een aanvulling op deze basis, waarbij op een minder gestructureerde en meer organische manier naar onderzoek is gezocht dat de lacunes in de meer systematisch gevonden artikelen opvulde.

Deel 1: De systematisch literatuurstudie

Denyer en Tranfield (2009) beschrijven een systematische literatuurstudie als ‘een specifieke methodologie die bestaand onderzoek achterhaalt, bijdragen selecteert en evalueert, en informatie analyseert en synthetiseert’. Wat deze methode systematisch maakt is dat op voorhand bepaald wordt welke stappen worden gezet en op basis van welke criteria keuzes worden gemaakt. Hierdoor zijn systematische literatuurstudies relatief transparant. Deze manier van literatuuronderzoek heeft drie belangrijke voordelen. Allereerst voorkomt het tunnelvisie, doordat vooraf zoektermen met een breed scala aan synoniemen worden vastgesteld en in een groot aantal literatuurbestanden wordt gezocht. Daarnaast is een systematische literatuurstudie repliceerbaar doordat de zoekstrategie eenduidig is vast-

gelegd en de verschillende stappen in het beoordelen van de gevonden literatuur worden gedocumenteerd. Ten slotte maakt het documenteren van de stappen en criteria dit type literatuurstudie transparant (Denyer en Tranfield 2009).

Bij alle deelprojecten van dit onderzoek is op voorhand doordacht op welke manier we de literatuur voor de literatuurstudie zoeken, selecteren en verwerken om tot een antwoord op de onderzoeksvragen te komen. Hierna bespreken we per stap kort wat we hebben gedaan en waarom. Een meer uitgebreide beschrijving van de bijzonderheden van systematische literatuurstudies is opgenomen in bijlage A.

Kader 2.1 Vertekeningen bij het publiceren en rapporteren van onderzoeksresultaten

Onze literatuurstudies zijn in beginsel gebaseerd op in wetenschappelijke tijdschriften gepubliceerde studies. Deze tijdschriften hanteren in veel gevallen een *peer review*-proces waarbij (vaak geanonimiseerde) artikelen door andere onderzoekers beoordeeld worden. Een nadeel van dit proces is dat het publicatiebias in de hand werkt (Franco et al. 2014; Gerber en Malhotra 2008), waarbij de publicaties geen evenwichtig beeld van de resultaten van onderzoek geven. Dit heeft verschillende oorzaken en kan leiden tot verkeerde gevolgtrekkingen.

Allereerst hebben studies die verbanden vinden en waarvan de bevindingen in lijn zijn met eerder onderzoek een grotere kans om gepubliceerd te worden. Beoordelaars zouden studies waarin veel verbanden worden gevonden interessanter vinden dan studies die concluderen dat er niets of weinig gebeurt en daardoor vaker aan tijdschriften adviseren om studies die verbanden vinden te publiceren. Redacteuren zouden verwachten dat deze artikelen vaker door onderzoekers worden aangehaald, waardoor hun tijdschrift in status stijgt.

Bevindingen kunnen ook onwelgevallig zijn, doordat ze ingaan tegen de status quo in een bepaald veld. De wetenschappers die de artikelen beoordelen, kunnen het bijvoorbeeld vervelend vinden als hun eigen conclusie door later onderzoek ondergraven wordt.

Ten tweede kunnen onderzoekers op het selectieproces anticiperen door onwelgevallige resultaten weg te laten of kleiner te maken (bv. door ze niet in de samenvatting te noemen). Dit wordt ook wel als een *write up*-bias gekenmerkt (Quillian et al. 2017). Dit vergroot hun kansen om hun onderzoek gepubliceerd te krijgen (en in het verlengde daarvan hun carrièrekansen), maar versterkt de vertekening.

Deze studie heeft net als andere literatuurstudies last van dit probleem. We hebben ons immers voor een belangrijk deel gebaseerd op *peer reviewed*-artikelen en het is denkbaar dat we studies hebben uitgesloten of niet hebben gevonden die wel naar werkkenmerken keken, maar hier geen rekenschap van gaven in de titel of samenvatting. Gedeeltelijk is geprobeerd dit te ondervangen door ook langs andere weg naar papers en onderzoeksverslagen te zoeken. Ook is een bijkomend voordeel van de systematische benadering dat we ons niet beperken tot de artikelen die het meest geciteerd zijn. Dit laat echter onverlet dat de bevindingen altijd met een zekere voorzichtigheid moeten worden beschouwd. Om het risico te minimaliseren dat we resultaten missen doordat auteurs ze niet in de abstract hebben genoemd, zijn in ieder artikel naast de abstract ook de conclusie en resultatenparagraaf bekeken. Ook dit is geen waterdichte oplossing omdat auteurs ook hier dingen kunnen weglaten, maar we hebben hiermee wel een extra controle kunnen uitoefenen.

Stap 1: de zoekopdracht

Allereerst is de zoekopdracht bepaald en uitgevoerd. Er is gezocht naar verschillende aspecten van de kwaliteit van werk en, per deelpublicatie, naar het kernthema van de publicatie (zie § 2.4 voor meer details over de bijzonderheden voor deze publicatie). De gebruikte zoektermen zijn opgenomen in bijlage A. Er is gezocht naar publicaties die vanaf 2004 zijn verschenen om zo studies van voor en na de economische crisis mee te kunnen nemen¹. Er is in de samenvattingen, trefwoorden en titels gezocht op deze zoektermen.² De zoekopdracht is uitgevoerd door externe informatiedeskundigen. Er is naar wetenschappelijke literatuur en zogenoemde grijze literatuur gezocht. De wetenschappelijke literatuur betreft artikelen die in wetenschappelijke tijdschriften zijn gepubliceerd. Er was geen vergelijkbare zoekmachine waarmee gericht naar boeken kon worden gezocht, maar de zoekopdracht leverde wel gepubliceerde recensies van boeken op. Waar dat relevant leek, zijn deze boeken opgezocht. In aanvulling hierop zijn de volgende (Nederlandstalige) tijdschriften doorzocht: *Mens & maatschappij*, *Tijdschrift voor Arbeidsvraagstukken*, *Beleid & Maatschappij (B&M)*, *Economists' Voice* en *Economische Statistische Berichten (ESB)*. Voor de grijze literatuur is de database Grijze literatuur in Nederland (GLIN) gebruikt. In aanvulling daarop is gericht gezocht naar publicaties van nationale en internationale organisaties en raden die zich met vraagstukken rond de kwaliteit van werk bezighouden: International Labour Organization (ILO), Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO), United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), de Europese Unie (EU), de Sociaal-Economische Raad (SER), de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR), het Rathenau Instituut, het Centraal Planbureau (CPB) en het Sociaal en Cultureel Planbureau (SCP).

Hoewel we ernaar streefden om de zoekopdrachten voor de verschillende thema's zoveel mogelijk gelijk te trekken, is hiervan op enkele onderdelen bewust afgeweken. Om ook artikelen van voor de vorige economische crisis mee te kunnen nemen is naar publicaties gezocht die vanaf 2004 verschenen zijn. Voor de zoekopdracht naar literatuur over de effecten van platformisering is hiervan afgeweken. Voor dit thema is naar literatuur vanaf 2014 gezocht, omdat het hier om een relatief nieuwe ontwikkeling gaat en de wetenschappelijke literatuur pas vrij recent tot een gedeelde definitie is gekomen. Daarnaast is voor de onderhavige kennissynthese niet voor alle zoektermen in zowel titelwoorden, samenvattingen als trefwoorden gezocht, maar voor (synoniemen van) robotisering alleen in de titelwoorden. Een eerste analyse liet zien dat wanneer op synoniemen voor robotisering ook in de samenvattingen en trefwoorden werd gezocht, het aantal gevonden publicaties te groot zou worden. De reden hiervoor is dat robotisering regelmatig als contextuele factor wordt aangeduid, waarbij de focus van de studie op andere aspecten ligt. Een gevolg van deze keuze is dat er bij robotisering in deze fase relatief veel mogelijk relevante studies niet in de zoekresultaten zijn opgenomen.

Stap 2: selectie van relevante publicaties

De lijst met publicaties uit de zoekopdracht is door twee onderzoekers onafhankelijk van elkaar beoordeeld. Op basis van de titels en de samenvattingen is een inschatting gemaakt

welke publicaties aan de criteria voldeden. Daarbij zijn de volgende criteria gehanteerd. Allereerst werden alleen artikelen meegenomen die gebaseerd waren op empirische data. We waren op zoek naar bewezen mechanismen en daarom voornamelijk geïnteresseerd in artikelen die deze mechanismen ook daadwerkelijk onderzocht hebben. Voor robotisering zijn naast empirische studies ook modelmatige studies meegenomen. Hier is voor gekozen omdat er weinig empirische studies uit de zoekopdracht naar voren kwamen en de meer theoretisch georiënteerde studies wel inzicht gaven in de veronderstelde mechanismen. Ten tweede is gekeken naar de relevantie van de onderzoekspopulatie. Studies over mensen die nog niet of niet meer tot de beroepsbevolking behoren, studies uit lastig te vergelijken landen, zoals die buiten de Europese en Amerikaanse context, en studies naar zeer specifieke bevolkingsgroepen die niet relevant zijn voor de Nederlandse context zijn buiten beschouwing gelaten. Het derde criterium was relevantie met betrekking tot de kennis-synthese. Hiervoor werd dus bezien of de publicatie naar de kwaliteit van werk keek en of dit verbonden werd met het specifieke thema dat in de kennissynthese centraal stond (platformisering, robotisering of de ruimte om te zorgen en leren).

In de selectiefase was er de mogelijkheid om artikelen uit te sluiten, ook als ze wel aan de andere criteria voldeden. De voornaamste reden om artikelen uit te sluiten was dat de studies in de ogen van de onderzoekers van onvoldoende kwaliteit waren. Er is besloten om niet op voorhand criteria op te stellen waarmee de kwaliteit van studies beoordeeld zou worden. De voornaamste reden hiervoor is dat we studies met verschillende onderzoeksdesigns mee wilden nemen en het erg lastig was om hiervoor een enkele set criteria te ontwikkelen. In plaats daarvan hebben de onderzoekers op basis van hun eigen expertise een inschatting gemaakt (in sommige gevallen is hiervoor het advies van derden ingeroepen). De reden voor uitsluiting werd in het gebruikte systeem genoteerd, zodat achteraf terug te halen is waarom artikelen zijn uitgesloten.

Alle artikelen zijn door twee onderzoekers bekeken. Beiden gaven hun oordeel zonder dat ze het oordeel van de ander konden zien. Artikelen die volgens beide beoordelaars aan de gestelde criteria voldeden, werden meegenomen naar stap 3. Artikelen waarover verschillende oordelen bestonden, werden door de onderzoekers besproken en deze bespreking leidde tot een gemeenschappelijk oordeel. Op het moment dat een publicatie op ten minste een van de criteria werd uitgesloten, verdween dit artikel van de lijst met publicaties voor de systematische literatuurstudie.

Stap 3: lezen en analyseren van de publicaties

In de laatste stap zijn de geselecteerde artikelen gelezen. Alle onderzoekers hebben voor de gelezen artikelen een set met vaste vragen beantwoord en kort voor zichzelf samengevat wat de belangrijkste opbrengst was. De analysevragen hadden als doel om een vier-tal elementen uit elkaar te trekken: uitkomsten, mechanismen, context en sociale verschillen. Gezamenlijk bieden deze elementen inzicht in complexe sociale processen (Denyer en Tranfield 2009), aan de hand waarvan de onderzoeksvragen beantwoord konden worden.

Deel 2: De aanvullende literatuurstudie

Denyer en Tranfield (2009) adviseren systematische literatuurstudies toe te passen op duidelijk afgebakende onderzoeksvragen. Hoewel we in de beginfase van het onderzoek goed hebben doordacht wat we precies wilden achterhalen, was het type onderzoeksvraag in de basis toch heel breed. Deze had betrekking op ontwikkelingen die niet altijd duidelijk af te bakenen waren en waarbij definities en concepten niet altijd duidelijk waren. Een gevolg hiervan is dat de zoekopdracht minder geschikte en relevante publicaties opleverde dan we op voorhand hadden verwacht. Hierdoor was een aanzienlijke aanvullende literatuurstudie nodig. In paragraaf 2.4 wordt uitgebreider stilgestaan bij de overwegingen en aanpak die bij deze kennissynthese leidend waren. Hier bespreken we kort de algemene richtlijnen die bij alle kennissynthesen zijn aangehouden.

Allereerst is in alle kennissynthesen gericht naar recente studies gezocht, omdat het meer systematische deel van de literatuurstudie weinig heel recente informatie gaf. Het proces van publiceren kan lang duren en er waren verschillende relevante studies die verschenen nadat de literatuurzoektocht was uitgevoerd. Een tweede zoekrichting die in alle drie de kennissynthesen terugkwam, is die naar de zogenoemde klassiekers: oudere artikelen die een grote impact op een onderzoeksveld hebben gehad, omdat ze een veelgebruikte theorie ontwikkelden of op een belangrijke bevinding uitkwamen die door later onderzoek veel is aangehaald.

De aanvullende studies zijn vanwege tijdgebrek niet dubbel gelezen. Wel zijn de criteria die in de systematische literatuurstudie gebruikt zijn om studies in- en uit te sluiten ook hier toegepast en zijn dezelfde analysevragen beantwoord. Dit betekent dat we studies die van onvoldoende kwaliteit leken te zijn, niet hebben meegenomen.

2.3 Expertinterviews

Typen en doelen van de interviews

In totaal zijn er 31 interviews gehouden. De gehouden expertinterviews vallen uiteen in drie typen: oriënterende interviews waarin brede arbeidsmarktontwikkelingen centraal stonden, interviews waarin met generalisten over meerdere ontwikkelingen en aspecten van de kwaliteit van werk is gesproken en verdiepende interviews waarin een specifiek deelthema centraal stond.

De inzichten uit de interviews zijn gebruikt om de inzichten uit de literatuur aan te vullen en te toetsen. Er zijn meerdere redenen waarom we aanvullende inzichten uit de interviews verwachten. Allereerst zijn de deskundigen op de hoogte van de stand van zaken binnen hun expertisegebied, maar kennen zij ook lopend onderzoek en/of zijn zij bekend met ontwikkelingen in de praktijk. Ten tweede omvat de literatuurstudie veel studies uit het buitenland waarbij de generaliseerbaarheid naar de Nederlandse situatie niet altijd vast te stellen is. De experts zijn op de hoogte van de Nederlandse context en kunnen daardoor uitspraken doen die direct op Nederland van toepassing zijn. Ten derde valt er in sommige gevallen beter duiding te geven aan de literatuur door deze te koppelen aan de informatie

uit de interviews. Tot slot waren de experts bereid een inschatting te geven van hoe de toekomst van werk in Nederland eruitziet, iets wat minder vaak terugkwam in de literatuur.

Aanpak

We hebben verschillende typen experts gesproken: wetenschappers, beleidsmakers en mensen die de belangen van bepaalde groepen behartigen, zoals werkgevers, werknemers en mantelzorgers. Hierdoor biedt de kwalitatieve studie inzicht in verschillende perspectieven. In de voorbereidingsfase is door het gehele onderzoeksteam een lijst opgesteld met namen van experts. Vervolgens is een selectie gemaakt, waarbij we de diversiteit hebben geprobeerd te optimaliseren. Zo hebben we binnen de groep wetenschappers economen, sociologen, onderwijskundigen én psychologen geselecteerd. Aan werkgevers- en werknemerskant hebben we gekozen voor belangenvertegenwoordigers. Ook zijn drie experts geselecteerd die bij de SER werken, omdat we verwachtten dat zij goed zicht hebben op zowel de werkgevers- als werknemerskant. Bij het selecteren van de experts is ook rekening gehouden met de man-vrouwbalans. Waar het de etnische achtergrond betreft, hebben de experts met name een Nederlandse herkomst. De experts zijn geworven door hen aan te schrijven. Bijna alle interviews, op twee na, zijn voor de coronacrisis afgenomen. De twee interviews die na het begin van de coronacrisis plaatsvonden hadden beide betrekking op het thema werken, zorgen en leren.

De interviews waren semigestructureerd en er werd gebruikgemaakt van een van tevoren opgestelde topiclijst (bijlage C). In alle interviews werd stilgestaan bij het heden (Op welke wijze heeft robotisering anno 2019 en 2020 invloed op de kwaliteit van werk?) en de toekomst (Welke kansen en bedreigingen voorzien de experts?), maar werd er ook kort teruggekeken (Welke ontwikkelingen zijn er de afgelopen jaren geweest?). Alle interviews zijn opgenomen en de transcripten zijn verbatim uitgewerkt. Er is een thematische analyse gedaan waarbij de interviews zijn gecodeerd en geanalyseerd in Atlas.ti.

2.4 Bijzonderheden van de aanpak voor deze kennissynthese

2.4.1 Bijzonderheden bij het uitvoeren van de systematische literatuurstudie

In de analyse van de geselecteerde publicaties bleek dat het maar bij een relatief klein deel daadwerkelijk om empirische studies gaat. De empirische studies die gevonden werden hebben bovendien vaak betrekking op kwalitatief onderzoek binnen een of enkele organisaties. De beschrijvingen en analyses van de resultaten raken bovendien slechts zijdelings aan de verschillende aspecten van kwaliteit van werk. Veel van de kwalitatieve studies beschrijven op welke wijze robotisering door werknemers beleefd wordt, en zijn daarmee gerelateerd aan facetten die onder de betekenis van werk te scharen zijn. Onderzoek hier naar vond steeds plaats vanuit de maatschappij- en gedragswetenschappen. De spaarzame kwantitatieve studies die gevonden werden hebben daarentegen betrekking op de gevolgen van robotisering voor de werkzekerheid en het inkomen van werkenden, en hanteren een economisch perspectief. Waar de kwalitatieve studies gebaseerd zijn op eigen dataverzameling door de onderzoekers, vaak door interviews en observaties, zijn de

kwantitatieve onderzoeken veelal gebaseerd op meerjarige paneldata, waarbij verschillende gegevensbestanden gekoppeld zijn.

2.4.2 Aanvullende literatuurstudie

In aanvulling op de systematische literatuurstudie is naar extra artikelen gezocht. Dit had als doel om de gevonden literatuur aan te vullen en om meer gericht publicaties te zoeken over aspecten van de kwaliteit van werk die niet in de systematische literatuurstudie naar voren kwamen.

Sneeuwbalmethode en citatiezoeken

Voor de aanvulling op de systematische literatuurreview is op twee manieren gezocht naar empirische studies: met behulp van de sneeuwbalmethode en door citatiezoeken. De sneeuwbalmethode is gehanteerd om de gevonden empirische studies aan te vullen met eerder empirisch onderzoek waarnaar in de gevonden publicaties verwezen wordt. Dit bleek nodig omdat het onderzoek naar de (mogelijke) gevolgen van robotisering naar kwaliteit van werk nog in de kinderschoenen staat. Het gevolg hiervan is dat in titels niet altijd het woord robotisering of artificiële intelligentie (AI) wordt gehanteerd, maar ook gesproken wordt over automatisering of technologische ontwikkelingen in relatie tot werk. Om ook deze studies, voor zover deze raken aan de opkomst van robots, mee te kunnen nemen is gebruikgemaakt van verwijzingen die in de geselecteerde empirische artikelen uit de systematische literatuurreview naar voren kwamen.

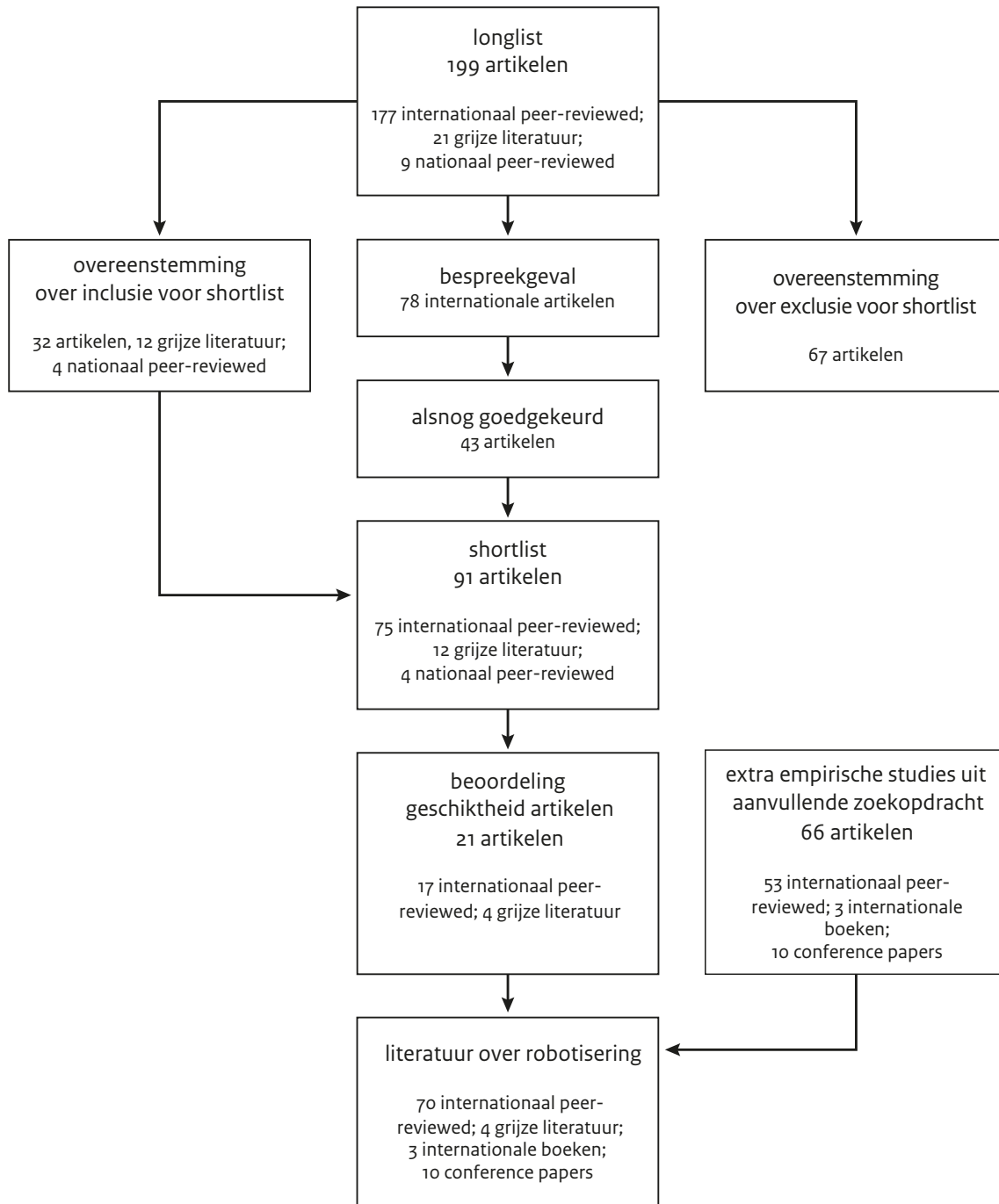
Van citatiezoeken is gebruikgemaakt door voor empirische artikelen die specifiek ingaan op de relatie tussen robotisering en een of meer aspecten van de kwaliteit van werk, na te gaan in welke andere artikelen deze worden aangehaald. Aan de hand van de titels is bepaald of deze mogelijk eveneens betrekking hebben op empirisch onderzoek naar robotisering en kwaliteit van werk. Wanneer de inschatting was dat daar kans op was, is de samenvatting van deze artikelen bekeken, en zo nodig het gehele artikel. Daarbij zijn dezelfde criteria gehanteerd als bij de selectie van artikelen uit de systematische literatuurstudie. Wanneer het artikel bruikbaar bleek, is ook hierop de strategie van citatiezoeken toegepast. Het voordeel hiervan was dat (recente) artikelen die nog niet in de zoekbestanden waren opgenomen zo opgespoord konden worden.

De strategie van citatiezoeken stelde ons daarnaast in staat om papers te identificeren die ingaan op de relatie tussen robotisering en kwaliteit van werk. Een groot aantal publicaties op dit terrein verschijnt in papers die op wetenschappelijke fora worden gepubliceerd, of op conferenties worden gepresenteerd, waarbij deze op grond van *peer feedback* verder worden verbeterd. Publicatie volgt vaak pas na enkele jaren. Aangezien het onderzoek naar robotisering en de gevolgen hiervan voor de kwaliteit van werk van recente datum is, vormen deze papers een belangrijke bron, en ontsluiten zij onderzoeksgegevens die niet of onvoldoende door middel van een systematisch literatuuronderzoek kunnen worden verkregen. Van de gevonden papers is steeds de meest recente (op internet gepubliceerde) versie gebruikt. Aangezien de papers veelal niet onderworpen zijn aan een formele *peer*

review-procedure van wetenschappelijke tijdschriften, is de kwaliteit van de gevonden papers aan een eigen kritische beschouwing onderworpen.

Figuur 2.1

Flowdiagram van de gevolgde stappen om studies te selecteren



Gericht literatuuronderzoek naar kennislacunes

In de gevonden artikelen uit de systematische literatuurstudie kwamen geen publicaties naar voren die ingingen op de gevolgen van robotisering voor de werkdruk en voor de mate waarin werkenden hun werk met zorgtaken kunnen combineren, of die ingingen op

de relatie tussen robotisering en de ruimte voor scholing en ontwikkeling. Om er zeker van te zijn dat er op deze aspecten van de kwaliteit van werk geen bruikbaar onderzoek is gedaan, is gericht naar wetenschappelijke publicaties hierover gezocht in PiCarta.

2.4.3 Diepte-interviews met deskundigen op het terrein van robotisering

Als deskundigen op het terrein van robotisering zijn Steven Dhondt (senior research scientist bij TNO en hoogleraar aan de Katholieke Universiteit Leuven), Linda Kool (thema-coördinator binnen het thema Digitale Samenleving aan het Rathenau Instituut) en Egbert-Jan Sol (program director Smart Industry bij TNO en bijzonder hoogleraar aan de Radboud Universiteit) geïnterviewd. Bij de selectie is geprobeerd deskundigen te selecteren die betrokken zijn bij onderzoek naar robotisering en robots, vertrouwd zijn met beleidsvraagstukken rond technologisering, en kennis hebben van de toepassing van robotisering in de bedrijfspraktijk. Een overzicht van de overige geïnterviewden is te vinden in bijlage B.

Noten

- 1 Met uitzondering van de kennissynthese over de gevolgen van platformisering (zie verderop in deze paragraaf).
- 2 Voor deze kennissynthese is dat voor zoektermen die betrekking hadden op het onderdeel robotisering niet gedaan (zie verderop in deze paragraaf).

3 Ontwikkeling van robotisering op de werkplek

3.1 Stand van zaken robotisering in Nederland

Vooralsnog heeft een relatief klein deel van de werknemers in ons land in hun werk met robots te maken. Van alle bedrijven met tien of meer werknemers in ons land maakt ongeveer 7% gebruik van robots (CBS 2019). Het gaat daarbij vooral om industriële robots. Ongeveer 6% van de bedrijven beschikt over een of meer industriële robots. Slechts 1% van de bedrijven maakt gebruik van een servicerobot. Grote bedrijven maken bovendien vaker gebruik van robots dan kleine bedrijven. Waar in 2018 slechts een op de twintig kleine bedrijven (10 tot 50 werknemers) aangaf een robot te gebruiken, lag dit aandeel binnen middelgrote (50 tot 250 werknemers) en grote bedrijven (250 of meer werknemers) op respectievelijk 13% en 15%.

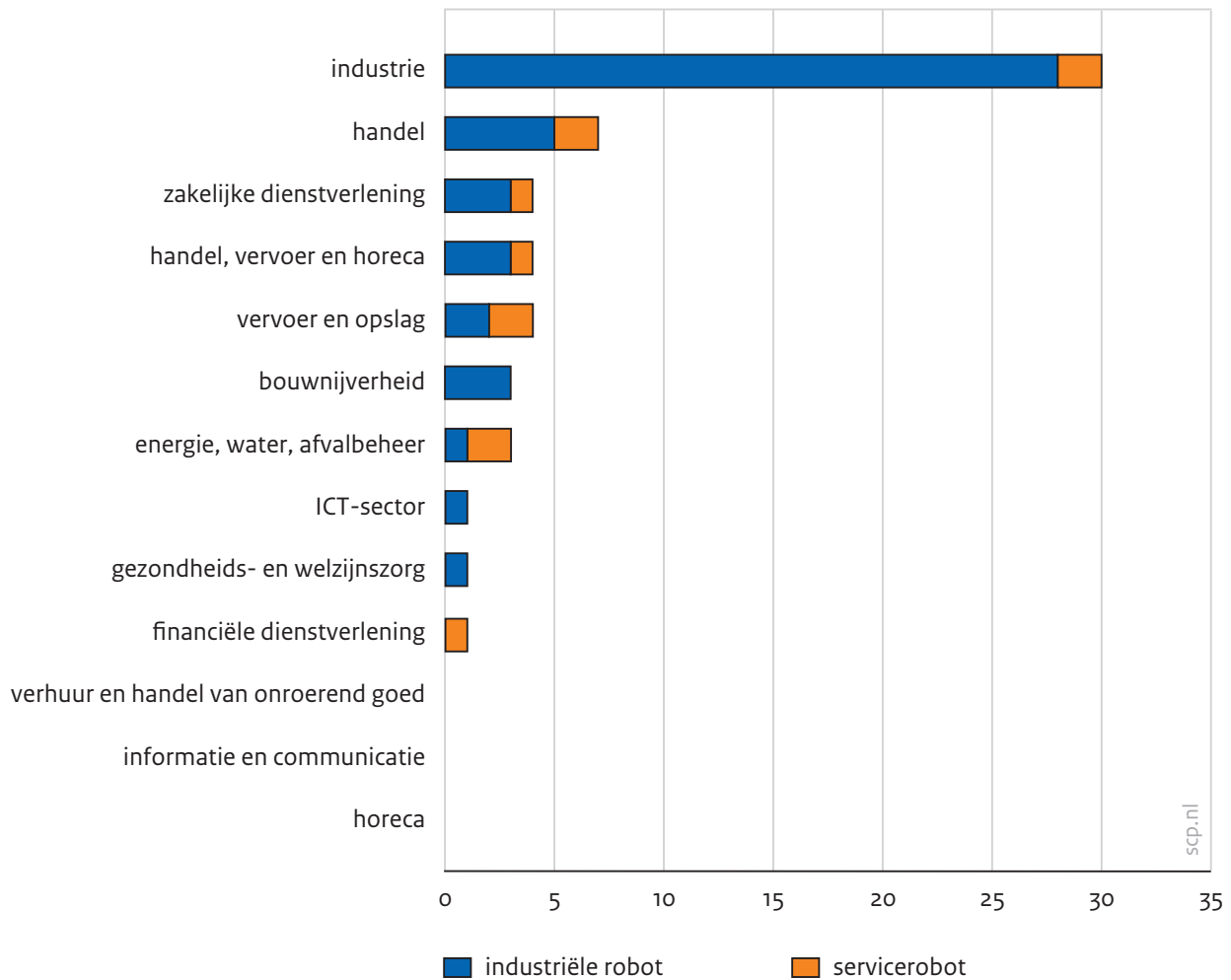
Robots worden vooral in de industrie ingezet. Ongeveer 29% van de industriële bedrijven heeft de beschikking over robots (figuur 3.1). In kleinere bedrijven gaat het daarbij om ongeveer een vijfde van de bedrijven (21%), terwijl in middelgrote en grote industriële bedrijven bijna de helft een of meer robots gebruikt (45% respectievelijk 48%).

Naast de industrie zijn het vooral bedrijven in de sectoren handel (6%), zakelijke dienstverlening (4%), bouwnijverheid (3%), energie, water en afvalbeheer (3%) en vervoer en opslag (3%) die over robots beschikken. In andere bedrijfstakken, zoals de zorg, de financiële dienstverlening, de informatie- en communicatiebranche, de horeca en het onroerend goed, worden robots – in ieder geval vooralsnog – niet of nauwelijks ingezet. Dat het gebruik van robots in andere sectoren dan de industrie niet of slechts zeer gedeeltelijk ingang vindt, heeft waarschijnlijk vooral te maken met de geringe toegevoegde waarde die de huidige lichte robots voor deze sectoren biedt. Paul de Beer, hoogleraar Arbeidsverhoudingen aan de Universiteit van Amsterdam (UvA), geeft aan dat met name in de dienstensectoren met robotisering moeilijk productiviteitswinst te behalen valt:

De meeste mensen werken nu in de dienstensector. Daar zijn tot nu toe, denk ik, de mogelijkheden tot verhoging van de arbeidsproductiviteit veel minder groot, omdat de menselijke factor daar gewoon heel belangrijk blijft. En als we naar de toekomst kijken, dan wordt het misschien anders, maar neem een sector als de zorg, ja, daar is de menselijke factor zo ontzettend belangrijk dat het zeer de vraag is of je daar echt een forse productiviteitsstijging kunt realiseren.

Figuur 3.1

Aandeel Nederlandse bedrijven dat gebruikmaakt van een of meer robots, naar bedrijfstak en soort robot, 2018 (in procenten)



Bron: CBS (StatLine 2018), bewerking SCP

Ook in de industriële sector heeft robotisering echter slechts gedeeltelijk plaatsgevonden. Dat heeft er voor een deel mee te maken dat het ook voor veel kleinere, maar ook voor een aantal grotere werkgevers in de industrie niet interessant was om in robotisering te investeren. Deskundigen geven in de interviews aan dat een van de redenen hiervoor is dat robots in het verleden erg duur waren. Daarbij komt, zo geeft Egbert-Jan Sol (program director Smart Industry TNO en bijzonder hoogleraar aan de Radboud Universiteit) aan dat er bijkomende kosten zijn gemoeid met het aanpassen van de robot naar de eisen die hieraan in een specifieke werkcontext worden gesteld:

De robot zelf heeft een bepaalde prijs, allemaal niet zo spannend, maar voordat je die robot inzet moet je er een heleboel rond omheen doen, je moet sensoren erop plakken. Dan moet je ze uittesten, je moet dat ding programmeren, en dat maakt die robots zo duur.

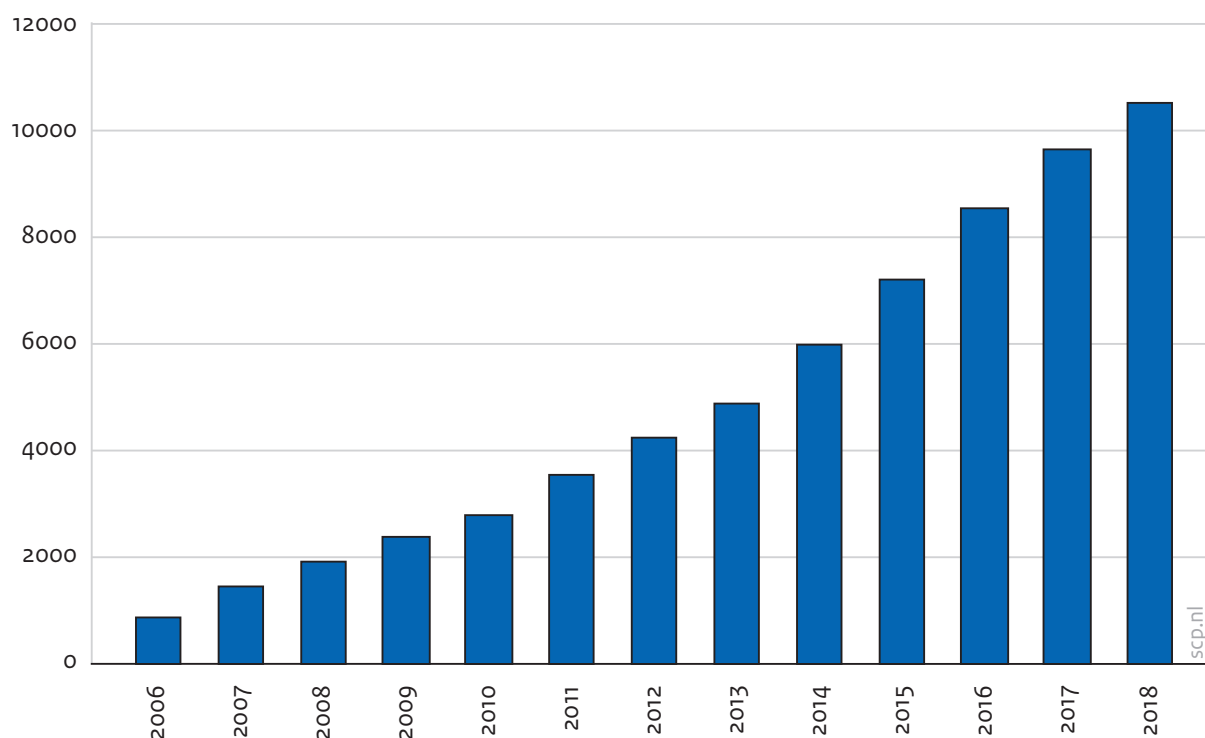
Daarnaast vraagt robotisering vaak om investeringen in de wijze waarop het arbeidsproces is ingericht, en worden de kosten van robotisering afgewogen tegen de kosten die met arbeid zijn gemoeid.

3.2 Industriële robots op de werkplek

Hoewel slechts een deel van de werknemers in hun werk met robots in aanraking komt, neemt het aantal robots in bedrijven jaarlijks wel steeds verder toe. ING (2019) heeft op basis van gegevens van de International Federation of Robotics (IFR) een overzicht gegeven van de ontwikkeling van het aantal operationele robots in ons land tussen 2006 en 2018 (zie figuur 3.2).

Figuur 3.2

Aantal industriële robots in Nederland, 2006-2018 (in aantallen)



Bron: ING (2019); Van den Brink (2020, op basis van gegevens van de IFR), bewerking SCP

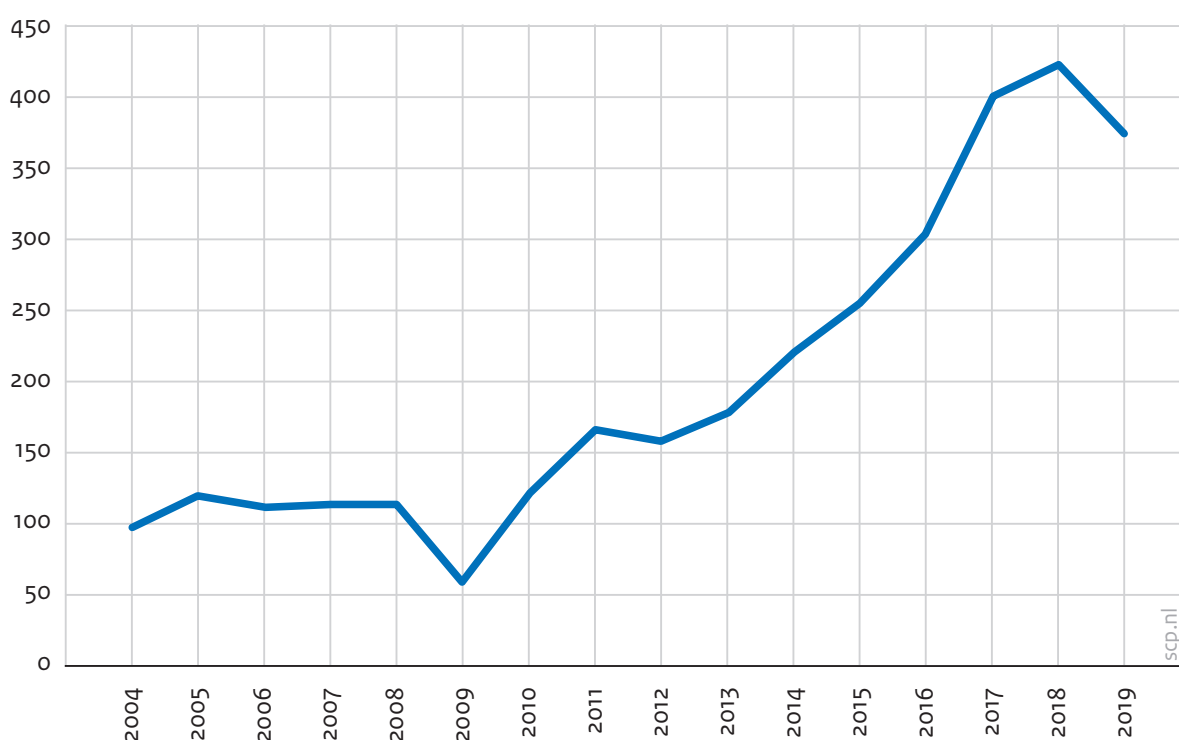
De laatste jaren kwamen er steeds tussen de 1000 en 1500 nieuwe robots in ons land bij. In 2017 werden in totaal 1444 nieuwe industriële robots aangeschaft, hetgeen neerkwam op een 'netto' groei van 1101 robots ten opzichte van 2016 (13%). In 2018 nam de groei ten opzichte van eerdere jaren af, en kwamen er 883 operationele robots bij (Van den Brink 2020). In totaal waren er in 2018 in ons land 10.517 industriële robots in bedrijf. Het aantal robots in de industrie is daarmee tussen 2008 en 2018 meer dan verviervoudigd.

3.2.1 Marktaandeel Nederland in de verkoop van industriële robots

In absolute termen is het Nederlandse bedrijfsleven een kleine afnemer op de robotmarkt. Wereldwijd werden er in 2018 422.271 industriële robots verhandeld, met een omgerekende waarde van meer dan 14 miljard euro – exclusief software en aanpassingen op de werkplek (IFR 2019a). De verkoop van industriële robots nam in 2018 met 6% toe vergeleken met een jaar eerder. Daarmee waren in 2018 naar schatting meer dan 2.435.000 robots operationeel op de werkvloer¹. Dat was 15% meer dan in 2017, toen de grens van 2 miljoen robots werd doorbroken en negen jaar nadat in 2008 de mijlpaal van een miljoen operationele robots was bereikt.

Figuur 3.3

Aantal wereldwijd verkochte robots per jaar, 2004-2019 (aantallen x 1000)



Bron: IFR (2019c); Statista (2020), bewerking SCP

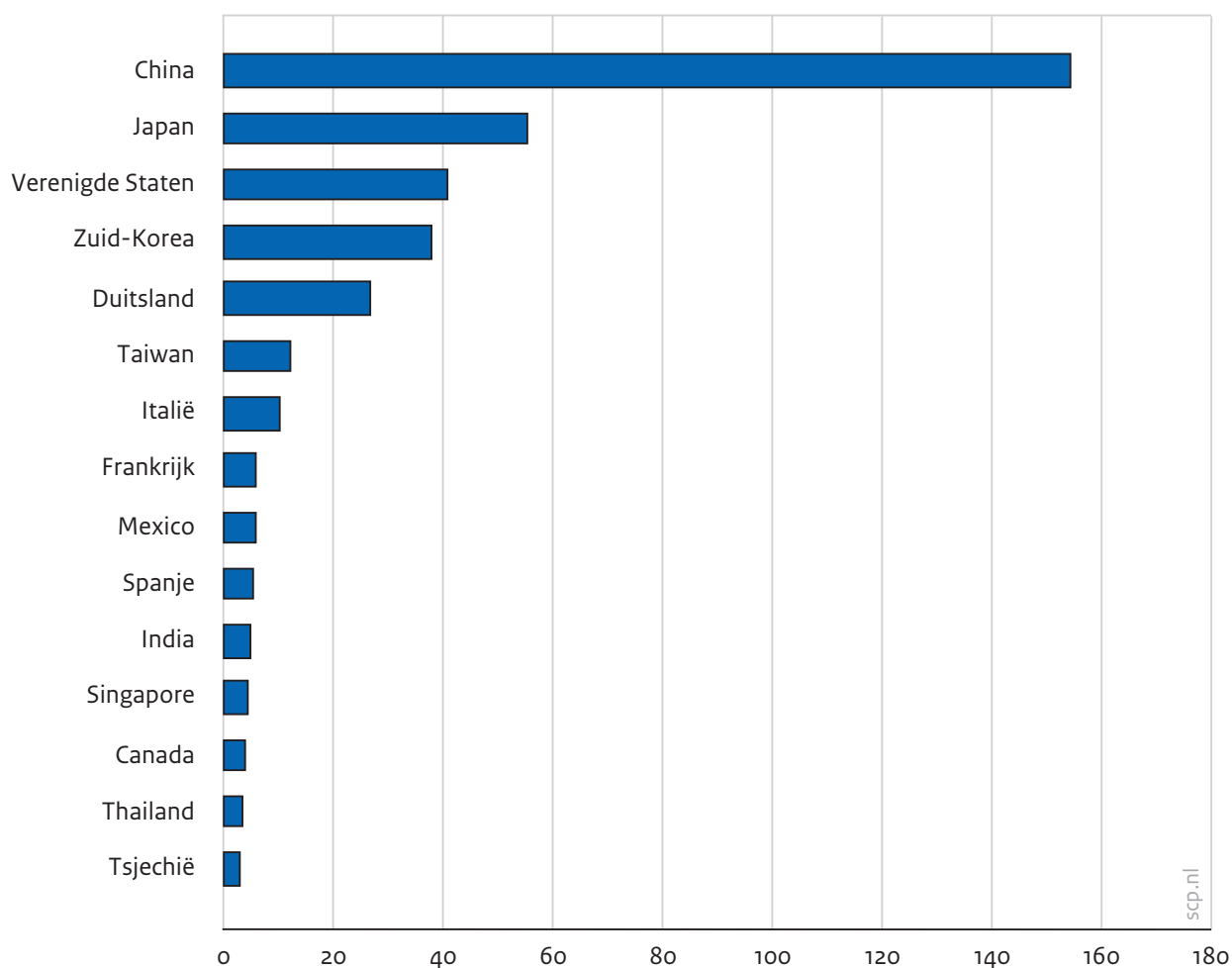
Waar in de jaren tussen 2005 en 2008 wereldwijd jaarlijks ongeveer 115.000 nieuwe robots werden verkocht, is het aantal robots na een aanvankelijke daling in 2009, tot aan 2019 bijna elk jaar aanzienlijk gestegen IFR (2019c) (zie figuur 3.3). Over 2019 is de verkoop van robots voor het eerst gedaald. De verwachting is dat de daling door de coronacrisis in 2020 doorzet (zie hoofdstuk 5), maar dat desondanks het aantal van 3 miljoen robots dat in bedrijf is in 2020 wordt overschreden.

Verreweg het grootste gedeelte van de jaarlijks verhandelde robots wordt naar Azië verscheept: in 2018 ging het daarbij om 67% van alle verkochte robots. Hiervan ging het grootste deel naar China. Andere grote afnemers in Azië zijn Japan en Zuid-Korea (figuur 3.4). Na Azië vormt Europa de belangrijkste markt voor robots. Waar het aantal verkochte robots in Azië tussen 2017 en 2018 min of meer gelijk bleef, steeg de verkoop in

Europa met 14% tot 75.560 nieuwe robots in 2018. De gemiddelde groei van de verkoop van industriële robots in Europa tussen 2013 en 2018 is 12% (IFR 2019a). De grootste afnemer in Europa is Duitsland met 26.723 aangeschafte robots in 2018. Andere landen die in absolute aantallen tot de belangrijke afnemers in Europa horen zijn Italië, Frankrijk en Spanje (figuur 3.4). Noord- en Zuid-Amerika als continent zijn de in omvang derde markt voor robots in de wereld. In 2018 zijn er 55.212 nieuwe robots aangekocht – een stijging van 20% ten opzichte van 2017 – waarvan het grootste deel (40.373 stuks) door bedrijven in de Verenigde Staten.

Figuur 3.4

Aantal verkochte robots per land, 2018 (in aantallen x 1000)



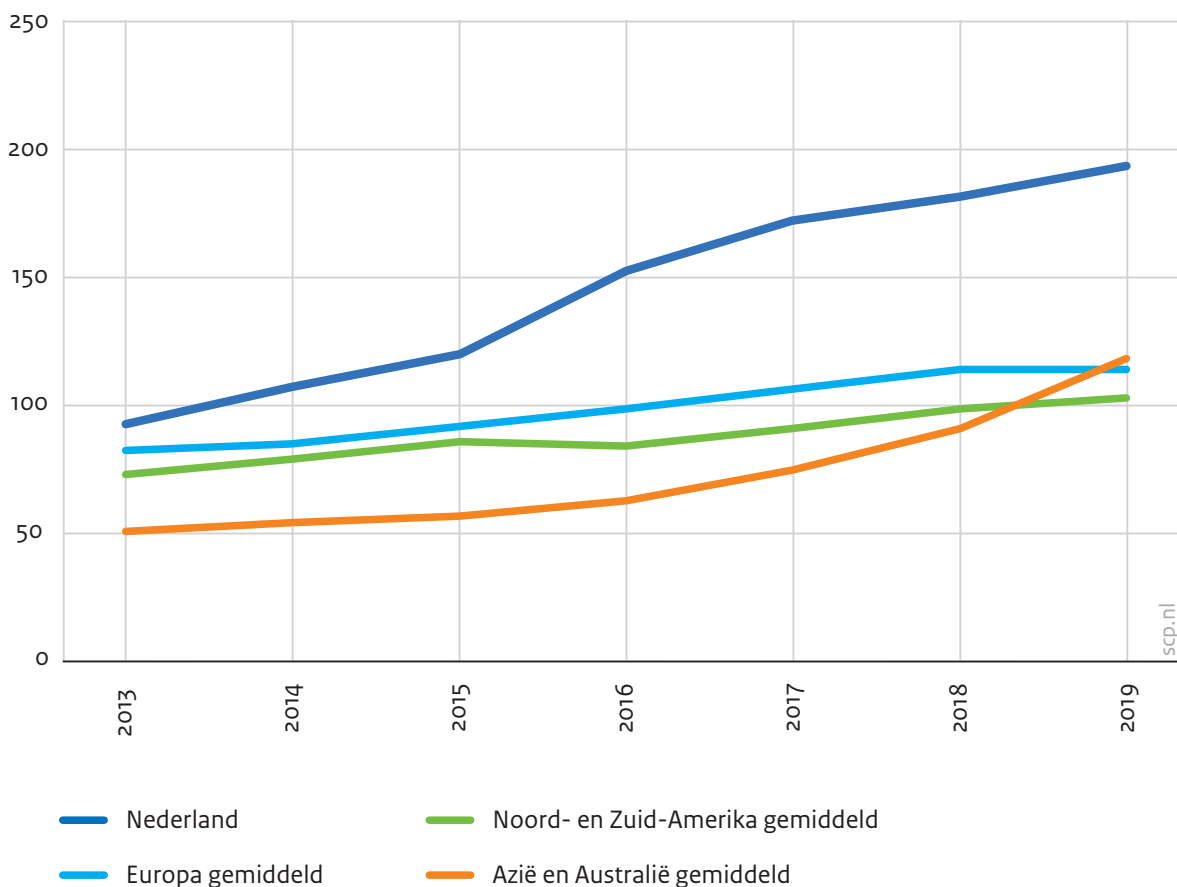
Bron: IFR (2019d), bewerking SCP

3.2.2 Relatief grotere groei van industriële robots in Nederland

Dat de robotisering in de Nederlandse industrie de afgelopen jaren is toegenomen, blijkt ook uit het aantal robots per 10.000 werknemers in de industrie (figuur 3.5). Waar het aantal robots per 10.000 werknemers in 2013 nog op 93 lag, is dit meer dan verdubbeld over een periode van zes jaar, tot 194 per 10.000 werknemers in 2019. Met name in 2016 is de robotdichtheid sterk toegenomen (van 120 in 2015 naar 153 in 2016).

Figuur 3.5

Robotdichtheid in de industrie in Nederland in verhouding tot gemiddelde robotdichtheid in Europa, Noord- en Zuid-Amerika en Azië, 2013-2019 (aantal robots per 10.000 werknemers in industrie)



Bron: IFR (2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019e, 2019f), bewerking SCP

In de interviews die we gehouden hebben, wijzen enkele deskundigen er ook op dat de ontwikkeling van robotisering de laatste jaren sneller gaat, en langzaam in meer sectoren ingang vindt. Zij geven hiervoor verschillende redenen aan. Allereerst is er veel geïnvesteerd in de verbetering van de technologie. Op het terrein van kunstmatige intelligentie is er in de afgelopen jaren veel vooruitgang geboekt. Steven Dhondt, werkzaam als senior research scientist bij TNO en hoogleraar aan de KU Leuven geeft aan dat robots nu, door de verdere ontwikkeling van sensoren, ook veel beter inzetbaar zijn:

De afgelopen tien jaar hebben de robots veel meer sensoren gekregen zodat ze meer informatie hebben over hun omgeving en dus in staat zijn om te reageren op wat er gebeurt in de omgeving. Daardoor kan de productie veel flexibeler verlopen, dus dat elk product uniek is en aangepast wordt aan de vraag van de klant. Dat is waar Nederland en Vlaanderen zich in specialiseren. En dat kan alleen maar omdat die technologie in staat is om dat te doen.

Daarnaast zijn robots de laatste jaren veel goedkoper geworden. Dat geldt niet alleen voor de robot zelf, maar ook voor de sensoren waarmee de robots uitgerust worden. Egbert-Jan

Sol geeft aan dat de prijs nu nog maar een tiende bedraagt van kosten die in de jaren negentig met de aanschaf gemoeid waren:

In 1985 zijn de eerste robots in Nederland ingezet. Daar heb ik ook aan meegewerkt [...]. Ik denk dat we eind jaren negentig iets van 30 robots hadden in Nederland. Eigenlijk is het pas de laatste jaren echt een wat grotere omvang gaan aannemen. Eerst was de prijs voor een robot 300.000 euro en nu is het 30.000 euro. Dus dan wordt het ineens wel betaalbaar.
(Egbert-Jan Sol, program director Smart Industry TNO)

Bovendien gaat het programmeren steeds sneller, waardoor er minder kosten mee gemoeid zijn. Dat is belangrijk, zo geeft Sol aan, omdat nieuwe producten elke keer opnieuw geprogrammeerd en ingeregeld moeten worden.

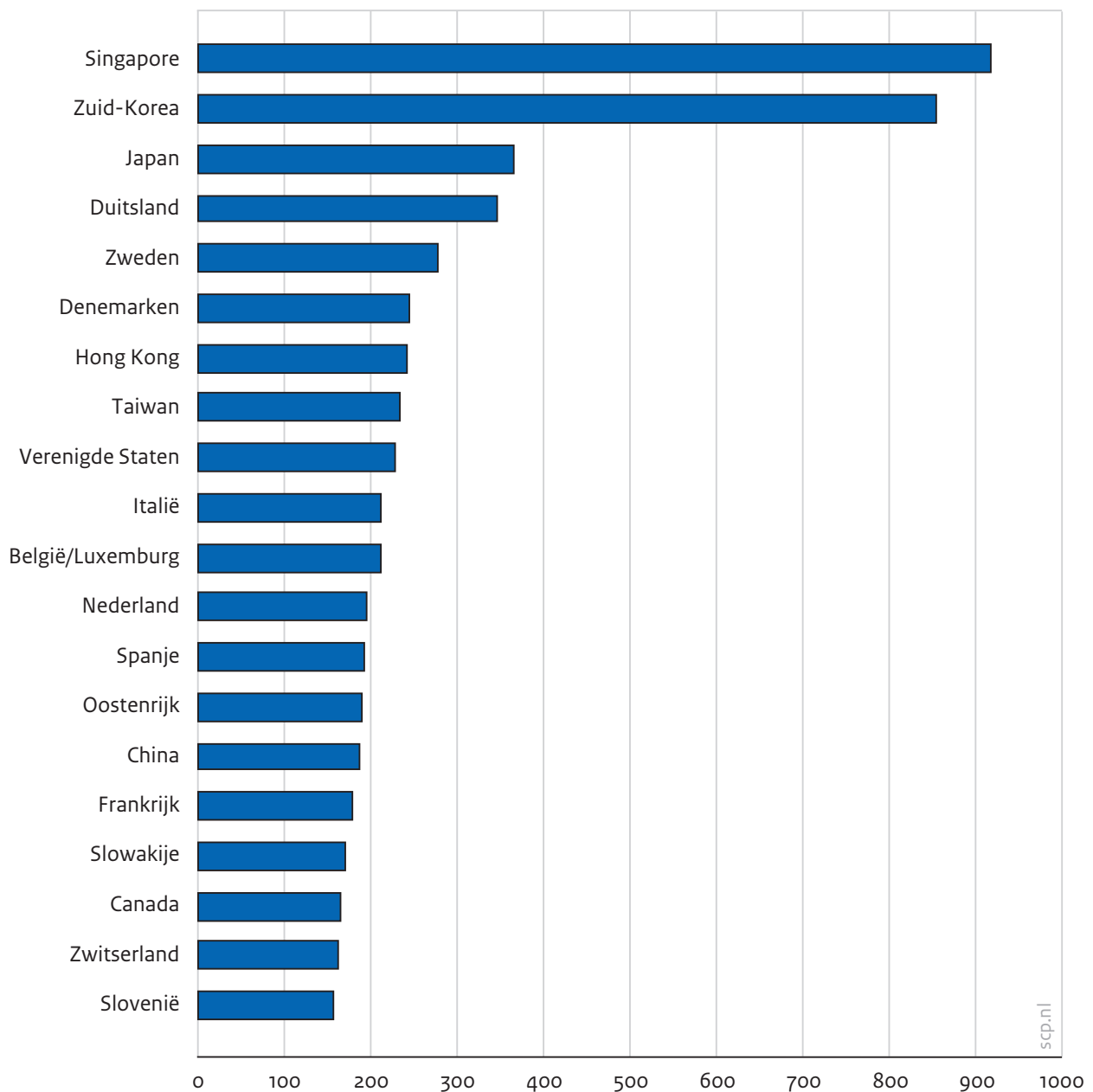
3.2.3 Positie van Nederland ten opzichte van andere landen

De groei van het aantal robots per werknemer is in Nederland over de periode 2013-2019 beduidend sterker geweest dan gemiddeld in Europa en andere werelddelen (figuur 3.5). Door de relatief sterke groei is Nederland in de afgelopen jaren ook een van de meer gerobotiseerde landen in de wereld geworden. In figuur 3.6 zijn de twintig landen weergegeven waarin het aantal industriële robots per werknemer in de industriële sector het hoogst is. Deze lijst werd tot en met 2017 aangevoerd door Zuid-Korea, maar in 2018 nam Singapore deze positie over. De robotdichtheid in beide landen, met respectievelijk 918 en 855 industriële robots per 10.000 werknemers, ligt ver boven die van andere landen, inclusief ons land. In Singapore steeg de robotdichtheid tussen 2018 en 2019 van 831 naar 918, een toename van 87 robots per 10.000 werkenden in een jaar. In Zuid-Korea steeg de robotdichtheid met 81 tussen 2018 en 2019. De toename met 12 robots per 10.000 werknemers in ons land steekt daar schril bij af.

Waar Nederland voorheen niet in de lijst van meest gerobotiseerde landen voorkwam, of zich in het onderste deel van de lijst bevond, is het in de laatste jaren niettemin steeds verder opgeklommen. In 2019 behoorde ons land tot de twaalf meest gerobotiseerde landen in de wereld, en tot de zes meest gerobotiseerde landen in Europa. Voortrekkers in Europa zijn Zweden en Denemarken, en vooral Duitsland. In Zweden en Denemarken zijn, met respectievelijk 277 en 243 robots per 10.000 werknemers, ongeveer 25% tot ruim 40% meer robots per werknemer in bedrijf dan in Nederland. Voor Duitsland geldt dat het aantal robots per werknemer zelfs bijna 80% hoger ligt dan in ons land.

Figuur 3.6

Robotdichtheid wereldwijd, 2019 (aantal robots per 10.000 werknemers in industrie)



Bron: IFR (2019e), bewerking SCP

Het Nederlandse bedrijfsleven heeft de achterstand in de afgelopen jaren echter wel deels ingelopen. Het groeitempo lag tussen 2015 en 2019 hoger dan in de meest gerobotiseerde landen in Europa. In Duitsland is de robotdichtheid tussen 2015 en 2019 gestegen van 301 naar 346 robots per 10.000 werknemers (+ 45) (niet in figuur). In Denemarken, Italië en België/Luxemburg gaat het om een stijging van de robotdichtheid van respectievelijk 55, 52 en 52 robots per 10.000 werknemers tussen 2015 en 2019. Alleen in Zweden is sprake van een vergelijkbare stijging (+ 65) als in Nederland (+ 74). Daarbij dient aangetekend te worden dat de stijging van de robotdichtheid in ons land over 2018 en 2019 afzwakt, en nog

wel groter is dan in Denemarken, maar voor 2019 geringer is dan in Zweden, België en Luxemburg.

3.2.4 Industriële robots worden voornamelijk gebruikt in de auto-industrie en elektronica

De auto-industrie is wereldwijd de grootste afnemer van industriële robots. Ongeveer 30% van alle industriële robots die worden geproduceerd komt daar jaarlijks terecht. Robotisering in de auto-industrie heeft met name een vlucht genomen na de economische crisis van 2008-2009, toen autoproducenten hun productieprocessen vergaand hebben geautomatiseerd. Tot en met 2017 liet de robotisering van de auto-industrie aanzienlijke groei-cijfers zien, met in 2017 een toename van robotinstallaties van 21% en een verkoop van 123.439 robots. In 2018 is deze groei nagenoeg geheel afgenomen (verkoop van 125.581 robots: + 2%). Dat kan erop duiden dat het productieproces in de auto-industrie inmiddels zover gerobotiseerd is, dat hierin de komende jaren geen verdere groei te verwachten is.

Naast de auto-industrie komen veel robots terecht in bedrijven uit de elektronicasector, zoals producenten van computers en randapparatuur, televisies, mobiele telefoons en medische apparatuur. Robotisering in de elektronicasector is de afgelopen jaren sterker gegroeid dan in de auto-industrie, maar kende een terugslag in 2018 – waarschijnlijk als gevolg van handelsspanningen tussen de Verenigde Staten en China (IFR 2019a). Iets minder dan 30% van de geproduceerde robots wordt niettemin jaarlijks door de elektronica-industrie aangeschaft.

3.2.5 Merendeel industriële robots bestaat uit zelfstandige 'work cells'

Het merendeel van de verhandelde industriële robots bestaat uit zelfstandig functionerende robots die in het productieproces worden ingezet (figuur 3.7). Het aandeel cobots, waarbij werknemer en robot samenwerken, is nog relatief gering (IFR 2019g). In 2018 ging het om ongeveer 14.000 cobots op een geheel van ruim 422.000 robots; een aandeel van ruim 3%. Het aandeel cobots dat aan de industrie wordt geleverd, lijkt wel toe te nemen. In 2017 bestond nog minder dan 3% (ongeveer 11.000 robots) uit cobots: een toename van iets meer dan een half procentpunt.

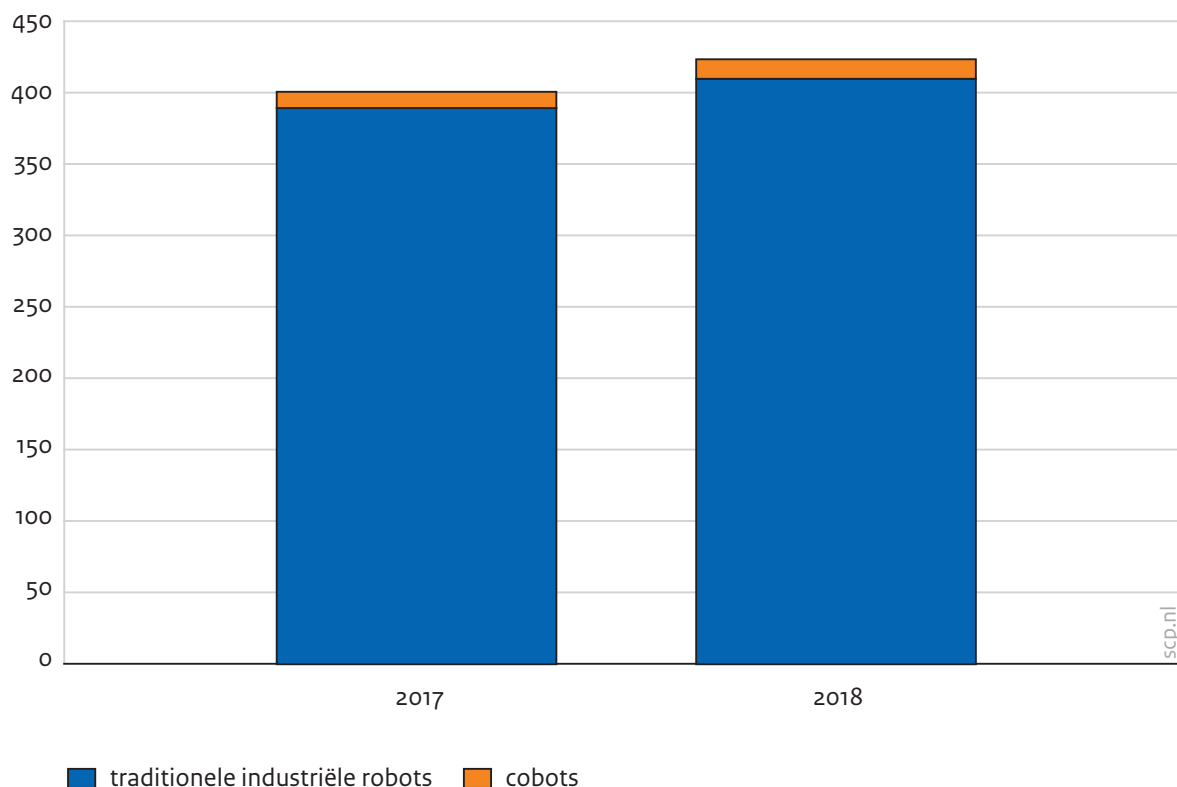
De opkomst van cobots is gefaciliteerd door het feit dat robots de afgelopen jaren steeds meer en steeds betere sensoren hebben gekregen. Egbert-Jan Sol geeft aan dat robots daardoor veiliger zijn geworden, en dat de mogelijkheden om robot en werknemers samen te laten werken zijn toegenomen:

Je hebt tegenwoordig ook cobots. Dat zijn niet zulke hele zware robots, dus die kunnen geen grote gewichten optillen, die bewegen ook niet verschrikkelijk snel, daar kan je relatief veilig mee samenwerken. Dus dat ze ook geen rare bewegingen maken en als ze een rare beweging maken dat ze dan meteen stoppen als ze ergens tegenaan komen. (Egbert-Jan Sol, program director Smart Industry TNO)

Door de betere sensoren waarmee deze cobots uitgerust kunnen worden, worden deze steeds beter inzetbaar in bedrijven.

Figuur 3.7

Aantal cobots en traditionele industriële robots wereldwijd, 2017-2018 (in aantallen x 1000)



Bron: IFR (2019g), bewerking SCP

3.3 Professionele servicerobots op de werkplek

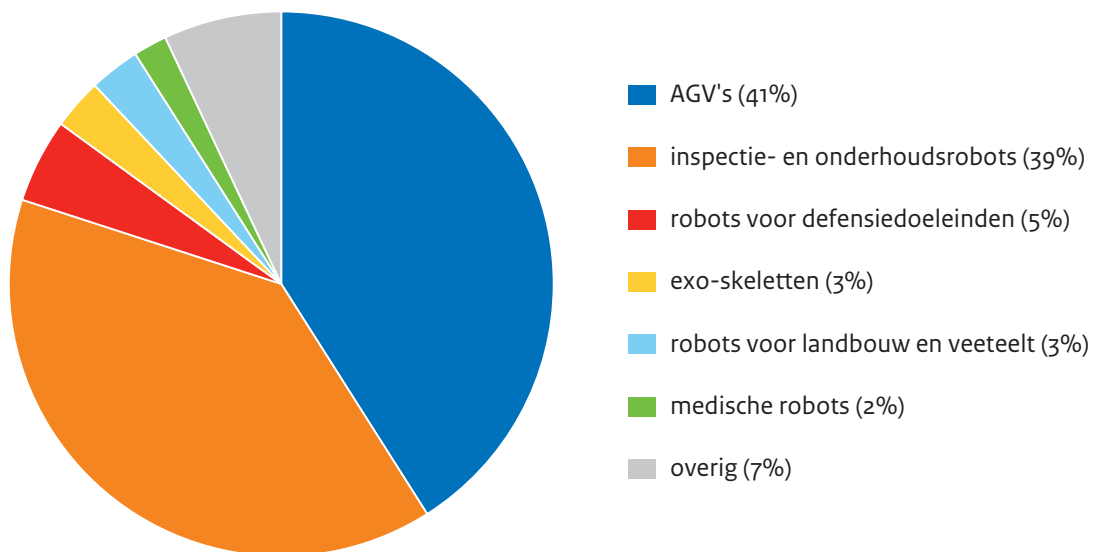
De IFR schat dat er in 2019 ongeveer 173.100 professionele servicerobots zijn geproduceerd en verhandeld, met een omgerekende waarde van bijna 9,2 miljard euro² (IFR 2020a). Ten opzichte van 2018 betekende dat een groei van 32%. Het aantal professionele service-robots is niettemin slechts een fractie van de servicerobots die voor de huishoudelijke markt en voor de amusementsmarkt worden geproduceerd³ en is eveneens aanzienlijk kleiner dan het aantal industriële robots dat in 2019 op de markt kwam. Hoewel de verkoop van professionele servicerobots vooralsnog niet de omvang heeft van die van andere robots, zal deze naar verwachting in de komende jaren sterk toenemen. In 2018 groeide het aantal verhandelde professionele servicerobots ten opzichte van 2017 met 61% en de IFR gaat tot 2022 uit van groeipercentages per jaar van rond de 40%. De verwachting is dan ook dat de markt voor professionele servicerobots de markt voor industriële robots gaat overvleugelen: de prognose van de IFR is dat in 2022 1.019.300 professionele servicerobots zullen worden verhandeld (IFR 2019b), tegenover 583.520 industriële robots (IFR 2019a).

3.3.1 Merendeel professionele servicerobots wordt voor logistieke doeleinden gebruikt

Een groot deel van de professionele servicerobots die worden verhandeld wordt ingezet in de logistiek, en bestaat uit zogeheten automatisch geleide voertuigen (AGV's)⁴ (figuur 3.8). Deze robots maakten in 2018 41% uit van alle verkochte professionele servicerobots. Van de in 2018 bijna 111.000 verhandelde logistieke robotsystemen kwam een klein gedeelte terecht in de industriële sector (7.700 logistieke robotsystemen); het merendeel (bijna 103.000 systemen) wordt gebruikt voor grote distributiecentra van met name e-commerce-bedrijven. Een tweede grote markt voor professionele servicerobots bestaat uit robots die worden ingezet voor onderhouds- en inspectiewerkzaamheden. Deze robots, die variëren van relatief goedkope standaard onderhoudsrobots tot kostbare maatwerksystemen, maakten in 2018 31% uit van de verkochte professionele servicerobots (ongeveer 106.000 robots en robotsystemen). Relatief kleinere afzetgebieden van professionele servicerobots zijn robots die voor defensie en veiligheidstaken worden ingezet (5% van de verkochte professionele servicerobots), medische robots⁵ (2%), robots ten behoeve van landbouw en veeteelt (3%), en zogeheten exo-skeletten (3%).

Figuur 3.8

Verdeling van professionele servicerobots over verschillende toepassingsgebieden wereldwijd, 2018 (in procenten)



Bron: IFR (2019b), bewerking SCP

3.3.2 Professionele servicerobots in Nederland

Een goed overzicht van de mate waarin in de verschillende bedrijfssectoren in ons land gebruik wordt gemaakt van professionele servicerobots ontbreekt vooralsnog. Dat geldt onder meer voor het gebruik van automatisch geleide voertuigsystemen. Voor enkele andere specifieke professionele servicerobots, zoals medische robots en agrarische robots, zijn er wel gegevens op onderdelen beschikbaar. Volgens cijfers van het UMC Utrecht beschikten ziekenhuizen in ons land begin 2020 in totaal over 35 operatierobots (UMC Utrecht 2020). Een internationale benchmark ontbreekt, maar cijfers over het aantal

operatierobots van enkele jaren geleden laten zien dat Europese landen relatief achterlopen op de Verenigde Staten waar het medische robots betreft, maar relatief belangrijkere gebruikers zijn dan Aziatische en Latijns-Amerikaanse landen (Moldes et al. 2019). Waar instellingen in de Verenigde Staten in 2017 gezamenlijk over 2862 operatierobots beschikten (gemiddeld één robot per 110.000 inwoners), beschikten medische instellingen in Europa over slechts één robot per 990.000 inwoners. Ten opzichte van andere Europese landen lijkt Nederland over een iets groter dan gemiddeld aandeel operatierobots te beschikken, maar lijkt het wel achter te blijven bij landen als België en Zweden (vgl. ook Vaessen 2011).

Met betrekking tot agrarische robots publiceert de Stichting Kwaliteitszorg Onderhoud Melkinstallaties (KOM) welke installaties door boerenbedrijven worden gebruikt. Uit de cijfers van het KOM blijkt dat het aantal melkboeren dat gebruikmaakt van een of meer melkrobots op hun bedrijf elk jaar verder stijgt. Eind 2020 werd er in 4513 van de in totaal 16.032 bedrijven gebruikgemaakt van automatische melksystemen (KOM 2021). De melkrobot is inmiddels, na de visgraatmelkstallen, het door melkboeren in ons land meest gebruikte systeem. Nederlandse boeren maken verhoudingsgewijs ook meer gebruik van robots voor het melken van koeien dan in de ons omringende landen. Alleen in Scandinavische landen, en dan met name Noorwegen, ligt het gebruik van melkrobots beduidend hoger dan in ons land.

Noten

- 1 De IFR baseert deze schattingen op de jaarlijkse robotverkopen en een veronderstelde levensduur van twaalf jaar voor een robot.
- 2 Waarschijnlijk gaat het hierbij om een onderschatting van het daadwerkelijke aantal, aangezien er op de markt een groot aantal producenten actief is, die naar verwachting nog niet allemaal in beeld zijn bij de IFR.
- 3 De door het IFR geschatte omvang van in 2019 verkochte robots voor huishoudelijke taken is 18,6 miljoen stuks, waarvan het merendeel (11,6 miljoen stuks in 2018) bestaat uit robotstofzuigers. De overige robots voor huishoudelijke taken bestaan voornamelijk uit robotgrasmaaiers en robots voor het schoonmaken van zwembaden. Verwacht wordt dat dit een sterke groeiemarkt is, waarin in 2023 jaarlijks 48,6 miljoen robots wereldwijd worden afgezet. De markt voor robots in de amusementsmarkt (met name speelgoed en andere hobbyrobots) is met een geschatte verkoop van 4,6 miljoen stuks kleiner dan de huishoudelijke markt, en ook de groei hiervan wordt door het IFR als minder onstuimig ingeschat (prognose voor 2023 is 6,7 miljoen verkochte robots).
- 4 Deze automatisch geleide voertuigen, ofwel AGV's, worden in grote magazijnen gebruikt voor de bevoorrading en het samenstellen van de orders (zie ook § 1.4).
- 5 Medische robots omvatten met name operatierobots, robots die voor verschillende therapieën worden ingezet, en revalidatiesystemen. De markt voor medische robots is met 5100 verkochte robots in 2018 in aandeel relatief gering (2%), maar neemt wat betreft omzet een belangrijke plaats in (31% van de omzet aan professionele servicerobots komt voor rekening van medische robots).

4 Effecten van robotisering op de kwaliteit van werk

4.1 Inleiding

De meeste publicaties over robotisering en werk zijn het over een ding eens: de arbeidsmarkt gaat veranderen als gevolg van de verdere ontwikkeling van robots. Ze verschillen echter van mening over de wijze waarop deze veranderingen gaan plaatsvinden en wat de gevolgen hiervan zijn voor de hoeveelheid werk en de aard van het werk. Sommige onderzoekers zijn van mening dat robotisering op korte termijn weliswaar leidt tot een verstoring van de arbeidsmarkt, maar dat deze zich op de middellange termijn herstelt en een nieuw evenwicht vindt. Zij spreken de verwachting uit dat de werkgelegenheid door de opkomst van robots en andere technologische veranderingen niet zal verminderen, en mogelijk zelfs zal toenemen (Autor 2015; Autor en Salomons 2018). Anderen menen dat de opkomst van robotisering de arbeidsmarkt dusdanig ontregelt dat het voor een groot deel van de werknemers – zo niet voor iedereen – ingrijpende gevolgen heeft (Brynjolfsson en McAfee 2014; Frey en Osborne 2017).

Deze verschillende opvattingen worden ingegeven door andere perspectieven en andere assumpties. Dat de discussie tot voor kort – en voor een deel nog steeds – voornamelijk werd gevoerd op basis van verwachtingen en veronderstellingen, hangt voor een belangrijk deel samen met het feit dat het aan empirische kennis over de impact van robotisering op arbeid ontbrak. De laatste jaren komt daar geleidelijk verandering in, en met name in de afgelopen twee tot drie jaar zijn verschillende onderzoeken naar de gevolgen van robotisering verschenen. In dit hoofdstuk geven we een overzicht van het empirisch onderzoek dat hiernaar tot nu toe verricht is.

4.2 Gevolgen van robotisering voor de werkzekerheid van werkenden

In de literatuur over de wijze waarop robotisering de werkzekerheid van werkenden beïnvloedt, zijn de twee verschillende, in de inleiding aangestipte, perspectieven duidelijk herkenbaar. Acemoglu en Restrepo (2018) geven aan dat aan deze perspectieven verschillende mechanismen ten grondslag liggen. Allereerst wordt robotisering door bedrijven gebruikt om taken uit te voeren die voorheen geheel of gedeeltelijk door werknemers werden verricht. Bedrijven zullen deze robots met name inzetten voor taken die robots sneller, beter of goedkoper dan werknemers kunnen uitvoeren. De invoering van robots op de werkplek leidt tot een verlies van banen, en daarmee tot minder zekerheid voor werkenden op behoud van werk. Acemoglu en Restrepo (2018) duiden dit aan als het vervangingseffect. Dit vervangingseffect kan al dan niet gedeeltelijk teniet worden gedaan door wat Acemoglu en Restrepo (2019) aanduiden als het productiviteitseffect. Dit houdt in dat de geproduceerde waarde door de inzet van robots goedkoper wordt. Daardoor zal de vraag naar dat product toenemen. Het gevolg hiervan is dat er meer mensen nodig zijn om taken

uit te voeren die niet gerobotiseerd zijn. Daarbij kan gedacht worden aan de marketing van producten, het vervoer, of niet-gerobotiseerde onderdelen van het productieproces.

Tot slot leidt technologisering zelf ook tot nieuwe banen (Autor et al. 2003; Acemoglu en Autor 2011). Dan gaat het bijvoorbeeld om programmeurs, onderzoekers op het terrein van artificiële intelligentie, of ontwerpers van logistieke processen. Naast de directe werkgelegenheidsgroei als gevolg van robotisering, geven studies naar eerdere technologische ontwikkelingen aan dat deze bovendien vaak ruimte scheppen voor werk in andere sectoren. Olmstead en Rhode (2001) beschrijven hoe de arbeidsvraag in de landbouw afnam door verbetering van de landbouwtechnieken. Daardoor ontstond er arbeidspotentieel waaruit door fabrieken geput kon worden, waardoor de productiviteit in andere sectoren toenam. Michaels (2007) en Goldin en Katz (2008) laten zien hoe door automatisering in verschillende sectoren een verschuiving ontstond van productiewerk naar meer dienstverlenende beroepen. Acemoglu en Restrepo (2019) duiden dit aan als het herplaatsingseffect, waarbij nieuwe functies door robotisering ontstaan, of de werkgelegenheid toeneemt vanwege de groei van werk in andere, meer arbeidsintensieve sectoren (zie ook Goos et al. 2019).

4.2.1 Empirisch onderzoek naar het effect van robotisering op de werkzekerheid

Overwegend negatieve macro-economische effecten op werkgelegenheid

Acemoglu en Restrepo (2020a) gingen na in hoeverre het gebruik van industriële robots van invloed is op de werkgelegenheid binnen verschillende arbeidsmarktregio's in de Verenigde Staten (zie bijlage D). Zij vonden dat in regio's waarin robotisering het sterkst toenam ook relatief meer banen verdwenen. Op grond van hun arbeidsmarktgegevens schatten zij dat de introductie van een industriële robot op de werkvloer tot een daling van 0,18 tot 0,34 procentpunten in werkgelegenheid leidt. Daarmee verdwijnen voor elke robot die in het productieproces wordt ingezet, aldus Acemoglu en Restrepo (2020a), in de Verenigde Staten drie tot bijna zes banen.

Chiacchio et al. (2018) komen tot soortgelijke bevindingen voor Europa. Zij gingen na in hoeverre veranderingen in de robotdichtheid van invloed zijn op het percentage werkenden binnen zes Europese landen. Zij concluderen dat de aanschaf van een industriële robot tot een afname van het aantal banen leidt, maar dat het verlies aan banen in Europese landen minder groot is dan het onderzoek in de Verenigde Staten liet zien. Elke industriële robot op de werkvloer leidt volgens Chiacchio et al. (2018) tot een daling van 0,16 tot 0,20 procentpunten aan werkgelegenheid – een daling rond de ondergrens van 0,18 procentpunten die Acemoglu en Restrepo (2020a) voor de Verenigde Staten vonden.

De mate waarin er sprake is van een afname in de werkgelegenheid lijkt tussen landen te verschillen. In hun studie naar de effecten van robotisering vonden Dauth et al. (2017) voor Duitsland geen netto-effect op de lokale werkgelegenheid. Weliswaar constateren zij dat met iedere robot die in het productieproces wordt ingezet ongeveer twee banen van productiemedewerkers verloren gaan, maar deze afname in arbeidsplaatsen werd gecompenseerd door extra banen die in de dienstensector beschikbaar kwamen.

Op sectorniveau leidt robotisering eveneens tot een afname van werkgelegenheid

Waar bovenstaande studies zich richten op de netto-effecten van robotisering op de werkgelegenheid in lokale of regionale arbeidsmarkten, gaan andere studies in op veranderingen in werkgelegenheid binnen een bepaalde sector of binnen een aantal specifieke sectoren. Graetz en Michaels (2018) gingen het effect na van robotisering op de werkgelegenheid in productiebedrijven tussen 1993 en 2007. Uit hun onderzoek, waarin zij gegevens van zeventien geïndustrialiseerde landen analyseerden, bleek dat de arbeidsproductiviteit en de toegevoegde waarde als gevolg van robotisering stegen, maar dat dit geen effect had op de werkgelegenheid in de verschillende sectoren.

Andere studies naar sectoren komen tot de slotsom dat robotisering gepaard gaat met een afname van het aantal arbeidsplaatsen. In een grootschalig onderzoek met gegevens van achttien oeso-landen, waaronder ons land, vonden Compagnucci et al. (2019) dat een toename van 1% in het aantal robots gemiddeld tot een vermindering van 0,16 % in de groei van gewerkte uren leidt. Giuntella en Wang (2019) gingen na in hoeverre de toenemende robotisering van de industriële sector in China gevolgen heeft voor de werkgelegenheid. Zij vonden dat, naarmate bedrijven meer gebruik maken van robots in hun productieproces, de kans groter is dat werknemers werkloos worden. Jung en Lim (2020) onderzochten determinanten en effecten van robotisering in 42 geïndustrialiseerde landen, waaronder Nederland. Zij concluderen dat robotisering groeit in sectoren waarin eveneens sprake is van een groei van de werkgelegenheid, naast relatief hoge arbeidskosten en hoge uurlonen. Door de relatief hoge kosten en krapte aan arbeidskrachten wordt het voor bedrijven aantrekkelijk om een robot aan te schaffen. Door de toename van robots neemt vervolgens de groei van de werkgelegenheid af en dalen de relatieve arbeidskosten.

De mate waarin robotisering tot een daling van het aantal arbeidsplaatsen leidt is sterk afhankelijk van de hoogte van de arbeidskosten. Carbonero et al. (2018) onderzochten in hoeverre de toename van het aantal robots tussen 2005 en 2014 samenhangt met een toename of afname van het aantal werkenden. In hun onderzoek onder 41 landen, waarin zowel geïndustrialiseerde als lagelonenlanden vertegenwoordigd waren, kwam naar voren dat de totale werkgelegenheid afnam als gevolg van robotisering. Carbonero et al. schatten dat robotisering tussen 2005 en 2014 wereldwijd heeft geleid tot een vermindering van het aantal arbeidsplaatsen met 1,3%. Het verlies aan werkgelegenheid was echter beduidend geringer in geïndustrialiseerde landen (0,5%) dan in lagelonenlanden, waarvoor een verlies aan werkgelegenheid van bijna 14% werd gerapporteerd.

Op bedrijfsniveau leidt robotisering tot een groei van werkgelegenheid

Bovenstaande studies, waarin de effecten van robotisering voor de werkgelegenheid in specifieke sectoren of voor de arbeidsmarkt als geheel in kaart zijn gebracht, maken duidelijk dat er banen verdwijnen door robotisering en dat de afname van industriële banen in veel gevallen slechts gedeeltelijk gecompenseerd wordt door het ontstaan van werkgelegenheid in andere sectoren. Door robotisering neemt de werkgelegenheid af, of groeit deze minder sterk dan in sectoren of landen waarin relatief minder vaak gebruik wordt gemaakt van robots. De vergelijking tussen sectoren of tussen landen biedt zicht op de

mogelijkheden voor werknemers om een baan te vinden, maar geeft geen inzicht in wat het betekent voor individuele werknemers in een bedrijf dat robots in het arbeidsproces inzet.

Recent zijn enkele onderzoeken verschenen waarin gebruik wordt gemaakt van gegevens op bedrijfsniveau om de gevolgen per bedrijf in kaart te kunnen brengen. In een studie onder Spaanse bedrijven laten Koch et al. (2019) zien dat vooral grote en meer productieve bedrijven gebruikmaken van robots, waar andere, vaak kleinere bedrijven binnen dezelfde sector daarvan afzien. Als gevolg hiervan neemt het verschil in arbeidsproductiviteit tussen deze bedrijven toe. De productie van bedrijven die gebruikmaken van robots steeg gemiddeld met 20% tot 25% in de vier jaar na aanschaf van de robots. Het aantal arbeidsplaatsen nam in dezelfde periode toe met 10%. In de kleinere bedrijven die geen gebruik maakten van robots daalde de werkgelegenheid daarentegen.

Een studie onder Franse bedrijven, die in de afgelopen jaren een of meer robots hadden aangeschaft, liet een vergelijkbaar positief effect van robotisering op de werkgelegenheid zien (Acemoglu et al. 2020). Evenals in Spanje bleef de groei van de banen in deze bedrijven ten opzichte van de toename in productiviteit achter, maar in absolute zin nam de werkgelegenheid toe. Het vervangingseffect, waarvan door de aanschaf van robots sprake was, werd meer dan gecompenseerd door het productiviteitseffect in deze bedrijven. Door de investering in robots groeide de omzet en de productie, waardoor extra werknemers aangetrokken moesten worden. Dixon et al. (2019) vonden in hun studie onder Canadese bedrijven een vergelijkbaar patroon. In bedrijven waarin meer in robots geïnvesteerd werd, nam de werkgelegenheid meer toe dan in bedrijven waarin dat minder gebeurde. Tegelijkertijd laat de studie van Dixon et al. zien dat dit niet betekent dat werknemers in deze gerobotiseerde bedrijven een grotere werkzekerheid hebben. Een relatief groter aantal werknemers dan in minder gerobotiseerde bedrijven verliet het bedrijf, maar dit werd ruim gecompenseerd door een groot aantal nieuw geworven werknemers.

Bonfiglioli et al. (2020) opperen echter dat de positieve effecten op bedrijfsniveau voor een deel van korte duur kunnen zijn. Zij laten zien dat robotisering, een toenemende productiviteit en een groei van het aantal arbeidsplaatsen binnen bedrijven vaak samenhangen met gunstige marktomstandigheden. Wanneer er een sterk toenemende vraag naar producten is, kiezen bedrijven ervoor om de productie te verhogen, schaffen zij robots aan en nemen zij extra werknemers in dienst om aan de vraag te voldoen. Op de langere termijn heeft robotisering echter een negatief effect op de werkgelegenheid. Robotisering gaat, zo geven Bonfiglioli et al. aan, vooral ten koste van banen die door lageropgeleiden worden vervuld.

Robotisering kan het creëren van nieuwe banen belemmeren

Waar Dixon et al. (2019) in hun onderzoek onder Canadese bedrijven vonden dat de werkgelegenheid in gerobotiseerde bedrijven toeneemt, maar dat desalniettemin laaggeschoolde werknemers afvloeien, vinden Dauth et al. (2017) juist een kleinere kans op verandering van baan voor werknemers. Dauth et al. (2017) gingen na in hoeverre robotisering van invloed is op het behoud van de baan van werknemers in de industrie in Duitsland. Daarbij hadden zij de beschikking over individuele gegevens van werknemers over een

groot aantal jaren, zodat zij konden nagaan in hoeverre er sprake was van arbeidsmobiliteit. In tegenstelling tot wat zij verwachtten, bleken werknemers in bedrijfstakken waarin robotisering het meest was toegenomen – voor een belangrijk deel de auto-industrie, maar ook in andere sectoren – de grootste kans op behoud van werk te hebben. Dat gold niet alleen voor hun werkzekerheid, maar ook voor hun baanzekerheid. Werknemers in sterk gerobotiseerde sectoren werken relatief vaker nog op dezelfde werkplek in vergelijking tot werknemers in bedrijfstakken waarin robotisering niet of minder ingang heeft gevonden.

In een latere studie wezen Dauth et al. (2019) erop dat bedrijven die robotiseren ook eerder mensen in vaste dienst nemen en meer aandacht aan de training van hun personeel besteden, bijvoorbeeld om te leren omgaan met de robots. In de expertinterviews wees ook Steven Dhondt erop dat robotisering kansen kan bieden voor meer werkzekerheid omdat robots een dure investering zijn:

Als het klassieke robotisering is dan zie je dus dat het bedrijfsleven zegt: het is een duur apparaat, daar wil ik niet de eerste de beste persoon die ik maar een keer per jaar zie wat mee laten doen, nee dan wil ik toch wat meer vast personeel hebben. Niet dat men zorg heeft om de persoon, maar ze zeggen: het is een dure investering, dan wil ik wel dat die optimaal rendeert. (Steven Dhondt, senior research scientist bij TNO)

Dauth et al. (2017) constateren dat robotisering wel een negatief effect op de totale werkgelegenheid had in de sectoren waarin robots in het werkproces werden ingevoerd. De vervanging van mensen door robots had niet zozeer een effect op de baan van bestaande werknemers, maar vooral op het creëren van nieuwe banen. In bedrijfstakken waarin robotisering het meest was toegenomen ontstonden relatief minder nieuwe banen dan in sectoren waarin dat niet het geval was.

4.2.2 Contextuele effecten van robotisering op de werkzekerheid

Dempend effect van robotisering op werkzekerheid in geïndustrialiseerde landen

De effecten van robotisering lijken beduidend groter te zijn in opkomende economieën dan in geïndustrialiseerde landen. Carbonero et al. (2018) vonden voor Europa en de Verenigde Staten dat er weliswaar sprake was van een negatief effect van robotisering op de werkgelegenheid, maar dat dit effect meer dan twintig keer zo groot was voor ontwikkelingslanden. Dat komt voor een deel doordat bedrijven in geïndustrialiseerde landen waarin robotisering toeneemt, relatief minder vaak werkzaamheden naar lagelonenlanden verplaatsen (Carbonero et al. 2018). Vanwege de relatief hoge lonen zou werk anders naar het buitenland verplaatst zijn, maar door robotisering kan het kosteneffectief in het land zelf worden uitgevoerd. Ondersteunende functies blijven daarmee behouden. Bovendien vraagt de invoering en het onderhoud van de ingezette robots om gespecialiseerde kennis waarvoor werknemers worden aangetrokken. De effecten van robotisering worden op die manier in veel industriële landen gedempt, waar deze effecten in ontwikkelingslanden daardoor eerder versterkt lijken te worden.

Effect van robotisering op werkzekerheid is afhankelijk van de sector

Het onderzoek naar de gevolgen van robotisering voor de werkgelegenheid in sectoren maakt geen expliciet onderscheid naar verschillen per sector. Tegelijkertijd zijn er wel grote verschillen zichtbaar tussen sectoren met betrekking tot het gebruik van robots in het productieproces. Carbonero et al. (2018) geven bijvoorbeeld aan dat tussen 2005 en 2014 vooral in de auto-industrie, de elektronicasector en de metaalindustrie sprake was van een sterke toename van robotisering, waar deze in dezelfde periode in de mijnindustrie, houtverwerkingsindustrie, textielindustrie, en onderwijs en onderzoek niet of nauwelijks toenam (zie ook hoofdstuk 3). In de laatstgenoemde sectoren leent de aard van het werk zich minder voor het inzetten van een robot, of is sprake van minder groei dan in sectoren waarin robotisering juist sterk toenam.

De studie van Bonfiglioli et al. (2020) laat zien dat, zeker wanneer er sprake is van een sterke groei van een sector, dit bevorderend werkt voor robotisering, maar niet (direct) ten koste hoeft te gaan van de werkgelegenheid – en daarmee van de werkzekerheid van werknemers in de desbetreffende sector. In het verlengde hiervan relateert ook Ronald Dekker het effect van robotisering op de werkzekerheid. Dit is van invloed, maar bepalender is volgens hem het economische succes van het bedrijf of de sector:

De werkzekerheid in dat soort sectoren is over het algemeen vrij goed. Er is natuurlijk van alles te zeggen over zo'n autofabriek in Born, maar dat heeft meer te maken met de volatilititeit in de automarkt dan met de technologie die ze daar gebruiken. (Ronald Dekker, toenmalig beleidsmedewerker Ministerie van szw)

Tegelijkertijd geven Bonfiglioli et al. (2020) aan dat, wanneer de groei afneemt, de werkgelegenheid in gerobotiseerde bedrijven afneemt. Dit ligt in lijn met de bevinding van Jung en Lim (2020) dat over sectoren heen toenemende werkgelegenheid in een sector – naast andere arbeidsmarktkenmerken – een aanjaagfunctie heeft voor robotisering, maar robotisering vervolgens leidt tot een afname van werkgelegenheid in de desbetreffende sector.

4.2.3 Differentiële effecten van robotisering op de werkzekerheid

Het verdwijnen van banen raakt met name laagopgeleide werknemers

De mate waarin de afname van werk zich voordoet verschilt naar gelang de positie van werknemers en hun opleiding. Met name werknemers op de werkvloer zien hun banen verdwijnen (Acemoglu en Restrepo 2020c). Dat geldt ook voor degenen met een lagere of middelbare opleiding. Voor managers en werknemers met een hogere opleiding werd geen negatief effect, maar evenmin een positief effect op hun werkgelegenheid gevonden. Toon Taris, hoogleraar Sociale, Gezondheids- en Organisationspsychologie aan de Universiteit Utrecht, legt de verbinding met het verdwijnen van veel administratief werk in de bankensector doordat deze taken meer en meer geautomatiseerd zijn. Dit heeft vooral negatieve gevolgen voor de werkgelegenheid van lager- en/of middelbaaropgeleiden:

Wat veel problematischer is, denk ik, is dat bepaalde typen werk aan het verdwijnen zijn en dat zijn dus met name die relatief eenvoudige, fysiekachtige taken zeg maar. Die staan

onder druk. Dat betekent dat het verdomd lastig is om een baan te vinden voor de mens die normaal gesproken dat soort taken zou uitvoeren. Daar zit een serieus probleem.

Chiacchio et al. (2018) concluderen eveneens dat robotisering met name de werkgelegenheid van laagopgeleide werknemers raakt. Voor middelbaaropgeleide werknemers werden in hun studie echter geen effecten gevonden. Ook Graetz en Michaels (2018) constateren dat er een verschuiving plaatsvindt in werkgelegenheid naar opleidingsniveau van werknemers. Hoewel zij, in tegenstelling tot bovenstaande studies, gemiddeld geen werkgelegenheidseffecten van robotisering signaleren, worden laagopgeleide werknemers hierdoor wel geraakt. Zij zien hun baan verdwijnen daar waar de werkgelegenheid voor middelbaar- en hogeropgeleiden behouden blijft. Dit hangt er waarschijnlijk mee samen dat laagopgeleide werknemers niet aan de kwalificaties voldoen voor andere functies binnen deze bedrijven, of de capaciteiten missen om zich hiervoor om- of bij te scholen.

De geïnterviewde experts wijzen er in dat verband op dat technologisering tot werkonzekerheid leidt als de aard van het werk verandert terwijl werkenden niet aan de gevraagde vaardigheden kunnen voldoen. Paul de Beer, hoogleraar Arbeidsverhoudingen aan de Universiteit van Amsterdam (UvA), wijst erop dat de banen die verdwijnen vooral op laaggeschoold werk gericht zijn, en de banen die in plaats daarvan komen vaak een beduidend hoger opleidingsniveau vragen:

Kijk, dat soort kort-cyclische, repetitieve arbeid wordt vaak door robots overgenomen en dat wordt in het algemeen als onaantrekkelijk werk beschouwd. Dus voor zover dat door robots wordt overgenomen, leidt het in principe tot aantrekkelijker werk, alleen niet per se voor de mensen die de schroeven aandraaiden, want die worden misschien werkloos. Het werk wat ervoor in de plaats komt, namelijk dat je die robots moet programmeren of dat je de robots moet onderhouden, vraagt meer van menselijke capaciteiten.

Degenen die niet met de technologische ontwikkelingen overweg kunnen, zijn volgens Monique Kremer de verliezers op de arbeidsmarkt. Kremer, toenmalig senior wetenschappelijk medewerker bij de Wetenschappelijke Raad voor Regeringsbeleid (WRR) en bijzonder hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam, geeft aan dat het daarbij vooral om lageropgeleiden gaat. Tegelijkertijd hoeft dit echter niet altijd het geval te zijn, zeker niet als robotisering zo kan worden ingezet dat het gebruikersvriendelijk is, en werk niet vervangt maar complementeert:

[O]k laagopgeleiden kunnen geholpen worden, [...] we hebben dat gezien bij monteurs bij een installatiebedrijf. Als ze iets ingewikkelds moeten doen dan hebben ze een soort bril op, virtual reality, en dan worden ze bijgepraat wat ze precies moeten doen. Dus nu doe je dit, dan doe je dat, kijk naar dit knopje, dus zij worden begeleid. Dat betekent dus dat iemand die misschien moeite heeft om te leren met die technologie dingen kan doen die hij of zij zonder technologie niet zou kunnen. (Monique Kremer, toenmalig senior wetenschappelijk medewerker WRR)

Ronald Dekker nuanceert ook de bevindingen dat de werkzekerheid van lageropgeleiden onder druk komt te staan door robotisering. Naast werkzaamheden waarvoor hogeropgeleiden nodig zijn, zoals het programmeren van robots, is er een groot aantal werkzaamheden die ook door lageropgeleiden kunnen worden gedaan, door hen met de veranderingen op de werkplek om te leren gaan:

Over het algemeen vereist nieuwe technologie meer opleidingsniveau dan oude technologie. Daar zit dus een probleem. Maar omdat het proces niet zo snel gaat als iedereen beweert, valt dat dus ook alles mee. En het is vaak zo dat wanneer je wat lager of praktischer opgeleid personeel meeneemt in de technologische verandering en ze daarbij betreft, dan gaan ze ermee leren werken en vloeien niet zo snel af. (Ronald Dekker, toenmalig beleidsmedewerker Ministerie van szw)

Robotisering leidt mogelijk tot een moeilijker start voor jongeren op de arbeidsmarkt

De meeste studies naar de effecten van robotisering op werkzekerheid maken geen onderscheid naar verschillende leeftijdscategorieën. Een uitzondering hierop vormt het onderzoek van Chiacchio et al. (2018) naar de effecten van robotisering in Duitsland, Finland, Frankrijk, Italië, Spanje en Zweden. Waar het aannemelijk is dat jongeren een relatief betere arbeidspositie hebben dan ouderen bij toenemende robotisering – jongeren zijn immers gemiddeld beter opgeleid dan ouderen en meer vertrouwd in het omgaan met technologie – komen Chiacchio et al. tot tegengestelde bevindingen. Jongeren tussen 15 en 25 jaar hebben in gerobotiseerde bedrijven een geringere kans op werk dan ouderen. Een reden daarvoor is mogelijk, zoals Dauth et al. (2017) vonden, dat de werkgelegenheid als gevolg van robotisering niet groeit, waardoor er geen of nauwelijks nieuwe werknemers worden aangetrokken. Wanneer daarvan sprake is, hebben starters op de arbeidsmarkt meer moeite om een baan te vinden.

4.3 Gevolgen van robotisering voor het inkomen van werkenden

Wat de gevolgen van robotisering zijn voor het inkomen van werknemers is voor een belangrijk deel afhankelijk van de werkgelegenheidseffecten die optreden. Acemoglu en Restrepo (2019) geven aan dat, wanneer de werkgelegenheid terugloopt door het gebruik van robots, er een groter aanbod van arbeidskrachten ontstaat. Werknemers zullen dan in een zwakkere onderhandelingspositie ten opzichte van werkgevers staan, met als gevolg dat lonen onder druk komen te staan. Robotisering en arbeidskosten zijn bovendien niet onafhankelijk van elkaar. Cho en Kim (2018) laten zien dat bedrijven eerder overgaan tot robotisering wanneer de arbeidskosten van werknemers hoog zijn (zie ook Jung en Lim 2020). Het is dan voor werkgevers aantrekkelijker om het werk door robots te laten uitvoeren. De kosteneffectiviteit van robotisering daalt vervolgens wanneer als gevolg van robotisering lonen dalen (Acemoglu en Restrepo 2019).

Wanneer er sprake is van een productiviteitseffect zal dit daarentegen tot een verhoging van lonen leiden. Bij een productiviteitsverhoging zullen producten goedkoper worden, waardoor de vraag naar deze producten toeneemt (Acemoglu en Restrepo 2019). Een gro-

tere vraag heeft tot gevolg dat de vraag naar arbeid voor de taken die niet-gerobotiseerd kunnen worden toeneemt, waardoor lonen zullen stijgen. Acemoglu en Restrepo geven aan dat hiervan alleen sprake zal zijn wanneer de productiviteitswinst als gevolg van robotisering groot is. Wanneer robots slechts leiden tot een geringe productiviteitsverhoging, treedt het vervangingseffect wel op, maar wordt dit niet of nauwelijks gecompenseerd door een hogere vraag naar arbeid als gevolg van een hogere productiviteit.

Een tweede reden waardoor een hogere productiviteit niet altijd of slechts gedeeltelijk leidt tot een verhoging van de inkomens van werknemers, is dat het aandeel van arbeid in de toegevoegde waarde als gevolg van automatisering en robotisering is gedaald (Autor en Salomons 2018). Door Brynjolfsson en McAfee (2011) wordt in dit verband gesproken over *'the great decoupling'*. Tot ongeveer 1990 liep de ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit en de inkomens gelijk op, maar sinds die tijd wordt de productiviteitsgroei niet meer vertaald in een evenredige stijging van het inkomen van huishoudens.

Daarnaast zal technologisering ook zelf tot nieuwe banen leiden (Autor et al. 2003; Acemoglu en Autor 2011). Daarbij gaat het bijvoorbeeld om programmeurs, onderzoekers op het terrein van artificiële intelligentie, of ontwerpers van logistieke processen.

De nieuwe banen die ontstaan vragen over het algemeen om een hoger opleidingsniveau dan de banen die in gerobotiseerde bedrijven verdwijnen. Het gevolg hiervan is dat de uurlonen relatief stijgen door de introductie van robots op de werkvloer, maar dat de uitgaven aan inkomens, doordat er minder uren noodzakelijk zijn voor de productie, relatief dalen ten opzichte van andere bedrijven.

4.3.1 Empirisch onderzoek naar het effect van robotisering op het inkomen van werkenden

Naast de gevolgen van robotisering voor de beschikbaarheid van banen, is er in de laatste tien jaar ook steeds meer aandacht voor veranderingen in de beloning van arbeid (zie bijlage E). Het empirisch onderzoek naar de effecten van robotisering op het inkomen van werkenden beperkt zich tot op heden, net als het onderzoek naar de gevolgen voor de werkzekerheid, tot kwantitatief onderzoek naar het gebruik van industriële robots in bedrijven. Daarbij wordt in kaart gebracht wat de gevolgen zijn voor het uurloon van werkenden, afgezet tegen het uurloon van werkenden in andere sectoren of bedrijven waarin robotisering niet of minder is doorgevoerd, of wat de gevolgen zijn voor het gehele inkomen.

Robotisering lijkt positieve effecten te hebben op het uurloon van werkenden ...

In een studie onder zes EU-landen komen Chiacchio et al. (2018) tot de slotsom dat een toename van het aantal robots leidt tot een lichte afname van het uurloon van werkenden. Giuntella en Wang (2019) vonden voor China eveneens een negatief effect van robotisering op het uurloon van werknemers. Ander onderzoek wijst daarentegen juist op een positief effect van robotisering op het uurloon van werkenden. Graetz en Michaels (2018) concluderen dat het gemiddelde uurloon van werknemers in Europese landen toeneemt wanneer er sprake is van robotisering. Acemoglu et al. (2020) komen voor Frankrijk tot soortgelijke

bevindingen. Zij concluderen dat bedrijven die tussen 2010 en 2015 een robot aanschafte gemiddeld ook de uurlonen van hun medewerkers meer hadden verhoogd dan bedrijven waarin dat niet het geval was. Jung en Lim (2020) analyseerden gegevens van 42 geïndustrialiseerde landen, en vonden dat de groei van de werkgelegenheid weliswaar afneemt wanneer de robotdichtheid toeneemt, maar dat de uurlonen juist stijgen. Barth et al. (2020) geven aan dat er echter wel de nodige verschillen tussen werknemers kunnen optreden. Zij vonden dat robotisering in Noorse bedrijven gepaard ging met hogere beloningen voor managers, en in mindere mate voor technici en aanverwante functies, maar dat de uurlonen van productiemedewerkers en voor ongeschoold werk juist daalden.

... maar de effecten op het inkomen lijken daarentegen eerder negatief

Andere studies naar de effecten van robotisering richten zich op de ontwikkeling van lonen van werkenden. Compagnucci et al. (2019) gingen voor zestien geïndustrialiseerde landen, waaronder Nederland, na wat de effecten van robotisering zijn op zowel het gemiddelde uurloon van werknemers in bedrijven, als op hun totale loon. Zij vonden, in lijn met de bevindingen van Graetz en Michaels (2018), dat het gemiddelde uurloon steeg wanneer rekening wordt gehouden met het bruto nationaal product van de verschillende landen. Tegelijkertijd constateerden zij dat het gemiddelde loon per werknemer echter afneemt naarmate er meer van robots gebruik wordt gemaakt. Zij verklaren dit door het feit dat tegelijkertijd ook het aantal gewerkte uren in deze bedrijven terugliep.

Acemoglu en Restrepo (2020a) rapporteren een negatief effect van robotisering op de loonontwikkeling van werknemers. Tussen 1990 en 2007 namen de lonen van werknemers in de Verenigde Staten voor elke robot per duizend werknemers met gemiddeld 0,42% af. Andere studies wijzen eveneens in de richting van achterblijvende loonontwikkeling van werknemers onder invloed van toenemende robotisering. Dauth et al. (2017) concluderen dat Duitse werknemers in sterk gerobotiseerde bedrijfstakken hun lonen tussen 1994 en 2014 niet evenredig zagen stijgen in vergelijking met die van werknemers in minder gerobotiseerde bedrijfstakken. Ook wanneer werknemers in de auto-industrie, die in Duitsland de voornaamste afnemer van robots is, buiten de analyses werden gehouden, bleef dit verschil in inkomen bestaan. Hoewel het hierbij om een relatief beperkt bedrag per jaar gaat, kan dit voor individuele werknemers niettemin over de jaren heen tot een substantiële inkomensderving leiden in vergelijking met andere werknemers.

Koch et al. (2019) vonden in hun studie geen duidelijke effecten van robotisering op het loon van werknemers. Zij concluderen in hun studie onder Spaanse bedrijven dat het gemiddelde inkomen van werknemers in gerobotiseerde bedrijven niet significant verschilt van het inkomen van werknemers uit bedrijven waarin geen robots in het productieproces worden ingezet. Humlum (2019) vond daarentegen wel een positief effect op het salaris van werknemers. Door robotisering namen de lonen van werknemers gemiddeld met 0,8% toe. Humlum geeft aan dat voor de meeste beroepsgroepen sprake was van een lichte stijging van hun salaris als gevolg van robotisering, maar dat dit niet gold voor productiemedewerkers. Productiemedewerkers zagen hun lonen juist sterk dalen (afname van 6%).

Technisch geschoolde werknemers gingen er verhoudingsgewijs het meest in salaris op vooruit (toename van 2,3%).

Beperkte doorwerking productiviteitsverhoging naar lonen van werknemers

Daar waar er wel positieve effecten van robotisering op de werkgelegenheid en op het uurloon van werknemers worden gerapporteerd, wordt tegelijkertijd geconstateerd dat de productiviteitswinst vaak maar gedeeltelijk tot uiting komt in een inkomensgroei van werknemers. Graetz en Michaels (2018) concluderen dat er een groot verschil bestaat tussen de stijging van het uurloon van werknemers en de toename in productie als gevolg van robotisering. De productieverhoging komt met name ten goede aan de consument, en maar voor een relatief klein deel – Graetz en Michaels berekenen dat het om ongeveer 10% gaat – aan de werknemers in de vorm van een hoger uurloon. In het kwalitatief onderzoek wees Ronald Dekker op hetzelfde fenomeen:

Door robotisering stijgt de gemiddelde productiviteit. Dat leidt over het algemeen tot hogere inkomens. Daar zie je gemiddeld genomen nog niet zo heel veel van, dus de productiviteitswinst – voor zover die er is – is beperkt en komt eerder terecht bij kapitaalverschaffers en aandeelhouders dan bij de mensen die het werk doen. (Ronald Dekker, toenmalig beleidsmedewerker Ministerie van szw)

4.3.2 Contextuele effecten van robotisering op het inkomen

Een groot deel van de studies naar de effecten van robotisering op het inkomen van werkenden maakt gebruik van gegevens van een groot aantal landen (Carbonero et al. 2018; Chiacchio et al. 2018; Compagnucci et al. 2019; Graetz en Michaels 2018; Jung en Lim 2020). In de verschillende onderzoeken worden echter geen analyses op landniveau gedaan om na te gaan of zich tussen landen verschillende mechanismen voordoen, en om in kaart te brengen welke kenmerken van de verschillende landen eventuele verschillen zouden kunnen verklaren. De enige uitzondering vormt de studie van Jung en Lim (2020). Zij vonden dat in landen waarin een groter aandeel van de beroepsbevolking in productiebedrijven werkt, robotisering niet leidt tot significant hogere dan wel lagere uurlonen dan in landen waar de dienstensector juist relatief groter is. Daarentegen vonden Jung en Lim wel effecten voor de mate waarin werkenden zich georganiseerd hebben, en voor de mate waarin de arbeidsmarkt gereguleerd is. In landen waarin een groter aandeel werkenden lid is van een vakbond is ook het uurloon gemiddeld hoger. Hetzelfde geldt voor landen waarin sprake is van meer regulering ten aanzien van de arbeidsmarkt.

4.3.3 Differentiële effecten van robotisering op het inkomen

Lonen van hoogopgeleide werknemers nemen toe ten koste van laagopgeleide werknemers

Dauth et al. vonden dat de achterblijvende loonontwikkeling vooral betrekking had op uitvoerende werknemers op de werkvloer, terwijl de lonen van managers en juristen, maar ook van technisch personeel juist toenamen. Met name op de langere termijn was de loon-

ontwikkeling van technisch personeel het grootst. Ook het opleidingsniveau bleek van invloed op de ontwikkeling van hun inkomen. Voor lageropgeleiden vonden Dauth et al. geen duidelijke effecten in vergelijking met anderen, maar de loonontwikkeling van middelbaaropgeleiden bleef, met name in de periode 2004-2014, relatief sterker achter bij die van hogeropgeleiden (Dauth et al. 2017).

Enkele geïnterviewde experts wijzen er eveneens op dat de lonen van hoogopgeleiden zijn gestegen ten opzichte van de lonen van lager- en middelbaaropgeleiden. Dit wordt ook wel aangeduid als de *skill biased technological change* (Berman et al. 1998). Dit houdt in dat nieuwe technologieën de vraag naar hoogopgeleide arbeidskrachten sneller doen toenemen dan de vraag naar laagopgeleide krachten. Fabian Dekker, senior wetenschappelijk medewerker onderzoeksbureau SEOR, geeft aan dat robotisering vooral leidt tot een verschuiving op de arbeidsmarkt, waarbij er uitvoerend werk verdwijnt en er banen bijkomen waarvoor meer scholing vereist is:

Dus wat we wel weten zit vooral in die verschuiving op de arbeidsmarkt en dat is wel gekoppeld aan inkomensontwikkeling. Aan de bovenkant van de arbeidsmarkt zie je wel degelijk dat daar meer geprofiteerd wordt van technologische ontwikkeling dan onderin. Dus je ziet die inkomensontwikkeling ook positief toenemen aan de bovenkant. En bij middelbaar- en lageropgeleiden neemt het af. Dus ook hier toch weer een mattheuseffect.

Dekker geeft aan dat dit leidt tot relatief grotere inkomensverschillen tussen hoger- en lageropgeleiden. Dat geldt in het bijzonder voor hoogopgeleide functies die nodig zijn om met de nieuwe technologieën te kunnen werken, zo geeft een beleidsmedewerker bij het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (szw) aan:

Vaak zie je dan dat degenen die met die technologieën werken, zoals programmeurs, bakken met geld verdienen omdat ze iets kunnen dat heel veel mensen nog niet kunnen. En ook snel wat natuurlijk de productiviteit ten goede komt. [...] En als jouw taak simpeler wordt, dan kunnen meer mensen het eigenlijk doen, dus dan wordt jouw skill minder schaars.

Ook Graetz en Michaels (2018) concluderen dat er sprake is van een verschillende uitwerking voor verschillende groepen werkenden, waarbij met name laagopgeleiden duidelijke negatieve effecten op hun loon ervaren in vergelijking tot middelbaar- en hogeropgeleiden. Chiacchio et al. (2018) konden daarentegen in hun vergelijkende studie onder werknemers in Finland, Frankrijk, Duitsland, Italië, Spanje en Zweden geen ondersteuning vinden voor een sterkere teruggang in uurloon voor bepaalde beroepsgroepen. Ook voor opleidingsniveau rapporteren zij geen duidelijke effecten, al was er wel een indicatie dat robotisering het uurloon van laagopgeleiden eerder negatief dan positief lijkt te beïnvloeden. Voor de beroepsgroep van technici vonden zij echter geen positieve inkomenseffecten, hoewel zij constateren dat robotisering wel tot een toename aan werkgelegenheid voor technici leidt.

Onduidelijk of er specifieke leeftijdseffecten zijn voor robotisering in relatie tot inkomen

Chiacchio et al. (2018) vonden geen ondersteuning voor een verschil in beloning voor specifieke leeftijdsgroepen. Het uurloon van jongere werknemers tot 25 jaar wordt niet sterker of minder sterk beïnvloed dan dat van andere werknemers, en hetzelfde geldt voor oudere werknemers van 55 jaar en ouder. Verder onderzoek naar leeftijdsspecifieke effecten van robotisering op het inkomen ontbreekt echter vooralsnog. Het is om die reden lastig conclusies te trekken in hoeverre er van leeftijdsspecifieke effecten sprake is, en op welke wijze deze zich manifesteren.

4.4 Gevolgen van robotisering voor de werkdruk

Als determinanten voor de werkdruk wordt veelal onderscheid gemaakt naar taakeisen en naar de mate van autonomie waarover een werknemer beschikt (Karasek 1979; Karasek en Theorell 1992). Taakeisen kunnen betrekking hebben op de werkinhoud of gerelateerd zijn aan de werkcontext. Bij taakeisen ten aanzien van de werkinhoud gaat het om de hoeveelheid werk die men moet uitvoeren, de tijdsdruk waaronder deze taken uitgevoerd moeten worden en het werktempo, maar ook om de kwaliteitseisen die aan het werk gesteld worden, en de moeilijkheidsgraad of de complexiteit van de werkzaamheden. Taakeisen die met de werkcontext te maken hebben, hebben betrekking op onduidelijkheden of tussentijdse veranderingen in de taken die moeten worden verricht, taakinterrupties en onzekerheid of onduidelijkheden over de rol of de verantwoordelijkheden die men heeft. De autonomie of regelmogelijkheden van werknemers verwijzen naar de mate waarin men zelf kan bepalen hoe men de taken uitvoert, en deze ook zelf kan plannen.

4.4.1 Empirisch onderzoek naar het effect van robotisering op de werkdruk

Hoewel verlaging van de werkdruk in de literatuur regelmatig als een van de voordelen van robotisering wordt genoemd, is het empirisch onderzoek hiernaar vooralsnog beperkt. Het meeste onderzoek dat hiernaar gedaan is heeft betrekking op de interactie tussen mens en robot. Deze studies hebben met name tot doel te identificeren op welke wijze de besturing van robots en de afstemming op de werknemer het best kan worden vormgegeven. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om het type informatie dat door de robot wordt gegeven en de vorm waarin deze wordt aangeboden (vgl. Selkowitz et al. 2017; Wong en Seet 2017), de werkverdeling tussen mens en robot (vgl. Gombolay et al. 2017), of de mate waarin de robot adaptief kan reageren op de werkende in zijn taakuitvoering (vgl. Saeidi et al. 2017; Teo et al. 2018).

Slechts een gering aantal studies richt zich op verschillen in werkdruk tussen werkzaamheden die met of zonder robot worden uitgevoerd (zie bijlage F). Naast enkele kwalitatieve studies binnen de agrarische sector (vgl. Hansen 2015; Karttunen et al. 2016) gaat het hierbij vooral om kwalitatief onderzoek binnen de gezondheidszorg (Hubert et al. 2013; Law et al. 2020; Lee et al. 2014; Matsumoto et al. 2016; Moore et al. 2015). Onderstaand gaan we kort in op de belangrijkste uitkomsten uit deze studies. Aansluitend bespreken we in hoe-

verre hieraan meer algemene conclusies ten aanzien van de werkdruk kunnen worden verbonden.

Geen eenduidige conclusie over het effect van robotisering op ervaren werkdruk

In hoeverre er sprake is van fysieke of mentale werkdruk bij werkenden is voor een deel afhankelijk van de wijze waarop de robot in het arbeidsproces wordt ingezet. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt naar het gebruik van een robot als hulpmiddel, het samenwerken met een robot, en het monitoren van het werk van een robot (vgl. Freese et al. 2018). Het empirisch onderzoek naar de effecten op werkdruk heeft, een enkele uitzondering daargelaten, betrekking op het gebruik van een robot als hulpmiddel (vgl. Hansen 2015). Het samenwerken met en monitoren van robots is tot op heden niet of nauwelijks onderwerp van empirisch onderzoek naar werkdruk. Op grond van de gevonden empirische studies is het om die reden lastig om algemene conclusies te trekken over het effect van robotisering op de door werknemers ervaren werkdruk. De beperkte generaliseerbaarheid wordt nog versterkt doordat de studies voor het merendeel betrekking hebben op een specialistisch terrein, namelijk het opereren met behulp van een da Vinci-robot¹ – en zich met name op de mentale werkdruk richten en minder op de ervaren fysieke werkdruk. Dat neemt niet weg dat een deel van de studies ook fysieke kenmerken onderzocht heeft die wel indicatief zijn voor de fysieke werkdruk in de gezondheidszorg (Hubert et al. 2013; Luz et al. 2014). Hieruit komt naar voren dat er weinig indicaties zijn die erop wijzen dat de fysieke werkdruk van chirurgen voor gerobotiseerd opereren afwijkt van laparoscopische operaties². Hubert et al. (2013) vonden weliswaar dat de fysieke werkdruk bij gerobotiseerd opereren lager is dan bij andere operaties, maar die bevindingen werden niet bevestigd in onderzoek van Luz et al. (2014).

Werken met robotica kan de mentale werkdruk verminderen, maar dit hangt af van de context

Specifiek voor operaties met de da Vinci-robot geven beschikbare studies aan dat gerobotiseerd opereren kan leiden tot een lagere mentale werkdruk (Law et al. 2020; Lee et al. 2014; Moore et al. 2015). Weliswaar vonden Luz et al. (2014) dat opereren met behulp van de robot juist aanleiding gaf tot een hogere ervaren werkdruk, maar dat werd veroorzaakt door een van de aspecten van mentale werkdruk, namelijk de ervaren frustraties bij het opereren. Deze vonden hun oorsprong in de werking van de operatierobot die niet zo functioneerde als men wenste. Tegelijkertijd laat de studie zien dat de ervaren werkdruk van chirurgen soms van specifieke details afhankelijk is: wanneer het instrumentarium niet goed werkt levert dat ergernis en druk op omdat handelingen meer tijd vragen dan voorzien. Dat heeft niet zozeer met de keuze voor gerobotiseerd of niet-gerobotiseerd opereren te maken, maar meer met of het goed functioneert en zo georganiseerd is dat het voor hen prettig werkbaar is. Lee et al. (2014) komen tot een soortgelijke bevinding in hun onderzoek. De ervaren mentale werkdruk was gemiddeld geringer voor het werken met de operatierobot, maar dat gold vooral voor chirurgen die gewend waren om hun operaties met de robot uit te voeren, en voor novieten die nog weinig ervaring hadden met zowel

gerobotiseerd als laparoscopisch opereren. Voor degenen die vooral laparoscopisch opereerden en geen of zeer weinig ervaring met de operatierobot hadden, gold het tegendeel. Zij ervoeren juist een hogere mentale werkdruk bij het werken met de operatierobot. De studie van Lee et al. maakt duidelijk dat er weliswaar indicaties zijn dat gerobotiseerd opereren ertoe kan leiden dat chirurgen minder snel werkdruk ervaren, maar dat andere factoren, die veelal in de werkcontext of persoonlijke voorkeuren of ervaringen van chirurgen liggen, hierop een beduidend grotere invloed hebben.

Werkdruk hangt ook af van de mate van autonomie

Enkele experts wijzen erop dat robotisering tot meer werkdruk kan leiden als het betekent dat werkzaamheden van mensen heel nauwgezet gemonitord worden en werkgevers daarop sturen. Fabian Dekker schetst dat robotisering de mogelijkheden tot monitoring vereenvoudigt. Hij geeft aan dat hetgeen nu in andere werkcontexten, zoals de postbezorging, al gebruikelijk is ook in bedrijven toegepast kan worden:

De Sandd-bezorger loopt ook met een gps'je op z'n telefoon. Dus als hij post gaat bezorgen dan gaat de gps aan en dan kan in dit geval Sandd ook prima volgen waar iemand is en hoe lang iemand erover doet. Hetzelfde kan natuurlijk in de productiehal en in de grote magazijnen. (Fabian Dekker, senior wetenschappelijk medewerker onderzoeksbureau SEOR)

In het nieuws en op het internet verschijnen verslagen waaruit naar voren komt dat dit voor een deel ook al werkelijkheid is. In een artikel voor technologiewebsite *The Verge* beschrijft Dzieza (2020) hoe werknemers van Amazon in aparte 'kooien' klaarstaan om de producten aan te pakken die robots in een snel tempo aanleveren. Aan de hand van gegevens afkomstig van de robots moedigen opzichters met een laptop in de hand werknemers aan om het tempo bij te blijven houden. Het gevolg is een hoge werkdruk, die kan leiden tot fysieke en mentale klachten (zie ook Callahan 2019; Deming 2020; Evans 2019; O'Donovan en Bessinger 2019).

Afstemming van fysieke druk of tijdsdruk op individuele mogelijkheden van de werknemer

Aan de andere kant is er de ontwikkeling om het functioneren van cobots af te stemmen op de werknemers die hiermee moeten samenwerken. Landi et al. (2018) beschrijven de ontwikkeling van samenwerkende robots die aan de hand van een draagbare sensor om de pols van de werknemer waar kan nemen wanneer de werkstress bij de werknemer toeneemt. Wanneer hiervan sprake is, past de robot zich aan door extra ondersteunende handelingen te verrichten. Villani et al. (2019) beschrijven een vergelijkbaar systeem voor het besturen van en toezicht houden op een multi-robotsysteem. Wanneer de werkdruk te hoog wordt bij de toezichthoudende werknemer, past het gerobotiseerd systeem zich hieraan aan. De robot kan op die wijze ook rekening houden met verschillen tussen werknemers die met de robot werken.

Bij monitoring van de robot lijkt de fysieke werkdruk minder, maar kan de mentale werkdruk toenemen

Hansen (2015) laat in zijn studie onder Noorse melkveehouders zien dat het werk sterk veranderd is als gevolg van de melkrobots die zij gebruiken. Waar voor de melkveehouder de werkbelasting, en daarmee de fysieke werkdruk per koe weliswaar is afgenomen, zijn daar andere taken voor in de plaats gekomen, zoals het monitoren of er met bepaalde koeien problemen zijn. Door de schaalvergroting die door het gebruik van de melkrobot mogelijk is, leidt dat tegelijkertijd tot een overdaad aan gegevens. Een deel van de boeren geeft aan daar om die reden maar selectief gebruik van te maken, om alleen de belangrijkste informatie te gebruiken. Een van hen geeft aan:

Ik gebruik een paar verslagen die de robot geeft, dat heb ik zelf uitgedokterd [...] koeien die zich te laat laten melken enzovoorts, maar voor het beheren van de kudde maak ik gebruik van landelijke kuddegegevens in plaats van het beheerprogramma in de robot. Dat vind ik makkelijker. (Melkveehouder, geciteerd in Hansen 2015: 113)

Daarnaast geven zij aan dat de flexibiliteit wel is toegenomen, maar dat zij door het gebruik van de melkrobot nu voortdurend alert moeten zijn op storingen. Daardoor is de mentale werkdruk niet minder geworden, maar eerder toegenomen. Deze bevindingen zijn weliswaar niet zomaar te generaliseren, maar geven wel inzicht in hoe robotisering onbedoeld de mentale werkdruk kan verhogen (zie ook Karttunen et al. 2016).

In ons kwalitatief onderzoek gaven enkele deskundigen aan dat het omgekeerde echter ook het geval kan zijn. Twee experts wijzen erop dat robots relatief saai en gevaarlijk werk kunnen overnemen, en dat de mentale werkdruk die met dat werk gepaard gaat daarmee ook verlaagd kan worden. Een van hen stelt bijvoorbeeld dat als er door robotisering meer vraag naar uitdagend werk komt, dit de werkdruk positief kan beïnvloeden:

... je zou kunnen zeggen, doordat een bepaald type werk wegvalt, komt er meer vraag naar creatief werk, wat ook meer intrinsieke waarde heeft dan routinematig werk. Dat zou de werkdruk verminderen, want werkdruk komt niet per se omdat je hard werkt, maar omdat je frustraties hebt of het werk niet leuk vindt. (Erik Stam, hoogleraar Strategie, Organisatie en Ondernemerschap)

Daar staat tegenover dat een deel van de deskundigen aangeeft dat robotisering ook tot meer werkdruk kan leiden als alle makkelijke taken verdwijnen. Ronald Dekker oppert dat dan misschien wel leuker en interessanter werk overblijft, maar dat dit tegelijkertijd wel meer belastend kan zijn:

... die meer geestdodende taken van je werk [zijn] soms lekker [...] om maar even niet onder hoogspanning te hoeven werken. Als dat bij je weg wordt gehaald omdat een apparaat dat doet, dan wordt het werk misschien zwaarder. (Ronald Dekker, toenmalig beleidsmedewerker Ministerie van szw)

Beperkte generaliseerbaarheid

De besproken empirische studies in deze paragraaf hebben betrekking op twee zeer specifieke contexten waarin gebruik wordt gemaakt van robots. In de context van de operatierobot is daarbij bovendien sprake van een toepassing waarin de robot eerder een hulpmiddel is dan dat deze specifieke werkzaamheden of taken van werknemers heeft overgenomen. Bij de operatierobot is ook de mens *in control*: de chirurg stuurt de robot. Het voorbeeld van Amazon maakt duidelijk dat robots in veel gevallen worden ingezet op een wijze waarop zij veel indringender ingrijpen op de werkzaamheden die door mensen worden verricht. Daarbij kan de medewerker te maken krijgen met zowel een behoorlijke tijdsdruk of een hoog werktempo, als het volledig wegvallen van de autonomie ten aanzien van de werkzaamheden die hij of zij uitvoert. Gedegen empirisch onderzoek hiernaar ontbreekt echter vooralsnog.

4.4.2 Contextuele effecten van robotisering op de werkdruk

De gevonden studies naar de effecten van robotisering op de werkdruk gaan niet nader in op contextuele kenmerken die dit effect kunnen versterken of juist kunnen afzwakken.

4.4.3 Differentiële effecten van robotisering op de werkdruk

In de studies naar de effecten van robotisering op de werkdruk wordt niet ingegaan op verschillen naar opleidingsniveau, geslacht of leeftijd van degenen die met de robot moeten werken. Catchpole et al. (2019) geven aan dat de gevonden effecten echter niet altijd voor iedereen op eenzelfde manier uitwerken. In hun beschouwing van studies naar het gebruik van operatierobots geven zij aan dat door het gebruik van een dergelijke robot de werkdruk bij de chirurg verlaagd kan worden, maar dat het vaak leidt tot een verhoging van de werkdruk onder anderen die bij de operatie betrokken zijn, zoals operatieassistenten. De chirurg bevindt zich in veel gevallen in een andere ruimte, waardoor zich eerder communicatieproblemen en afstemmingsproblemen tussen chirurg en assistenten voordoen. Dit legt extra druk op de assistenten in de operatiekamer. Hoewel de resultaten van Catchpole et al. over een heel specifieke context gaan, laten deze wel zien dat, in teams waarin werknemers verschillende functies hebben of rollen vervullen, de ervaren werkdruk tussen medewerkers kan verschillen – en daarmee bijvoorbeeld ook tot verschillen in werkdruk naar opleidingsniveau kan leiden.

4.5 Gevolgen van robotisering voor betekenisvol werk

4.5.1 Empirisch onderzoek naar het effect van robotisering op betekenisvol werk

Met de inhoud van de werkzaamheden en taken als gevolg van robotisering lijkt ook de betekenis van het werk voor groepen werkenden te veranderen. Empirisch onderzoek hiernaar – met name gevalstudies naar percepties van werknemers over de invoering van robots op hun werkplek – is echter schaars. De verwachting dat het werk voor werkenden betekenisvoller wordt, of juist minder betekenisvol, wordt vooral afgeleid uit de aard van de werkzaamheden die door robots worden overgenomen – en bijgevolg niet meer door

werknemers hoeven te worden uitgevoerd. Uit de studies die gedaan zijn naar de mate waarin werkenden vinden dat hun werk uitdagender, eentoniger of interessanter is geworden komt het beeld naar voren dat dit sterk verschilt al naar gelang de werksituatie of de functie die men vervult (Barrett et al. 2012; James et al. 2013). Uit de interviews met deskundigen komen vergelijkbare inschattingen en observaties naar voren. Robotisering kan het werk betekenisvoller maken, namelijk interessanter, minder saai of minder zwaar. Maar het kan het werk ook geestdodender maken en daarmee juist minder betekenisvol.

Het zijn moeilijke vragen, omdat het zo'n verschil kan maken over welke beroepsgroep je het hebt en wat precies de vernieuwing is. Maar het verandert sowieso en ik denk als je een algemene uitspraak moet doen dat over de hele linie meer de routinetaken af zullen nemen. Dat zijn de taken die het eerst overgenomen worden denk ik door robots. Maar je kan niet zeggen dat het werk daardoor meer betekenisvol wordt. Dat verschilt heel erg per beroep. (Maria Peeters, hoogleraar Duurzame werkprestaties en digitalisering)

Het werk kan meer betekenisvol worden als onaantrekkelijke taken door robots worden overgenomen

Deskundigen die we interviewden geven aan dat de kwaliteit van werk van lager-opgeleiden kan verbeteren wanneer kort-cyclische en repetitieve taken en fysiek zwaar of vuil werk door een robot worden overgenomen. Erik Stam geeft aan dat de taken die door de robot worden uitgevoerd vaak de taken zijn die voor werknemers minder aantrekkelijk zijn:

... robotisering vindt vooral daar plaats waar routinematige taken door robots kunnen worden overgenomen. [...] Het goede nieuws is dat het vaak ook taken zijn die nogal geestdodend zijn en misschien weinig betekenisvol zijn. [...] dat dan werk wat heel suf en weinig inspirerend is niet meer gedaan hoeft te worden. (Erik Stam, hoogleraar Strategie, Organisatie en Ondernemerschap)

Doordat robots dergelijke repeterende taken overnemen, biedt het overgebleven werk meer uitdagingen, en worden de taken die werknemers moeten uitvoeren voor hen ook meer betekenisvol, zo betoogt Maria Peeters:

Ik denk dat het voor sommige beroepen een zegen kan zijn en dat de kwaliteit van het werk echt veel beter en uitdagender wordt. Dat saaie, repeterende taken overgenomen worden door robots is meestal alleen maar fijn en er blijft dus meer ruimte over voor uitdagende taken zou je kunnen zeggen. Dus in die zin is dat heel prettig en zal dat ten goede komen aan de ervaren zinvolheid van het werk. (Maria Peeters, hoogleraar Duurzame werkprestaties en digitalisering)

Maar het werk kan ook minder betekenisvol worden als robotisering leidt tot minder autonomie en afwisseling in taken

Aan de andere kant geven enkele geïnterviewde deskundigen aan dat robotisering ertoe kan leiden dat het werk eentoniger wordt en/of dat mensen minder autonomie in hun werk hebben. Freese et al. (2018) concluderen, op basis van interviews die zij met human-

resource managers hielden, dat er door robotisering resttaken over kunnen blijven die niet goed door robots kunnen worden verricht en waarbij het werk gereduceerd wordt tot het houden van toezicht of het controleren van de eindproducten. De eentonigheid en de verarming van het werk die robotisering met zich mee kan brengen, wordt ook door Jessica van Ruitenburg gesignaleerd:

Als je kijkt naar bepaalde sectoren, zoals bij de distributiecentra, daar wordt het werk ook eentoniger. Omdat ze eigenlijk alleen nog maar hoeven te blieden, en, ja, [...] bepaalde handelingen zijn overgenomen, zijn volledig geautomatiseerd, waardoor het werk heel eentonig wordt [...] maar ook soms wat zwaarder, omdat sommige dingen dan toch wel weer overblijven, en ook de kans op fouten toeneemt, omdat ze eentoniger werk doen. (Jessica van Ruitenburg, beleidsadviseur bij de FNV)

Ook Monique Kremer wijst erop dat de invoering van automatisch geleide voertuigsystemen in distributiecentra de eentonigheid van het werk vergroot:

Wij zien dat technologie negatief kan uitpakken voor de kwaliteit [van werk]. Je ziet dat al heel scherp in bijvoorbeeld distributiecentra, waar mensen aan een soort nieuwe lopende band staan, maar dan met de handscanner, waarbij ze dus gewoon moeten volgen wat er op die handscanner gebeurt en ook opgemeten wordt hoeveel producten zij in het mandje hebben gelegd binnen een minuut. (Monique Kremer, toenmalig senior wetenschappelijk medewerker WRR)

Kremer geeft aan dat robotisering er in sommige beroepen toe leidt dat werkenden meer gemonitord worden. Dat kan ervoor zorgen dat het werk voor werknemers minder betekenisvol wordt, zo geeft ook Fabian Dekker in ons onderzoek aan:

Er zijn ook, dat is heel interessant vind ik, recente studies van de European Foundation die zeggen: let op dat technologie niet zorgt dat werk standaardiseert. Dus dat is heel gek, je verwacht dat technologie zorgt dat al het routinematige werk eruit wordt gesneden en het werk interessanter wordt, zij suggereren nu en dat is nog geen hard onderzoek, maar dat is eigenlijk de hypothese op basis van wat ze zien, dat werk juist monotoner wordt. Waarom? Omdat het natuurlijk beter voorspelbaar wordt en als je met slimme algoritmes kan gaan werken kun je gaan monitoren en beheersen. (Fabian Dekker, senior wetenschappelijk medewerker onderzoeksbureau SEOR)

Freese et al. (2018) geven aan dat er weliswaar het gevaar is – hoewel dit in sterkere mate voor automatisering dan voor robotisering lijkt te gelden – dat werk minder uitdagend wordt door het toenemend gebruik van technologie op de werkvloer, maar dat sommige bedrijven gebruikmaken van taakrotatie om de negatieve gevolgen hiervan tegen te gaan. Zij verwijzen in dat kader naar de wijze waarop taken verdeeld worden in het nieuwe distributiecentrum van Albert Heijn:

Wat ook meehelpt is dat in tegenstelling tot wat door sommigen werd gevreesd, het toekomstige werk niet slechter van kwaliteit wordt, integendeel, na taakwaardering blijkt dat er niet zozeer eentoniger werk, maar juist ook ingewikkeldere taken bijkomen. Door middel

van taakrotatie wordt ook gewaakt voor de kwaliteit van de arbeid; overigens is dat met name ingestoken vanuit het idee om fysieke belasting te beperken. (Vera Dijkmans, directeur hr supplychain en Anne Dijkema, hr business partner van Albert Heijn, geciteerd in Freese et al. 2018: 73)

Tegelijkertijd laat bovenstaand citaat zien dat werkgevers waarschijnlijk eerder geneigd zijn te kijken naar de werkdruk van hun personeel, dan naar de mate waarin werknemers hun werk als betekenisvol ervaren.

4.5.2 Differentiële effecten van robotisering op betekenisvol werk

Robotisering kan verschillend uitwerken voor verschillende beroepsgroepen, en binnen organisaties zelfs leiden tot een 'uitruil' van betekenisvol werk, zoals onder meer Barrett et al. (2012) laten zien. Zij onderzochten het effect van de invoering van een gerobotiseerd medicijnsysteem in de apotheek. Waar apothekers voorheen de medicijnen die zij nodig hadden aan een balie doorgaven, waarna assistenten de medicijnen voor hen opzochten en deze aan hen overhandigden, is dat systeem met behulp van een robot geautomatiseerd. Barrett et al. vonden in de interviews dat apothekers zeer tevreden zijn met het systeem, omdat medicijnen sneller geleverd worden dan bij het handmatig verstrekken door de assistenten. Zij kunnen daardoor hun tijd voor een groter deel besteden aan meer inhoudelijke taken. Het werk werd interessanter, en zij voelen zich meer gekend in hun vakinhoudelijke expertise. Voor degenen die de medicijnen moesten halen was het omgekeerde het geval. Hun taak bestond min of meer alleen nog uit het 'laden' van de robot met medicijnen. Doordat medicijnen op een vaste plaats moesten worden gelegd – een taak die fysiek niet eenvoudig is – maakte dat het werk voor hen onaantrekkelijker dan in het oude systeem. Bovendien werd er minder een beroep gedaan op hun 'expertise': hun kennis waar de medicijnen stonden en in welke doses deze voorhanden waren.

Daarnaast bleek het gerobotiseerd systeem met enige regelmaat vast te lopen. Hoewel de assistenten vaak wisten wat de oorzaak was, waren zij niet geautoriseerd om problemen te verhelpen. Daarvoor waren technici aanwezig, die voor de invoering van het gerobotiseerde systeem een min of meer gelijkwaardige functie bekleedden als de assistenten. Voor de technici betekende de invoering van de robot dat hun status ten opzichte van de assistenten toenam. De studie laat zien dat, hoewel iedereen in principe de voordelen van de technologie ziet, het wel verstrekkende gevolgen heeft voor de inhoud van de verschillende functies. Niet iedereen profiteert in gelijke mate van de invoering van een robot: een deel van de werkenden ervaart dat zij zich daardoor niet meer met zaken hoeven bezig te houden waaraan zij geen betekenis onttelen; een ander deel ziet dat de verandering hen reduceert tot 'bediener van het systeem'. Dat heeft gevolgen voor de verantwoordelijk die men heeft, de status van het beroep, en de verhoudingen op de werkvloer (Barrett et al. 2012; James et al. 2013).

Een vergelijkbaar mechanisme wordt in de interviews ook door Jessica van Ruitenburg, beleidsadviseur Arbeid en zorg/armoede bij de FNV, geschetst:

Als je het altijd ontzettend leuk vond om aan auto's te sleutelen en nu alleen maar een machine hoeft aan te zetten, dan verliest het werk die waarde.

Werkenden ontlenen onder meer betekenis aan hun werk doordat ze ergens goed in zijn, en daardoor een eigen specifieke bijdrage kunnen leveren aan de uitvoering van het werk. Op het moment dat die taken door installatie van een robot gereduceerd worden tot taken die anderen net zo goed kunnen uitvoeren, verliest het werk aan waarde voor werknemers. Van Ruitenburg geeft aan dat het omgekeerde echter ook het geval kan zijn. Wanneer een werknemer geïnteresseerd is in de werking van robots, kan daardoor zijn of haar werk door robotisering ook waardevoller worden. Wanneer er met een cobot gewerkt wordt die reageert op handbewegingen of op spraak, kan een werknemer zich bijvoorbeeld van anderen onderscheiden doordat hij of zij weet hoe dat het meest effectief gedaan kan worden. Daarnaast kunnen werknemers waarde ontlenen aan het feit dat zij met een dergelijk kostbaar apparaat mogen werken.

Betekenisgeving wordt gestimuleerd wanneer werkenden zelf in control zijn

Steven Dhondt geeft aan dat werkenden hun werk als meer betekenisvol ervaren als ze het gevoel hebben dat ze in control zijn over de technologie. Hij verwijst in dat kader naar een experiment met robots dat werd uitgevoerd door René de Koster van de Erasmus Universiteit. Tijdens het experiment kregen mensen via een tablet instructies om zaken uit een magazijn te halen en in een zelfrijdend apparaat te leggen. De snelheid van het apparaat was voorgeprogrammeerd. Het bleek dat als iemand te horen kreeg dat hij controle had over de snelheid van het apparaat omdat dit afhankelijk was van zijn looptempo, die persoon zich *in control* voelde en het werk meer betekenisvol vond. Terwijl, als gezegd werd dat hij geen controle had over de snelheid van het apparaat en de persoon het gevoel had dat hij gestuurd werd, hij minder geïnteresseerd was, meer fouten maakte en zijn werkplek als minder positief ervoer.

... het onderzoek concludeert dat het feit dat je het gevoel hebt dat je het kunt, dat je controle hebt, [...] voldoende [is] om ervoor te zorgen dat je een betere werksituatie hebt. Zelf denk ik dat je wel daadwerkelijk ook controle moet geven. Je moet wel de mogelijkheid hebben om een situatie, zoals de instellingen van een robot, te kunnen wijzigen om van een betere werksituatie te kunnen spreken. (Steven Dhondt, senior research scientist bij TNO)

4.5.3 Contextuele effecten van robotisering op betekenisvol werk

De interviews met deskundigen en de gevonden studies naar de effecten van robotisering op de mate waarin werk door werkenden als betekenisvol ervaren wordt, gaan niet expliciet in op contextuele kenmerken die dit effect kunnen versterken of juist kunnen afzwakken.

4.6 Gevolgen van robotisering voor de ruimte om naast werken te zorgen en te leren

4.6.1 Empirisch onderzoek naar het effect van robotisering op de ruimte om te zorgen en te leren

Robotisering kan leiden tot een grotere flexibiliteit om zorgtaken te vervullen

De wetenschappelijke literatuur naar de effecten van robotisering heeft slechts zijdelings betrekking op de ruimte om werk met zorg en scholing te combineren (zie bijlage H). Waar studies ingaan op mogelijkheden om te zorgen en te leren, heeft dat met name te maken met de flexibiliteit die het gebruik van professionele servicerobots bieden. Hansen (2015) beschrijft in de kwalitatieve studie die hij onder melkveehouders in Noorwegen deed dat bijna alle boeren die hij interviewde aangaven dat zij door het gebruik van een melkrobot meer hun eigen tijd konden indelen, en relatief meer tijd overhielden voor gezins- en familieplichtingen. Zoals een van de melkveehouders met nog jonge kinderen het verwoordde:

Ik ben meer beschikbaar voor mijn kinderen gedurende de tijd dat ze wakker zijn. (Melkveehouder, geciteerd in Hansen 2015: 110, vertaling SCP)

James et al. (2013) gingen de gevolgen na van een automatisch systeem voor het klaar maken en leveren van medicijnen in een ziekenhuis. In de focusgroepen die zij hielden met apothekers in het ziekenhuis en met technici, kwam naar voren dat beide groepen vinden dat het systeem hen beter in staat stelt om werk met hun gezin te combineren. Als reden daarvoor gaven zij aan dat het systeem hun veel werk uit handen neemt, en waar men voorheen vaak moest overwerken om medicijnen tijdig te kunnen verdelen over de verschillende afdelingen en zalen, was dat nu niet langer nodig:

Je blijft gewoonlijk niet zo lang [op je werk]. Je gaat normaal gesproken op tijd weg. Op dezelfde tijd als ieder ander, terwijl voordat [het systeem werd ingevoerd] je dan nog veel werk had liggen dat je moest doen. (Geaccrediteerde controletechnicus, geciteerd in James et al. 2013: 113, vertaling SCP)

Door het systeem was het bovendien mogelijk om op afstand medicijnen naar afdelingen en ziekenzalen te versturen:

De robot stelt ons in staat om bepaalde items buiten kantooruren te versturen zonder in het ziekenhuis aanwezig te moeten zijn. Iemand heeft toegang tot de noodkast. Specifieke items voor een afdeling kunnen direct naar hen verstuurd worden. (Apotheker, geciteerd in James et al. 2013: 113, vertaling SCP)

De deskundigen die we interviewden spreken, waar het de effecten op de zorg voor kinderen of ouderen betreft, liever over digitalisering in brede zin dan over alleen de gevolgen van robotisering. Voor een deel zijn de door hen genoemde mogelijkheden echter ook van toepassing op bijvoorbeeld de inzet van zorgrobots, waarmee medewerkers patiënten of ouderen kunnen monitoren en met hen kunnen communiceren. Technologische hulpmid-

delen kunnen tot meer rust en ruimte leiden om te zorgen. Zo wijst Ingeborg Mussche, adviseur Werk en Mantelzorg, op het bestaan van digitale agenda's, bewegingssensoren bij personen met dementie en opdrachten via de televisie die blijven staan totdat de zorgvrager ze heeft uitgevoerd. Marjolein Broese van Groenou, hoogleraar informele zorg aan de Vrije Universiteit, geeft aan dat er veel technologische middelen worden ontwikkeld, maar dat het gebruik ervan nog beperkt is vanwege de kosten die eraan verbonden zijn:

Daar hebben we laatst ook over nagedacht, hoe werkt technologie nu door op mantelzorg? Nou, het zorgt dus in ieder geval dat je je naaste op afstand in de gaten kunt houden, dus dat biedt veiligheid en vertrouwen. Wat ook de technologie bevordert is de communicatie tussen de zorgverleners van je ouders en jou, dus een app of een digitale communicatie-toepassing, dat maakt de lijntjes veel korter, dat vergroot ook vertrouwen en het besef dat dat wat er gebeurt goed gaat.

Als functies uitdagender zijn geworden als gevolg van robotisering dan kan dat betekenen dat er meer ruimte ontstaat om te leren

Wanneer routinematige taken door een robot worden overgenomen, dan wordt het werk dat overblijft interessanter en de ruimte om te leren groter, zo geven enkele deskundigen aan. Andries de Grip, directeur van het Researchcentrum Onderwijs Arbeidsmarkt (ROA) en hoogleraar Training and the Labour Market aan de Universiteit Maastricht, wijst erop dat de ruimte om te leren echter sterk afhangt van de wijze waarop de technologie wordt ingezet. Als dat gebeurt op een manier waardoor mensen minder regelmogelijkheden krijgen, dan wordt het leren op de werkplek daardoor juist beperkt. Linda Kool geeft eveneens aan, waar het niet-formele scholing op de werkplek betreft, dat robotisering zowel positief als negatief kan uitwerken op scholingsmogelijkheden voor werkenden:

We zien dat robotisering enerzijds de ontwikkelmogelijkheden kan verrijken, en mogelijkheden kan bieden om werkenden op te leiden. Anderzijds zien we ook dat mede door robotisering en automatisering verarming, vervreemding en systeemdwang ontstaat: de werkenden doen de resttaken. (Linda Kool, themacoördinator Digitale Samenleving Rathenau Instituut)

Andries de Grip geeft aan dat mensen eigenlijk vanzelf leren wanneer ze door technologisering in hun werk met nieuwe dingen te maken krijgen. Cursussen zijn volgens hem alleen van belang als er iets heel nieuws wordt geïntroduceerd, bijvoorbeeld als een bedrijf besluit een deel van het productieproces te robotiseren. Maar als er vervolgens een soortgelijk apparaat voor andere werkzaamheden wordt ingezet, dan kunnen mensen het vaak van een collega op het werk leren. Technologische ontwikkeling creëert op die manier, zo geeft De Grip aan, continuïteit in het leren.

Als jij in een organisatie zit waar de technologie niet verandert dan leer je veel minder dan als er iedere keer wat nieuws gebeurt. Het is telkens niet alleen een uitdaging maar ook een deel van de oplossing. Behalve als het heel snel gaat of als het zoals we noemen destructief is, dat je opeens iets heel anders in een functie moet doen [...]. Dan moet je natuurlijk echt wel een cursus volgen of soms je zelfs omscholen. Dus het is eigenlijk een samenhangend

ecosysteem van leren en ontwikkelingen waarbij het informele leren een hele belangrijke rol speelt. (Andries de Grip, directeur Researchcentrum Onderwijs Arbeidsmarkt)

4.6.2 Differentiële effecten van robotisering op ruimte om te zorgen en te leren

Enkele deskundigen geven aan dat de ruimte om te leren nu al zeer verschilt naar opleidingsniveau. Hoogopgeleiden krijgen vaker scholing aangeboden in relatie tot technologie terwijl laagopgeleiden minder op hun vaardigheden vertrouwen en er meer moeite mee hebben.

Tanja van der Lippe, hoogleraar familiesociologie en organisatiesociologie aan de Universiteit Utrecht, refereert in dat verband aan een groot Europees onderzoek waar zij bij betrokken was. Hierin werden burgers gevraagd naar hun behoefte en deelname aan scholing in relatie tot technologie. Daaruit bleek dat vrouwen, lageropgeleiden en ouderen minder op hun vaardigheden vertrouwen dan mannen, jongeren en hogeropgeleiden. Paradoxaal genoeg zijn het in de praktijk echter juist hogeropgeleiden en jongeren die meer training krijgen in het omgaan met technologie.

Daar komt volgens enkele van de geïnterviewde deskundigen bij dat hogeropgeleiden er geen moeite mee hebben om zich bij te scholen als technologische ontwikkelingen dat noodzakelijk maken. Hogeropgeleiden kunnen snel schakelen, kunnen zich sneller aanpassen en hebben bovendien de middelen om zich bij te scholen. Dit in tegenstelling tot lageropgeleiden, voor wie scholing niet altijd makkelijk is volgens een paar experts. Jenny Kossen, toenmalig projectleider Platform Toekomst van Arbeid geeft aan dat lageropgeleiden meer schroom hebben om zich bij te scholen dan hogeropgeleiden en vaker dan hogeropgeleiden een slechte leerervaringen in het verleden met zich meedragen:

En dat zit erin dat lageropgeleiden wellicht minder vaardig zijn in het zich aanmeten van kennis en terughoudendheid voelen om weer naar school te moeten of iets te moeten leren. Ze hebben vaker een negatieve leerervaring gehad en denken: dat hoeft voor mij niet meer. Ik wil gewoon werken en mijn ding doen. Die mentaliteit helpt niet bij dit soort ontwikkelingen.

Dat wil niet altijd zeggen dat het besef ontbreekt bij lageropgeleiden dat zij zich moeten blijven scholen, maar naast de mentale drempels die zij ervaren hebben zij ook weinig ruimte om te leren als dit niet wordt gefaciliteerd, zo geven enkele deskundigen, waaronder Egbert-Jan Sol, aan:

Dus als jij mbo gedaan hebt en je bent nou 35, ja tijd om bij te scholen heb je ook niet, je was al niet zo goed in leren, dus je gaat toch al niet terug naar school en nou is eigenlijk de eis: je moet gaan bijscholen. Ja in de avonduren kun je dat ook niet van die mensen verwachten, want ze hebben kinderen en ze zijn nog met dit en met dat bezig, iedereen heeft het druk. Dus ja, hoe zorg je dat in de bestaande werktijd toch ruimte gaat komen dat die mensen meegenomen worden met die nieuwe technologie en dat ze die nieuwe apparatuur goed kunnen inzetten? (Egbert-Jan Sol, program director Smart Industry TNO)

Volgens Peet Ferwerda, beleidsadviseur bij het Friesland College en MBO Life Sciences, is het een misvatting dat laagopgeleiden niet in ontwikkeling zijn te brengen. Hij is ervan overtuigd dat iedereen een kern van leergierigheid en nieuwsgierigheid heeft en daarom ontwikkelbaar is. Gemiddeld genomen is er volgens hem met de juiste benadering veel meer te bereiken. Dit vraagt van werkgevers en opleiders wel een andere benadering, de juiste begeleiding, medewerkers serieus nemen en vragen mee te denken met problemen waar het bedrijf voor staat, aldus Ferwerda.

4.6.3 Contextuele effecten van robotisering op de ruimte om te zorgen en te leren

De interviews met deskundigen en de gevonden studies naar de effecten van robotisering op de ruimte om naast het werk te zorgen en te leren, gaan niet expliciet in op contextuele kenmerken die deze effecten kunnen versterken of juist kunnen afzwakken.

Noten

- 1 Met een da Vinci-robot kan een chirurg een complexe operatie via een kijkoperatie uitvoeren. De chirurg stuurt op afstand de robotarmen aan. De robot zet de bewegingen van de hand, pols en vingers van de chirurg om in precieze bewegingen van de medische instrumenten, waarbij onbedoelde bewegingen door trillingsvermindering zo veel mogelijk worden beperkt.
- 2 Een laparoscopische operatie is een kijkoperatie van de buikholte waarbij een klein sneetje in de buik wordt gemaakt. De chirurg ziet wat hij doet via een beeldscherm, maar voert zelf de operatie uit.

5 Toekomstige ontwikkelingen in de kwaliteit van werk als gevolg van robotisering

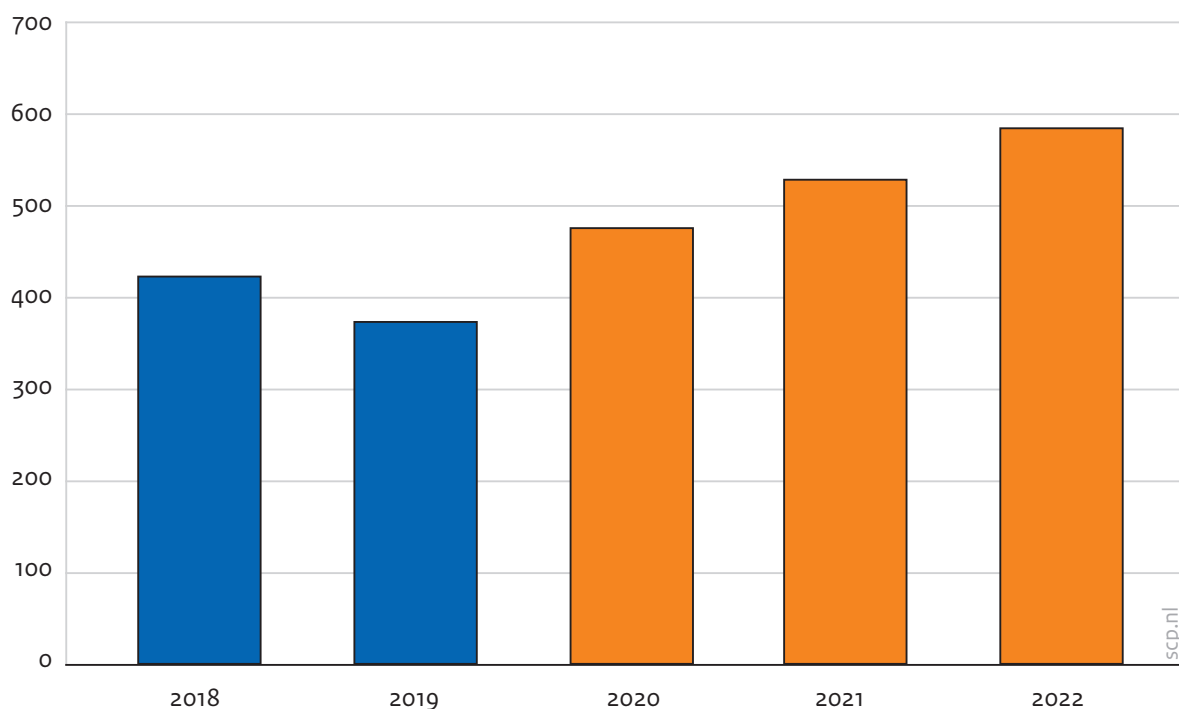
In dit hoofdstuk gaan we nader in op toekomstige ontwikkelingen van robotisering, en de mogelijke gevolgen hiervan voor de kwaliteit van werk. Dit doen we aan de hand van de wetenschappelijke literatuur en ons kwalitatief onderzoek. Onderstaand verkennen we allereerst hoe robotisering zich in de komende jaren zal ontwikkelen. Vervolgens worden factoren beschreven die de verdere adoptie en implementatie van robots in het arbeidsproces kunnen bevorderen dan wel afremmen. Tot slot gaan we in op mogelijke consequenties van een toename van robotisering op de kwaliteit van werk in 2030. We doen dat in twee stappen. Eerst verkennen we wat op de korte termijn mogelijke ontwikkelingen zijn als gevolg van de coronacrisis. Vervolgens gaan we in op ontwikkelingen met betrekking tot robotisering op de middellange termijn, tot aan 2030, en de consequenties hiervan voor de kwaliteit van werk.

5.1 Ontwikkeling van robotisering in de komende jaren

De algemene verwachting is dat de impact van robots in de komende tien jaar gaat toenemen (Deloitte 2019; Freese et al. 2018; oESO 2019). Robots hebben in de afgelopen jaren steeds meer ingang gevonden in bedrijven. In 2019 werden wereldwijd ruim 373.000 industriële robots verkocht (zie hoofdstuk 3). De verkoopcijfers over 2019 laten daarmee voor het eerst sinds jaren een daling ten opzichte van het voorgaande jaar zien. De oorzaak hiervan ligt, aldus de International Federation of Robotics (IFR 2020b), in de handelsspanningen tussen de Verenigde Staten en China, waardoor de vraag naar industriële robots vanuit China – verantwoordelijk voor de grootste groei in de afgelopen jaren – is afgezwakt. Voor 2020 is de verwachting van de IFR dat de verkoop van nieuwe robots vanwege de coronacrisis verder zal inzakken (IFR 2020b). In een eerdere prognose van voor de coronacrisis ging de IFR voor 2020 nog uit van een vergelijkbare afzet als in 2018. De inschatting van de IFR was dat de verkoop van industriële robots vanaf 2020 weer met ongeveer 12% zou groeien (IFR 2020b). In die verwachting zou de afzet van nieuwe industriële robots daarmee toenemen tot ruim 580.000 in het jaar 2022 (figuur 5.1).

Figuur 5.1

Prognoses wereldwijde afzet van aantal industriële robots per jaar, 2018-2022 (aantallen x 1000)^a



- a Voor 2018 en 2019 zijn in blauw de door IFR gerapporteerde feitelijke verkopen weergegeven; voor 2020 t/m 2022 zijn in oranje de prognoses van de IFR weergegeven op basis van verwachtingen van de IFR in 2019.

Bron: IFR (2019a, 2020b), bewerking SCP

Het lijkt aannemelijk dat de voorspellingen van de IFR voor 2021 en 2022 door het uitbreken van de coronacrisis niet zullen uitkomen, maar de verwachting is dat na een teruglopende vraag over 2020 binnen enkele jaren niettemin weer sprake zal zijn van groei (zie § 5.3).

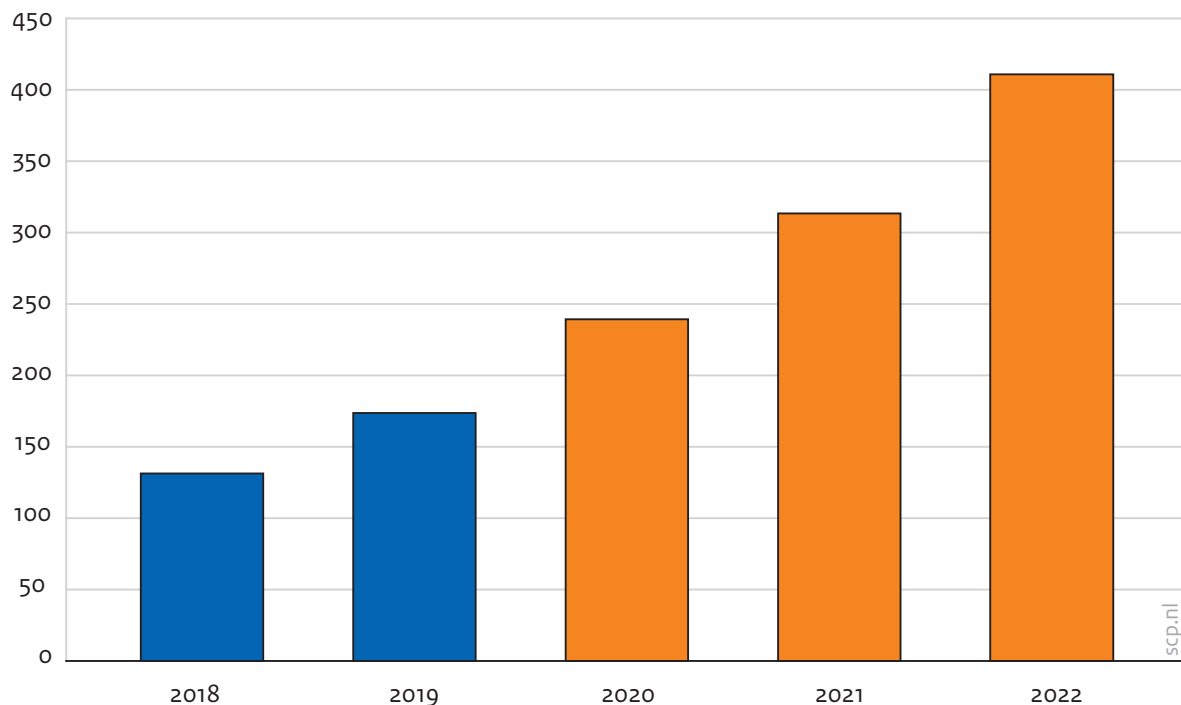
Sterke groei aantal cobots en professionele servicerobots

Dat geldt eveneens voor de verkoop van cobots (IFR 2019f). Waar het aandeel cobots nu nog een relatief klein deel van het aantal verhandelde industriële robots uitmaakt, is de verwachting dat dit aandeel in de komende jaren zal groeien. De groei die de IFR voorzag in 2019 voor professionele servicerobots is zelfs nog groter (IFR 2019g). De prognoses voor 2020 gingen ervan uit dat er in totaal meer dan 495.000 professionele servicerobots op de markt zouden komen – bijna een verdubbeling van de ruim 270.000 in 2018. Daarnaast verwachtte de IFR dat dit aantal vervolgens elk jaar zou groeien met ongeveer 41%, tot ongeveer 700.000 nieuwe robots in 2021 en ruim een miljoen nieuwe robots in 2022. Het is onduidelijk in hoeverre de voorspellingen van de IFR vanwege de coronacrisis moeten worden bijgesteld, maar de verwachting is dat de verkopen van professionele servicerobots minder geraakt zullen worden door de crisis dan de verkoop van industriële robots. Het is zelfs mogelijk dat de crisis een positief effect op de verkoop van professionele

servicerobots heeft, met name waar het de automatisch geleide voertuigsystemen betreft (zie § 5.3).

Figuur 5.2

Prognoses wereldwijde afzet van aantal professionele servicerobots per jaar, 2018-2022 (aantallen x 1000)^a



a Voor 2018 zijn de door IFR gerapporteerde feitelijke verkopen weergegeven; de cijfers voor de jaren 2019 t/m 2022 betreffen de prognoses van de IFR van eind 2019.

Bron: IFR (2019g), bewerking SCP

5.2 Bevorderende en remmende invloeden op verdere robotisering van werk

Uit de literatuur en uit de interviews die we met deskundigen hebben gehouden, komen enkele factoren naar voren die van invloed zijn op de adoptie en implementatie van robots in het werkveld. De eerste, en meest in het oog springende, is de stand van de techniek zelf. Daarnaast spelen kostenoverwegingen een rol. Een derde factor is de mate van acceptatie van de techniek. We bespreken deze drie factoren afzonderlijk, maar in de praktijk grijpen ze op elkaar in.

5.2.1 De stand van de techniek

Het merendeel van de huidige industriële robots bestaat uit robots die in een gecontroleerde fabriekssetting opereren (CBS 2019). Daarbij gaat het voor een groot deel om robots die in staat zijn om zeer nauwkeurig en met een zeer hoge snelheid specifieke bewegingen uit te voeren. Daarmee zijn ze zeer geschikt voor het verrichten van gestandaardiseerde taken, en worden ze met name ingezet in bedrijven waarin grote aantallen goederen worden geproduceerd. Het is vooralsnog echter lastig om deze robotsystemen ook buiten de

fabriekshal te gebruiken, waar de omstandigheden waarin de robot moet werken niet of minder gemakkelijk constant gehouden kunnen worden. Freese et al. (2018) geven aan dat er echter wel ontwikkelingen gaande zijn om industriële robots om te laten gaan met meer verschillende omstandigheden waaronder de robot moet werken. Naarmate industriële robots daartoe beter in staat zijn, zullen zij ook breder inzetbaar worden.

Doorontwikkeling van flexibiliteit en gebruikersgemak cobots

Vaak is het niet mogelijk het werkproces volledig te robotiseren, en worden op de werkplek robots naast mensen ingezet. Waar de eerste industriële robots inmiddels meer dan 50 jaar oud zijn, werden de eerste cobots pas aan het begin van deze eeuw op de markt gebracht. Cobots zijn ontwikkeld om met mensen in een gedeelde werkruimte samen te werken, of om in de onmiddellijke nabijheid van mensen hun taken uit te voeren. Om ervoor te zorgen dat de veiligheid van werknemers gewaarborgd wordt, zijn deze cobots zo ingesteld dat ze doorgaans hun bewegingen vertragen wanneer ze te dicht bij mensen komen en geheel tot stilstand komen wanneer mensen te dichtbij komen of er fysiek contact optreedt. Cobots zijn langzamer dan traditionele industriële robots, maar daarentegen flexibeler. Een belangrijk voordeel van cobots ten opzichte van traditionele industriële robots is dat cobots makkelijker te programmeren zijn. Met behulp van gebruiksvriendelijke software kunnen handelingen geprogrammeerd worden (Freese et al. 2018). Daarnaast wordt gewerkt aan manieren om cobots te programmeren door handelingen voor te doen of mondelinge opdrachten te geven. Het achterliggende idee is 'zero-programmeren' (TNO 2020). Cobots kunnen dan eenvoudiger ingezet worden voor relatief kortdurende taken of werkzaamheden.

De technologische ontwikkelingen van de afgelopen jaren hebben bijgedragen aan de verdere ontwikkeling van cobots, zo geeft ook Egbert-Jan Sol aan:

*[Cobots] zijn niet zulke hele zware robots, dus die kunnen geen grote gewichten optillen, die bewegen ook niet verschrikkelijk snel, daar kan je relatief veilig mee samenwerken. [...]
Cobots hebben best een hoge vlucht gekregen de afgelopen vijf jaar. Ook omdat daar een betere sensoriek op zit om ze te stoppen. (Egbert-Jan Sol, program director Smart Industry TNO)*

Door betere en kleinere computerchips kunnen ze sneller en energiezuiniger werken, waardoor ze meer taken kunnen uitvoeren en kleinere accu's nodig hebben. Deze ontwikkeling maakt het makkelijker om robots te produceren die niet via een kabel met een extern stroomnetwerk en computer zijn verbonden, zoals nu bijvoorbeeld vaak het geval is binnen industriële settingen. Dit brengt het weer een stap dichterbij dat robots op allerlei plekken in de samenleving kunnen worden ingezet (Cam et al. 2019; Deloitte 2019). Tegelijkertijd is de technologie nog niet zo doorontwikkeld dat cobots ook voor een groot aantal kleinere bedrijven en bedrijven die kleine series produceren een interessante optie zijn. Met name voor producten of onderdelen die allemaal van vorm verschillen of waarin veel afwijkende vormen voorkomen, zijn cobots op dit moment nog minder geschikt. Daarnaast zijn robots op dit moment minder geschikt om bepaalde taken uit te voeren of func-

ties te vervullen, bijvoorbeeld waar het gaat om sociale contacten met mensen. De verdere ontwikkeling van kunstmatige intelligentie kan helpen om dergelijke taken beter dan nu te kunnen verrichten, maar de ontwikkeling daarvan gaat langzaam (Upchurch 2018).

Ontwikkeling connectiviteit en gebruikersgemak bij servicerobots

Professionele servicerobots hebben de afgelopen jaren een grote vlucht genomen, en de verwachting is dat de ontwikkeling van deze servicerobots de komende jaren door zal zetten (Deloitte 2019). Kenmerkend voor een groot deel van deze robottoepassingen is dat – daar waar industriële robots herprogrammeerbaar zijn om in een gecontroleerde omgeving verschillende taken uit te kunnen voeren – veel servicerobots juist gemaakt zijn om een min of meer vaste taak uit te voeren in een niet of beperkt gecontroleerde omgeving. Connectiviteit met hun omgeving is dus van groot belang. Dat geldt voor veel AVG-systemen, waarin de verschillende voertuigen moeten voorkomen dat ze botsen met andere voertuigen die zich in dezelfde ruimte bewegen, maar ook voor inspectierobots of militaire drones die op afstand bestuurd worden. Door de recente ontwikkelingen in kunstmatige intelligentie, 5G-netwerken, en ontwikkelingen in de sensor- en chiptechnologie is juist bij dit type robots steeds meer mogelijk. Deze robots kunnen door middel van sensoren hun omgeving beter registreren ('beter voelen'), door middel van chips en kunstmatige intelligentie die informatie beter en sneller verwerken ('sneller denken') en als gevolg hiervan beter handelen. Dit maakt het mogelijk om servicerobots in allerlei sociale sectoren, zoals de zorg, breder in te zetten (Deloitte 2019; Freese et al. 2018). Daarmee wordt de toepasbaarheid van robots vergroot in sectoren waarin nu nog geen, of slechts relatief weinig, robots worden gebruikt.

Waar sommige professionele servicerobots min of meer zelfstandig functioneren, geldt voor andere dat zij door mensen, vaak op afstand, bestuurd worden. Er vindt veel onderzoek plaats naar de wijze waarop de interface tussen robot en mens het best kan worden vormgegeven, om degene die de robot bestuurt voldoende en tijdige informatie te geven, maar te voorkomen dat er een *overload* aan informatie ontstaat (vgl. Reinerman-Jones et al. 2017; Wong en Seet 2017).

5.2.2 De kosten van robotisering

Een andere reden die van invloed is op de adoptie en implementatie van robots op de werkvloer betreft de kosten die gepaard gaan met de aanschaf en installatie ervan. Steven Dhondt van TNO geeft aan dat deze kosten voor de aanschaf van een robot nauw samenhangen met de technologische vooruitgang die in de afgelopen jaren is geboekt:

Maar wat we ook merken en wat we ook allemaal weten is dat de prijs van een robot elk jaar daalt. Dat komt door leereffecten in de technologie. En dus, ja in principe [kun] je [erop] wachten dat je meer robots gaat aantreffen. (Steven Dhondt, senior research scientist TNO)

Technologieleveranciers in ons land geven ook aan dat de kosten in de afgelopen jaren 'dusdanig gedaald zijn dat de inzet van innovatieve automatiserings- of robotiserings-

toepassingen voor hun klanten kan lonen' (Freese et al. 2018: 30). Daarbij gaat het niet alleen om de aanschaf van de robot zelf, maar ook om de kosten om deze aan te passen aan de eisen die er in een specifieke werkcontext worden gesteld. Doordat sensoren goedkoper worden, en het programmeren minder tijd vraagt, dalen ook de kosten die daarmee gemoeid zijn. Tegelijkertijd zijn er ook factoren die de kosten – zeker als robots wereldwijd een hoge vlucht nemen – juist zouden kunnen verhogen. Upchurch (2018) wijst in dit verband op grondstoffen en mineralen die voor de productie van robots nodig zijn, zoals indium, gallium, germanium en lithium. Bij een snelle groei van robotisering zullen deze schaarser worden, hetgeen prijsverhogend kan werken.

Belemmerend voor de adoptie van robots zijn de kosten voor de aanpassingen in het arbeidsproces

Daarnaast heeft robotisering vaak ook consequenties voor de wijze waarop het arbeidsproces is ingericht. Dat betekent, zoals Linda Kool aangeeft, dat het gehele proces tegen het licht gehouden moet worden, en moet worden veranderd:

Om daadwerkelijk robotisering door te voeren moet het hele arbeidsproces op de schop. Dat is vaak een grote investering, en wordt daarom vaak nog uitgesteld. [...] Robotisering van het bedrijfsproces is geen optelsom van een robot 24 uur per dag laten werken, arbeidskosten besparen en zo goedkoper uit zijn. [...] Er komen andere kosten bij, zoals cybersecurity, er kan ander personeel nodig zijn, en er ontstaan andere afhankelijkheden: wat betekent het voor het bedrijf als de machine uitvalt? Robotisering of automatisering is daardoor niet altijd, of vanzelfsprekend, de beste keuze voor een bedrijf, in tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt. (Linda Kool, themacoördinator Digitale Samenleving Rathenau Instituut)

Robotisering houdt veelal in dat de bestaande logistieke processen veranderen, en dat werkplekken aangepast moeten worden. De investeringen die hiermee gemoeid zijn, kunnen een belemmering vormen om een robot aan te schaffen. Dat geldt in sterkere mate voor het midden- en kleinbedrijf.

Kosten van robotisering versus loonkosten

De financiële afweging die bedrijven en andere organisaties maken is voor een deel gebaseerd op de kosten van een robot in verhouding tot de besparingen die de aanschaf ervan oplevert. Bij het laatste gaat het voor een belangrijk deel om de lonen van werknemers die het werk uitvoeren dat door een robot kan worden overgenomen. Onderzoek laat zien dat in landen of sectoren waarin de lonen hoger zijn, men eerder overgaat tot robotisering (Cho en Kim 2018; Jung en Lim 2020). Nederland heeft relatief hoge loonkosten, waardoor het economisch eerder lonend kan zijn om te robotiseren (Freese et al. 2018: 60). Wanneer de loonkosten door andere ontwikkelingen verder stijgen, bijvoorbeeld doordat door vergrijzing de beroepsbevolking afneemt, dan dalen de relatieve kosten van robotisering verder en zal het voor werkgevers vanuit financieel oogpunt steeds aantrekkelijker worden om in robots te investeren.

5.2.3 Maatschappelijke acceptatie van robots

Naast technische en financiële overwegingen spelen ook sociale en culturele aspecten een rol. Daarbij gaat het allereerst om de mate waarin robots geaccepteerd worden door degenen die ermee moeten werken. De mate van acceptatie onder werkenden hangt nauw samen met de reden om robots in te voeren. Wanneer robots worden ingevoerd om het werk van werknemers sneller of nauwkeuriger uit te voeren, is de kans groter dat zij afwijzend staan tegenover robots dan in situaties waarin een robot wordt gebruikt om de werkdruk van medewerkers te verlichten. Lageropgeleiden, zo laten Dekker et al. (2017) zien, hebben een grotere vrees voor de invoering van robots dan hogeropgeleiden. Daarnaast is de angst voor robotisering sterker onder met name werknemers op de werkvloer en werklozen – ook wanneer rekening is gehouden met hun opleidingsniveau. De vrees die men heeft voor robots op de werkplek is relatief groot onder hen die niet met robots geconfronteerd zijn op de werkvloer (Dekker et al. 2017). Wanneer men met robots werkt of heeft gewerkt, wordt waarschijnlijk veel van de bezorgdheid die men heeft weggenomen. Werkenden lijken zich hierbij niet zo zeer te laten leiden door de feitelijke situatie, maar door hun toekomstverwachting over die situatie (Brougham en Haar 2017).

Minder acceptatie van robots in landen met een hogere werkloosheid

In Europese landen waarin sprake is van een relatief hoog werkloosheidspercentage hebben werkenden een grotere angst voor robots (Dekker et al. 2017). De reden daarvoor is waarschijnlijk dat werkenden in deze landen de kans lager inschatten dat zij een andere baan kunnen vinden wanneer zij werkloos worden. In landen waarin er sprake is van een hogere organisatiegraad onder werkenden – in de vorm van het lidmaatschap van een vakbond – hebben werkenden juist minder vrees voor robotisering. Mogelijk wordt dat veroorzaakt door het feit dat vakbonden zich zullen verzetten tegen vergaande robotisering wanneer dit gepaard gaat met het verlies van banen. Werknemers kunnen in protest komen als ze verwachten dat hun banen verdwijnen of dat ze onder druk van robots slechtere arbeidsomstandigheden moeten accepteren (Upchurch 2018).

Bij de invoering van robots spelen aspecten mee die te maken hebben met de manier waarop we de samenleving hebben vormgegeven, en hoe we denken over de rol die machines daarin kunnen hebben. Waar robots maatschappelijk geaccepteerd zijn in de ruimtevaart, het reddingswezen, de productie van goederen, transport en logistiek, en de landbouw en veeteelt, staan mensen huiveriger tegenover toepassingen in de kinderopvang, ouderenzorg en gehandicaptenzorg, maar ook in het onderwijs (Savela et al. 2018). Dergelijke zaken liggen niet vast, maar veranderen soms maar erg traag, of hebben een directe aanleiding nodig om te veranderen. Ook dat kan van invloed zijn op de snelheid waarmee beschikbare techniek wordt ingevoerd.

Acceptatie hangt af van de voorkeuren van werknemers

Voor een deel spelen normen en waarden die verankerd zijn in de cultuur van een land of regio, zoals de mate van onzekerheidsvermijding, een rol. Voor een ander deel zijn het ook heel persoonlijke opvattingen of voorkeuren die van invloed zijn op de acceptatie van

robots. Sommige werknemers werken liever met een mens samen, terwijl andere meer open staan voor het werken met een robot (Lichtenthaler 2019). Dat speelt bij het bedienen van traditionele industriële robots, maar in nog sterkere mate bij het werken met cobots (Meissner et al. 2020). Daarbij spelen verschillende facetten een rol. Naast persoonlijke voorkeuren gaat het daarbij om de mate waarin werknemers verwachten dat zij door de robot hun werk beter kunnen doen, en het gebruiksgemak van de robot (Lichtenthaler 2019). Waar bij traditionele industriële robots de besturing bestaat uit ‘een druk op de knop’, vindt de interactie tussen de werknemer en de cobot meer plaats door bijvoorbeeld gebaren van de werknemer. Wanneer cobots hier beter, ‘meer menselijk’, op reageren zal dat de acceptatie van de cobot waarschijnlijk bevorderen.

Acceptatie van robot door de klant of patiënt

Niet alleen de acceptatie door werknemers die met de robots moeten werken speelt een rol, maar ook de mate van acceptatie door de ‘klant’ speelt mee. Een producent kan bij de inzet van personeel en machines afzien van een oplossing die productietechnisch efficiënt is omdat de klant liever iets anders ziet. Zo liet Becker (1957) al zien dat de voorkeuren van klanten een rol kunnen spelen bij de keuzes die producenten maken bij de inzet van medewerkers. Voor met name een deel van de professionele servicerobots geldt een vergelijkbare argumentatie. Wanneer verpleegkundigen of verzorgers gedeeltelijk ontlast kunnen worden door de inzet van een robot, dan dient dit voor de patiënt of de oudere die verzorging nodig heeft eveneens acceptabel te zijn. Daarbij spelen zaken als zich ‘gezien’ of ‘gehoord’ voelen een rol (Borenstein 2009; Fleming 2018: 24).

Voor sommige zaken roept inzet van robots ook morele vragen op. Parks (2020) betoogt dat, hoewel robots zware taken in de zorg kunnen overnemen, het gebruik van robots moreel-ethisch onwenselijk is omdat je daardoor kwetsbare mensen contact met andere mensen ontnemt.

5.3 Gevolgen van de coronacrisis voor de verdere robotisering van werk

Verwachte dip in de verkoop van industriële robots als gevolg van de coronacrisis

De coronacrisis zal de trend van de afgelopen jaren, met een steeds groeiende vraag naar industriële robots, doorbreken. Fabrikanten van robotsystemen verwachten voor 2020 een afname in de vraag naar industriële robots, voornamelijk vanwege een teruglopende investeringsbereidheid van bedrijven.¹ Een afname van de afzet van robotsystemen als gevolg van de crisis is ook op basis van eerdere ervaringen met de financiële crisis te verwachten: omzetten en winsten liepen sterk terug. Dat maakte voor sommige bedrijven kostenbesparingen noodzakelijk.

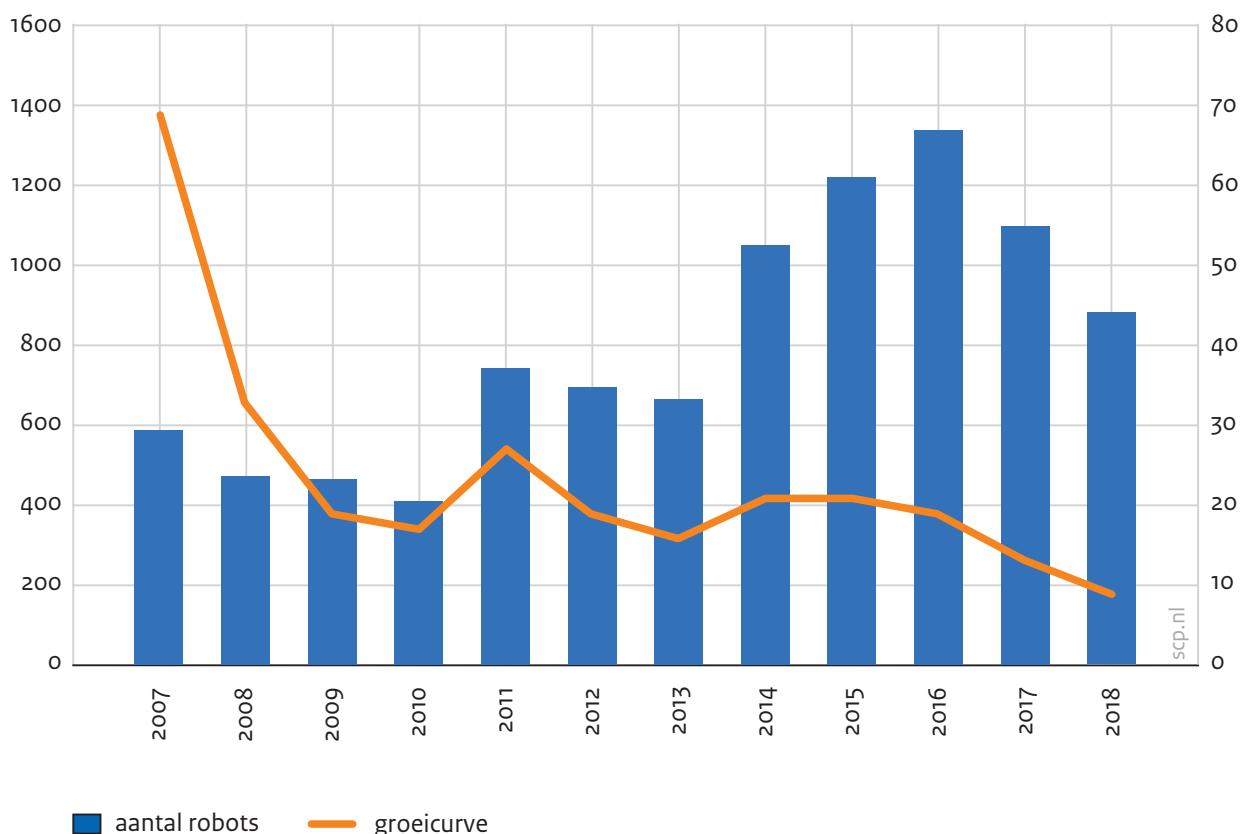
Uit de cijfers van de IFR bleek dat, na een aanvankelijke groei van het aantal robots aan het begin van deze eeuw, de groei in de jaren 2005-2008 stabiliseerde, waarna de verkoop van robots tussen 2008 en 2009 drastisch terugliep (zie hoofdstuk 3). In de jaren daarna nam de groei wereldwijd weer sterk toe.

Acemoglu en Restrepo (2020b) laten zien dat landen hierin echter wel duidelijk verschillen. De financiële crisis leidde in Duitsland en de Verenigde Staten tot een kortstondige stagnatie van de robotdichtheid. Waar in beide landen het aantal robots per werknemer vanaf 2009 echter weer duidelijk toenam, herstelde de eerdere groei in landen als Noorwegen, Spanje en het Verenigd Koninkrijk zich daarentegen niet na de crisis.

Net als andere Europese landen kende Nederland een afname van de groei na het begin van de financiële crisis (zie figuur 5.3), maar was er – anders dan bijvoorbeeld in het Verenigd Koninkrijk, Noorwegen en Spanje – sprake van hernieuwde groei na enkele jaren. Het is nog onduidelijk of de coronacrisis een vergelijkbare uitwerking zal hebben op de technologische innovatie van bedrijven als tijdens de financiële crisis van 2008. Daarbij komt dat de groeicijfers in ons land in de afgelopen tien jaar hoger lagen dan gemiddeld in Europa, maar dat de groei juist in de afgelopen jaren weer enigszins is afgenomen. Daardoor is het lastig in te schatten wat precies de gevolgen van de coronacrisis zullen zijn voor de robotisering in 2020 en 2021.

Figuur 5.3

Ontwikkeling van de groei van industriële robots per jaar in Nederland, 2007-2018 (in absolute aantallen en percentages)^a



a Op de linker verticale as is de groei van het aantal industriële robots ten opzichte van het daaraan voorgaande jaar in absolute aantallen weergegeven (blauwe staven in de figuur); op de rechter as is deze groei als percentage van het totaal aantal beschikbare robots in het voorgaande jaar weergegeven (oranje lijn).

Bron: ING (2019); Van den Brink (2020), bewerking scp

Hoewel de gevolgen van de huidige crisis moeilijk te voorspellen zijn, lijkt de vraag echter niet zozeer of de investeringen in robotisering in 2020 zijn afgenomen, maar meer hoe ingrijpend de verwachte afname in ons land zal zijn. Onderzoekers van Interact Analysis, een bureau voor marktonderzoek in de automatiseringsbranche, schatten dat de verkoop van robots in 2020 wereldwijd af zou nemen met 3,7%, waar in de prognoses voor 2020 eerder nog op een sterke groei was gerekend (Xiao 2020). Wel verwacht Interact Analysis dat het aantal verkochte robots in de jaren na 2020 weer jaarlijks toeneemt, zelfs wanneer de coronacrisis langer aanhoudt; maar dat de groeicijfers tot aan 2023 wel lager zullen zijn dan in de jaren tot aan 2019 gebruikelijk was.²

Mogelijk vertraging in aanschaf van cobots op de werkvloer

De algemene verwachting is dat de verkoop van cobots in het komende decennium zal toenemen, maar tegelijkertijd wordt geconstateerd dat de huidige generatie cobots in de komende jaren verder doorontwikkeld moet worden om voor een groter aantal bedrijven en instellingen interessant te worden (Freese et al. 2018). Door de coronacrisis zou deze verdere ontwikkeling vertraging op kunnen lopen. Bedrijven hebben minder financiële mogelijkheden om robots te kopen en tegelijkertijd hebben de producenten van robots minder financiële middelen om robots te ontwikkelen. Weliswaar ontbreekt het vooralsnog aan betrouwbare cijfers over de gevolgen van de crisis voor de investeringen in robotica, maar de signalen zijn dat deze teruglopen.³ De investeringen die gedaan worden lijken bovendien maar beperkt – enkele investeringen naar sensoren en beeldherkenning daargelaten – gericht op innovaties die voor de verdere ontwikkeling van cobots van belang zijn.

Coronacrisis als stimulans voor de verkoop van servicerobots

Tegelijkertijd lijkt de coronacrisis op een aantal andere terreinen het gebruik van robots juist te stimuleren. Door de coronacrisis is het online winkelen door consumenten toegenomen (CBS 2021). Dat geldt zowel voor de online verkopen van winkels, als voor postorderbedrijven en webwinkels. Hoewel de verkopen na april 2020 aanvankelijk weer wat terugliepen lagen deze aan het eind van 2020 weer boven het niveau van de eerste lockdown in het voorjaar van dat jaar. Bij een groot deel van de logistiek voor online verkopen worden robots ingezet. Het is nog niet bekend in hoeverre dit ook geleid heeft tot uitbreiding van bijvoorbeeld mobiele robots, maar het lijkt aannemelijk dat daarin door grotere online verkopers geïnvesteerd is, of dat investeringen gepland zijn.

Gebruik van servicerobots in de gezondheidszorg

Het gebruik van robots in de gezondheidszorg is niet nieuw. Er wordt gebruikgemaakt van operatierobots in de chirurgie, en servicerobots worden ingezet voor transport van medicijnen. Maar juist omdat in de huidige crisis het bewaren van afstand en desinfectie belangrijk zijn, ligt het inzetten van robots voor de hand. Zo verscheepte het Deense uvd honderden van haar *ultraviolet light disinfection*-robots naar ziekenhuizen in China en Europa.⁴ In ongeveer tien tot vijftien minuten desinfecteren deze robots door middel van

uv-straling ruimtes waarin patiënten hebben gelegen. In het nieuws verschenen daarnaast berichten dat ziekenhuizen robots inzetten om de toestand van patiënten te monitoren en om voor gezelschap te zorgen, om zo de werkdruk voor personeel te verminderen.⁵ Daar waar voor de crisis vooral verhoging van de kwaliteit van gezondheidszorg genoemd werd, werd er nu gewezen op het vrijmaken van schaarse menskracht voor activiteiten die niet te automatiseren zijn, en op het verminderen van infectiegevaar voor het verzorgend personeel. Yang et al. (2020) geven aan dat de pandemie daarmee een nieuwe fase in het onderzoek naar en het gebruik van robots kan inluiden. Concreet zien zij toegenomen mogelijkheden om robots in te zetten bij het identificeren en behandelen van patiënten in risicovolle settingen, bijvoorbeeld als er sprake is van een virus of bij groepen die in quarantaine zijn, en bij het routinematig controleren op ziektes. Een overzicht van praktijkvoorbeelden van robots in de media laat zien dat robots voor een deel ook al voor bovengestane doeleinden worden ingezet (Murphy et al. 2020).

Toepassing van servicerobots voor monitoring coronamaatregelen

Ook buiten de zorgsector worden sinds het uitbreken van de coronacrisis robots voor verschillende doeleinden ingezet. Het overzicht van Murphy et al. (2020) laat zien dat in de media vooral veel toepassingen naar voren kwamen die te maken hebben met de openbare veiligheid. Daarbij ging het in veel gevallen om het handhaven van de maatregelen die waren afgekondigd om verdere verspreiding van het virus tegen te gaan. Via drones, maar in enkele gevallen ook via mobiele robots op de grond, werd nagegaan waar grote groepen mensen samenkwamen en drukte ontstond. Voor een deel werden de robots daarbij niet alleen voor detectiedoeleinden ingezet, maar ook om mensen te waarschuwen. Daarnaast werden zowel drones als grondrobots ingezet om de openbare ruimte te ontsmetten. In beperkte mate werden robots ook gebruikt om door middel van temperatuurmetingen na te gaan of burgers op straat of in openbare ruimtes besmet waren met het virus. Hoewel dergelijke toepassingen minder gebruikelijk zijn in Europa, geven ze niettemin wel zicht op hoe de coronacrisis het gebruik van robots kan bevorderen.

Servicerobots in dienstverlenende sectoren

Behalve in de zorg en voor de openbare veiligheid zijn robots ook in tal van andere omgevingen ingezet. Dat geldt onder meer voor sectoren die relatief hard getroffen worden door de crisis. Met name hotels en de horeca oriënteerden zich op de mogelijkheden om robots in te zetten na de uitbraak van COVID-19 (Seyitoğlu en Ivanov 2020). Een hotel in Beijing zette bijvoorbeeld een roomservicerobot in die ze al eerder hadden aangeschaft, maar die ze destijds te traag en onhandig vonden.⁶ De Amerikaanse hamburgerketen *White Castle* neemt personeel werk uit handen door robot Flippy achter de bakplaat te zetten. Het gaat om een robotarm die al in 2018 werd ontwikkeld en ongeveer 150 hamburgers per uur kan bakken.⁷ Dichter bij huis begroette een servicerobot klanten bij de Albert Heijn in Slikkerveen en informeerde hen over de richtlijnen voor klanten.⁸ Seyitoğlu en Ivanov (2020) opperen dat deze initiatieven voor een deel structureel ingang zullen vinden. Het toerisme en de horeca zullen ook na de crisis verder inzetten op robots, zo is hun inschat-

ting, in de vorm van bijvoorbeeld servicemedewerkers, gidsen, koks, obers en schoonmakers.

Onduidelijk wat de invloed van de crisis is op de verdere robotisering

In hoeverre de verwachting van Seyitoğlu en Ivanov (2020) reëel is, is op voorhand niet aan te geven. In elk van de bovenstaande voorbeelden waarin een robot wordt ingezet, ging het om bestaande technologie, die in veel gevallen niet doelmatig of niet geschikt was bevonden voordat de crisis zich voordeed (vgl. Jongejan 2020). Dat neemt niet weg dat een deel van de toepassingen haar waarde bewijst, en op bredere schaal gebruikt gaat worden, of een aanzet geeft tot verbeteringen in de bestaande robots. Daarbij spelen technische en financiële overwegingen een rol, maar juist de coronacrisis kan in sociaal opzicht van invloed zijn op de mate waarin robots in het dagelijks leven een meer geaccepteerd verschijnsel worden. Door *social distancing* speelt het leven van mensen zich af in een beperkte sociale kring. Contact met een robot in plaats van menselijk contact, bijvoorbeeld bij het winkelen of in de horeca, kan daardoor meer geaccepteerd worden. Het tegenovergestelde zou echter ook kunnen blijken wanneer de crisis voorbij is. Door social distancing worden we ons mogelijk meer bewust van de meerwaarde die het contact met andere mensen heeft, dat we er bewust voor kiezen om dit te handhaven. Door de crisis kan de ontwikkeling naar meer robotisering in de dienstverlening ook weer ‘terug kantelen’. Dat hoeft tegelijkertijd niet te betekenen dat robots dan geheel verdwijnen, zoals Ronald Dekker – voor het uitbreken van de coronacrisis – aangaf:

Tot mijn vreugde zie ik nu een verzekeraar die adverteert met het feit dat je bij hem nog mensen aan de telefoon krijgt, die je echt kunnen helpen. En die kun je heel goed ondersteunen met dit soort artificial intelligence of softwarerobots, zal ik maar even zeggen. Dan kan je het werk ook beter, kwaliteitsvoller en betekenisvoller maken. Maar daar liggen heel veel keuzes van de bedrijfsleiding tussen. Dat hangt niet een-op-een samen met de techniek, maar hangt af van hoe de techniek wordt ingezet in zo'n organisatie. (Ronald Dekker, toenmalig beleidsmedewerker Ministerie van szw)

Al met al lijkt het nog te vroeg voor conclusies. De beperkingen door corona lijken ons te sturen in een richting van meer werk op afstand, minder direct contact tussen mensen, en dus meer gebruik van technologie. Tegelijk beperkt een zware economische crisis ons in de mogelijkheden tot grootschalige investeringen.

5.4 Robots en de kwaliteit van werk in 2030

Het is lastig om voorspellingen te doen over de toekomstige ontwikkelingen – zeker over een periode van tien jaar. De prognoses over de mate waarin robotisering zich verder ontwikkelt, kijken niet verder dan drie tot vier jaar vooruit (vgl. IFR 2019f, 2019g). De deskundigen die we spraken vonden het om die reden ook moeilijk om specifiek aan te geven wat robotisering in 2030 zal betekenen voor de kwaliteit van werk. Tegelijkertijd is men het er wel over eens dat robotisering door zal zetten. Maar waar de meeste geraadpleegde des-

kundigen verwachten dat dit niet zeer ingrijpend zal zijn in de komende tien jaar, geven andere aan dat zij zich kunnen voorstellen dat er tot aan 2030 technologische doorbraken kunnen zijn die robotisering in een stroomversnelling brengen. Zeker op de wat langere termijn is het moeilijk om te voorspellen of robotisering van het arbeidsproces zich meer evolutionair dan wel revolutionair zal voltrekken, zo geeft ook Toon Taris aan:

De impact van technologie wordt op korte termijn altijd overschat en op langere termijn juist onderschat. Dus ik vind dat lastig om in te schatten hoe snel dingen gaan gebeuren... En heel veel dingen die je nu kunt bedenken ten aanzien van robotisering, automatisering, techno-‘whatever’, die zijn niet morgen geïmplementeerd, maar plotseling zal het zo zijn dat het er wel is. Tien tegen één verzint iemand een makkelijkere applicatie of maakt het hele proces goedkoper en dan is het opeens zover. (Toon Taris, hoogleraar Sociale, Gezondheids- en Organisationspsychologie)

Hoewel enkelen een plotselinge groei van robots niet uitsluiten, gaan de meeste deskundigen die we interviewden er niettemin van uit dat robotisering meer geleidelijk ingang zal vinden. Een belangrijke reden daarvoor is dat veel verwachtingen en voorspellingen uitgaan van de potentie van technologie en daardoor geneigd zijn om – in ieder geval op de korte tot middellange termijn – een te rooskleurig beeld te schetsen. Daaraan ligt de veronderstelling ten grondslag dat het huidige onderzoek naar nieuwe technologie op redelijk korte termijn tot bepaalde innovaties zal leiden, en dat innovaties relatief eenvoudig opgeschaald kunnen worden. De praktijk is vaak weerbarstiger. De feitelijke mogelijkheden van robotisering worden daardoor vaak overschat, zoals ook Ronald Dekker aangeeft:

Ik geloof dat Robert Went wel eens zegt [...]: ‘Technology overpromises and underdelivers’. Dat is belangrijk. Dus een zelfrijdende auto, die hadden we tien jaar geleden al gehad toch? [...] Maar de zelfrijdende auto, de bedrijven die daar mee bezig zijn, [...] die moeten toch toegeven: ja, nee volgend jaar lukt het niet. En over tien jaar ook nog niet, want er zijn gewoon te veel problemen die voor mensen heel makkelijk te tackelen zijn en voor die artificial intelligence-systemen of robots of hoe je noemen wilt, heel lastig blijken. (Ronald Dekker, toenmalig beleidsmedewerker Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid)

Dat wat potentieel mogelijk is, wordt lang niet altijd toegepast en bovendien kan het lang duren voordat het breed ingang vindt (zie ook kader 5.1).

Het enige wat ik eigenlijk kan zeggen, maar dan krijg je dus een conservatief standpunt, is dat ik geen reden zie om aan te nemen dat wat we in de afgelopen tien jaar gezien hebben, in de komende tien jaar totaal anders zal zijn. Op grond daarvan zou mijn verwachting zijn dat ook in de komende tien jaar niet heel grote effecten te verwachten zijn. Maar dan veronderstel je dat ontwikkelingen zich min of meer lineair doorzetten. En of dat juist is, nogmaals, dat weten we niet. (Paul de Beer, hoogleraar Arbeidsverhoudingen)

Kader 5.1 Onderbenutting van technologische mogelijkheden

Een McKinsey-studie gaf in 2017 al aan dat wereldwijd ongeveer 50% van al het werk kon worden geautomatiseerd op het moment dat alle bewezen technologie in de praktijk zou worden gebracht. In werkelijkheid was het percentage werk dat geautomatiseerd was echter hooguit 1%. Als we naar de toekomst willen kijken, en daarmee naar 2030, dan blijkt het ook lastig in te schatten hoeveel groei er gaat zijn. Er is veel onzekerheid over zowel ontwikkeling van de techniek, maar ook over de snelheid van de adoptie. Dat weerspiegelt zich ook in de bandbreedte van de in het McKinsey-rapport gehanteerde scenario's: volgens een scenario van late adoptie zou er tot aan 2030 bijna geen verandering in de mate van robotisering komen. In het extreme scenario daarentegen is in 2030 al bijna 30% van al het werk geautomatiseerd. Het geeft aan met welke variatie samenleving en beleid rekening moeten houden als het gaat om beleid inzake de toekomst.

Bron: Manyika et al. (2017)

5.4.1 De gevolgen van robotisering voor de werkzekerheid in 2030

De discussie over de gevolgen van robotisering voor de werkgelegenheid komt, zoals in hoofdstuk 1 aangegeven, voort uit de verwachting dat veel van de huidige werkzaamheden beter en sneller door robots dan door mensen gedaan kunnen worden, en dat robots deze werkzaamheden in de toekomst steeds meer van mensen zullen overnemen (Arntz et al. 2016; Brynjolfsson en McAfee 2014; Frey en Osborne 2013; Frey en Osborne 2017). Frey en Osborne analyseerden in 2013 dat binnen een tijdvak van ongeveer twintig jaar 47% van de banen in de Verenigde Staten daardoor zou kunnen verdwijnen. In ons land staat een vergelijkbaar percentage banen als gevolg van automatisering en robotisering op de tocht, zo becijferde Deloitte in 2014. Deze voorspellingen gaan uit van een relatief snelle opmars van robotisering op de werkplek. Door de snelheid van de veranderingen zouden werkenden hier niet of onvoldoende snel op kunnen anticiperen, en zou er – in de woorden van Keynes (1930/1963) – grote 'technologise werkloosheid' onder de beroepsbevolking ontstaan.

De uitkomsten van deze onderzoeken zijn om verschillende redenen bekritiseerd. Allereerst richten de onderzoeken zich alleen op bestaande functies, en wordt er geen rekening gehouden met functies die door robotisering – of andere technologische ontwikkelingen – ontstaan. Daarnaast nemen de onderzoeken de verdeling van werkenden over de verschillende beroepen, zoals deze zich ten tijde van hun analyses voordeed, als uitgangspunt voor hun voorspellingen. Het ligt echter in de rede dat beroepen die vatbaar zijn voor automatisering en robotisering gaandeweg minder nieuwe mensen zullen trekken. Jongeren zullen vaker voor andere beroepen kiezen. Ten derde gaan de onderzoeken uit van de kans dat een specifiek beroep zal verdwijnen, op grond waarvan het wordt geclassificeerd als een beroep waarvan de werkzaamheden waarschijnlijk geautomatiseerd of gerobotiseerd worden, dan wel als een beroep waarvoor dit niet geldt. Met name Arntz et al. (2016) hebben laten zien dat vaak maar een deel van de taken van de verschillende beroepen te automatiseren zijn. Slechts een kleiner deel van de banen is op middellange tot lange termijn vol-

gens hen volledig te vervangen door automatisering of robotisering. Voor het andere werk blijven mensen nodig om – al dan niet in combinatie met een robot – de taken uit te kunnen voeren. Bij de inschatting van Deloitte (2014) voor Nederland lijken ook om andere redenen vraagtekens gesteld te kunnen worden. Wanneer er een groot aantal banen verloren zou gaan, lijkt het aannemelijk dat dit voor een deel al in de afgelopen jaren merkbaar zou zijn geweest. Hoewel niet uit te sluiten is dat de werkloosheid als gevolg van robotisering in de komende tien jaar toeneemt, en mogelijk zelfs snel zal toenemen, lijken de voorspellingen desondanks aan de hoge kant.

Wanneer robotisering zich daarentegen in een vergelijkbaar tempo doorzet als in de afgelopen jaren, zoals de meeste deskundigen in ons onderzoek verwachten, zal het aantal industriële robots in ons land jaarlijks met tussen de 800 en 1400 robots blijven groeien.⁹ Over de impact van een robot op de werkgelegenheid verschillen de empirische studies, maar studies die naar het effect in verschillende Europese landen hebben gekeken komen tot een schatting van ongeveer twee tot drie arbeidsplaatsen die door de aanschaf van een industriële robot zijn verdwenen (Carbonero et al. 2018; Chiacchio et al. 2018; Compagnucci et al. 2019). Dergelijke schattingen zijn met de nodige onzekerheden omgeven. Bovendien zijn de schattingen gebaseerd op een ‘netto’ verandering in het aantal arbeidsplaatsen, waarin ook nieuw gecreëerde – en vaak andere – banen in de cijfers verdisconteerd zijn. Dat betekent dat het aantal werknemers dat hun werkzaamheden door een robot overgenomen ziet worden feitelijk hoger zal liggen. Niettemin geeft het een indruk van de reikwijdte van robotisering op de werkgelegenheid wanneer de huidige ontwikkelingen zich min of meer onveranderd doorzetten.

Negatief effect op werkgelegenheid wordt waarschijnlijk gedempt door diensteneconomie

Bij dergelijke inschattingen wordt er tegelijkertijd van uitgegaan dat het absorptievermogen van industriële bedrijven om robots te gebruiken ongewijzigd blijft. Afgaande op de robotdichtheid in landen als Duitsland en Zweden – of internationaal gezien Singapore, Zuid-Korea en Japan – lijkt in Nederland nog de nodige potentie in de industriële sector aanwezig om verder te robotiseren. Daar staat echter tegenover dat deze landen een grote auto- en/of elektronicasector kennen, waar deze – in ieder geval wat betreft de auto-industrie – in ons land minder omvangrijk is. Op dit moment zijn het met name deze sectoren waar een groot deel van de industriële robots terecht komt. Ook wanneer andere industriële sectoren in de jaren tot aan 2030 een relatief grotere afnemer van robots worden, zal de impact hiervan voor Nederland vermoedelijk minder ingrijpend zijn dan voor veel andere geïndustrialiseerde landen. Freese et al. (2018) geven aan dat de maakindustrie in Nederland relatief beperkt is. De dienstverlenende sector is in ons land relatief belangrijker dan in veel van onze buurlanden, zo geven ook Linda Kool en Monique Kremer aan:

Nederland is nog niet zo'n gerobotiseerd land als je het vergelijkt met sommige andere landen, zoals Duitsland, waar bijvoorbeeld in de auto-industrie en andere maakindustrie veel robots worden ingezet. Onze economie zit anders in elkaar, met een grote dienstverleningssector. In die zin is het van belang om niet alleen te kijken naar hoeveel robotarmen Neder-

land inzet, maar ook naar automatisering met behulp van software ... (Linda Kool, thema-coördinator Digitale Samenleving Rathenau Instituut)

We hebben een dienstverlenende economie, dus we hebben maar weinig industrie en maar een heel beperkt aantal robots in onze fabrieken, als je naar de statistieken kijkt, [...] het gaat ook breder over technologie, over artificial intelligence en over digitalisering, daar gaat het over in Nederland. (Monique Kremer, toenmalig senior wetenschappelijk medewerker WRR)

De dienstverlenende sector leent zich minder voor de inzet van industriële robots, aangezien het daarin grotendeels om interpersoonlijk contact draait, en maatwerk veelal centraal staat (Freese et al. 2018).

Beperkt effect van mogelijke groei van cobots op werkzekerheid

Mogelijk vertraagt de huidige coronacrisis de verdere ontwikkeling van cobots. De verwachting is niettemin dat met name cobots zullen bijdragen aan de verdere groei in industriële robots in de komende tien tot vijftien jaar. Een toename van het aantal cobots zal effect hebben op het aantal arbeidsplaatsen. Robots zullen een deel van de taken van werknemers overnemen, waardoor er minder inzet van mensen nodig is om deze uit te voeren. Tegelijkertijd is de verwachting echter dat deze effecten veel minder verstrekkend zullen zijn dan bij het gebruik van industriële robots, waar immers bepaalde taken geheel door robots worden uitgevoerd. Het ontbreekt echter voornamelijk aan onderzoek naar de effecten van cobots op de werkzekerheid van werknemers om de gevolgen hiervan goed in te kunnen schatten.

Professionele servicerobots zullen vooral complementair aan het werk zijn

Een andere ontwikkeling die in de komende tien jaar mogelijk belangrijk wordt, is de groei van professionele servicerobots. Voor een deel worden deze robots al op ruime schaal ingezet, bijvoorbeeld waar het AGV's in distributiecentra of melkrobots in de melkveehouderij betreft. De verwachting is dat de groei zich in deze sectoren in de komende jaren verder doorzet, maar dat professionele servicerobots daarnaast ook in andere sectoren ingang zullen vinden. In het interview dat we hadden met Paul de Beer gaf hij aan dat het daarbij wel de vraag is in hoeverre de verschillende sectoren zich daadwerkelijk lenen voor robotisering, en hoe snel deze ontwikkeling zich zal voltrekken:

Maar hoe breed dat is, bijvoorbeeld in de zorg is dat gewoon een open vraag. Ik denk dat het daar veel aannemelijker is dat robots, voor zover ze ingezet gaan worden, vooral ter ondersteuning van het zorgpersoneel [zijn], dan dat ze zorgpersoneel overbodig gaan maken. Bekende voorbeelden, zoals een tilrobot, kunnen het werk van een verpleegkundige bijvoorbeeld fysiek minder zwaar maken, maar het zal zeker niet de verpleegkundige overbodig maken. Of als mensen thuis een soort zorgrobot hebben, mensen die bijvoorbeeld bedlegerig zijn, of hulpbehoevend zijn, dan is dat vooral bedoeld om een signaal te kunnen doorgeven van: er is hulp nodig. Misschien als de robot jou, als je bijvoorbeeld niet kunt

lopen, 's ochtends uit bed tilt en naar de badkamer draagt, terwijl er nu fysiek een persoon moet komen, dan zou dat misschien werk overbodig kunnen maken. (Paul de Beer, hoogleraar Arbeidsverhoudingen)

De Beer verwacht dat de effecten hiervan voor de werkgelegenheid in een sector als de zorg beperkt zullen zijn. Hetzelfde lijkt te gelden voor sectoren als het onderwijs, of voor het gebruik van inspectierobots of drones voor militaire doeleinden. Inzet hiervan zal naar verwachting – bijvoorbeeld in de zorg en het onderwijs – vooral complementair zijn aan de taken die medewerkers uitvoeren, of om hun takenpakket te verlichten zodat zij zich meer op andere taken kunnen richten (vgl. Kangasniemi et al. 2019). Hiervan zijn geen noemenswaardige effecten op de werkgelegenheid te verwachten. Dat geldt in nog sterkere mate voor andere toepassingen, zoals bijvoorbeeld inspectierobots. Deze robots zijn vooral hulpmiddelen die werknemers in staat stellen om bepaalde taken uit te voeren die anders niet mogelijk waren geweest, of te gevaarlijk zijn. Voor zover dit effect heeft op de werkgelegenheid zal het, vanwege het feit dat deze robots onderhouden moeten worden en deels door mensen bestuurd of gemonitord moeten worden, eerder banen scheppen dan dat banen erdoor verdwijnen.

Werkgelegenheid en werkzekerheid

Het is de vraag wat de bovenstaande ontwikkelingen op het terrein van de werkgelegenheid zullen betekenen voor de werkzekerheid van werknemers. Uit onderzoek komt naar voren dat robotisering in de industriële sector met name banen van laagopgeleide en in mindere mate middelbaaropgeleide werknemers onder druk zet (Acemoglu en Restrepo 2020c; Chiacchio et al. 2018; Graetz en Michaels 2018). Laagopgeleide werknemers lopen daardoor een grotere kans hun baan te verliezen. Het zal lastig zijn om een vergelijkbare baan elders te vinden, aangezien deze banen door robotisering eveneens onder druk staan. Zonder bij- of omscholing lijkt de werkzekerheid van deze werknemers derhalve gering.

Wat veel problematischer is denk ik, is dat bepaalde typen werk aan het verdwijnen zijn en dat zijn dus met name die relatief eenvoudige, fysiekachtige taken zeg maar. Die staan onder druk. Dat betekent dat het verdomd lastig is om een baan te vinden voor de mens die normaal gesproken dat soort taken zou uitvoeren. Daar zit een serieus probleem. (Toon Taris, hoogleraar Sociale, Gezondheids- en Organisatiepsychologie)

Als het gaat om de werknemers die direct betrokken zijn bij het werken met hoogwaardige industriële robots ligt dat echter anders. De machines zijn duur, en veel van het werk dat door mensen wordt gedaan vereist specialistische, vaak technische, kennis en vaardigheden. Robotisering lijkt daarom niet zo makkelijk met tijdelijke krachten te combineren te zijn. Ook de krapte op de arbeidsmarkt zal, aldus de geïnterviewden, mogelijk aan een verdere investering in werknemers bijdragen. Vanwege het tekort aan technisch personeel zullen werkgevers met name bereid zijn om in deze mensen te investeren.

Wat er gebeurt is dat werkgevers niemand meer op de arbeidsmarkt kunnen vinden. Dus je zou het met robotsystemen kunnen gaan doen maar de zittende populatie begrijpt er niet

veel van. Je kunt ook niemand op de markt vinden en als je wel iemand vindt dan heeft die een uurtarief wat veel te hoog is. Dus wat gaat de werkgever over een aantal jaren doen, hij gaat investeren in de goede mensen die hij in huis heeft, vaak wel met een technische achtergrond, zodat zij die begrijpen en kunnen gebruiken. (Egbert-Jan Sol, program director Smart Industry TNO)

Daar liggen ook kansen voor een deel van de lageropgeleiden die werkzaam zijn in sectoren waarin gerobotiseerd wordt. Weliswaar ontstaan er nieuwe banen die vragen om een hoger opleidingsniveau, of om een zeer specialistische opleiding, maar veel van het werk dat blijft kan waarschijnlijk door lageropgeleiden – met wat aanvullende scholing – gedaan worden, zoals ook Ronald Dekker aangeeft:

Over het algemeen vereist nieuwe technologie meer opleidingsniveau dan oude technologie. Daar zit dus een probleem. Maar omdat het proces niet zo snel gaat als iedereen beweert, valt dat dus ook alles mee. En het is vaak zo dat wanneer je wat lager of praktischer opgeleid personeel meeneemt in de technologische verandering en ze daarbij betreft, dan gaan ze ermee leren werken en vloeien niet zo snel af. (Ronald Dekker, toenmalig beleidsmedewerker Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid)

Daarmee kan voor een deel van de lageropgeleiden werkzekerheid behouden blijven. Voor een ander deel, door de verwachte afname van werkgelegenheid als gevolg van robotisering, zal de werkzekerheid afnemen.

5.4.2 De gevolgen van robotisering voor het inkomen van werknemers in 2030

De discussie over de gevolgen van robotisering op het inkomen van werkenden is nauw verbonden met de ontwikkelingen ten aanzien van de werkgelegenheid die men voorziet. Wanneer de productiviteit en de werkgelegenheid groeien in bedrijven die gebruikmaken van robots, zullen ook de lonen toenemen.¹⁰ Zoals in de voorgaande paragraaf is beschreven, is de verwachting dat verdere robotisering in de industriële sector zal leiden tot een verlies aan banen, met name bij werknemers die laaggeschoold werk verrichten. Op basis van onderzoek naar de relatie tussen robotisering en lonen, is de verwachting dat een dergelijke groei van industriële robots negatieve effecten zal hebben op het inkomen van werknemers.¹¹ Over de grootte van de effecten op het inkomen verschillen studies, waarbij studies in de Verenigde Staten (Acemoglu en Restrepo 2020a) en China (Giuntella en Wang 2019) grotere effecten rapporteren dan de studies die geheel of voor een groot deel op Europese gegevens gebaseerd zijn. Dauth et al. (2017) hebben voor werknemers in de Duitse industrie berekend dat het daarbij voor een grote groep werknemers om relatief kleine onderlinge verschillen gaat, van 63 euro per jaar of minder.¹² Dauth et al. geven daarbij wel aan dat deze verschillen door de tijd heen wat groter lijken te worden. Hoewel het hierbij om ruwe schattingen gaat, en de extrapolaties – onder meer vanwege de relatief hoge robotdichtheid in Duitsland – niet zonder meer naar ons land vertaald kunnen worden, geven zij niettemin wel een indicatie dat de inkomensverschillen voor een grote groep werknemers in industriële bedrijven mogelijk beperkt blijven.

Lager inkomen voor lager- en middelbaaropgeleiden

In hoofdstuk 4 hebben we aangegeven dat door robotisering met name de inkomens van lager- en middelbaaropgeleiden onder druk komen te staan. Graetz en Michaels (2018) wijzen op negatieve inkomenseffecten voor laagopgeleiden. In hun studie onder werknemers in zes Europese landen concluderen Chiacchio et al. (2018) weliswaar geen duidelijke effecten voor opleidingsniveau, maar zij constateren wel dat er aanwijzingen zijn dat vooral lageropgeleiden door robotisering in hun inkomen worden geraakt. Dauth et al. (2017) geven aan dat met name middelbaaropgeleiden – vergelijkbaar met werknemers die in het mbo een bbl-opleiding¹³ hebben gevolgd – in hun inkomen achterblijven wanneer het bedrijf waarin zij werken van robots gebruikmaakt.¹⁴ De lagere inkomens voor deze middelbaaropgeleide werknemers waren niet zozeer het gevolg van een verandering van werkgever, maar het gevolg van een achterblijvende loonontwikkeling in hun bestaande baan (Dauth et al. 2017). Het betreft voor een groot deel werknemers die de machines bedienen. Het lijkt aannemelijk dat de negatieve inkomenseffecten die lager- en middelbaaropgeleiden in de afgelopen jaren hebben ervaren zich ook in de nabije toekomst zullen manifesteren wanneer de groei van robots in de industrie doorzet. Enkele deskundigen die we voor deze studie interviewden gaven aan dat mogelijk ook hogeropgeleiden geraakt gaan worden door robotisering en automatisering. Door vorderingen in kunstmatige intelligentie kunnen ook cognitieve taken die nu door hoogopgeleiden worden verricht, zoals in de accountancy of het notariaat, mogelijk door robots en computers worden overgenomen. Wanneer dat gebeurt, zal dit ook het inkomen van hogeropgeleiden raken. Of het gebeurt, en op welke termijn het plaatsvindt wanneer het gebeurt, is echter onduidelijk, maar de geïnterviewde deskundigen twijfelen er niet aan dat robotisering eerder gevolgen zal hebben voor de lonen van lager- en middelbaaropgeleiden.

Mogelijke uitruil tussen inkomen en werkzekerheid

In landen waarin vakbonden een sterkere positie innemen, lijken de inkomenseffecten af te wijken van het effect op de werkgelegenheid. Dauth et al. (2017) beschrijven dat er in de Duitse industriële sector door robotisering geen of nauwelijks bestaande banen verloren gaan. Werknemers lijken een grotere baan zekerheid te hebben dan in andere landen waarin robotisering van het werkproces plaatsvindt. Tegelijkertijd ervaren werknemers die op de werkvloer de machines bedienen wel een relatieve achteruitgang van hun inkomen. Een mogelijke reden daarvoor is dat vakbonden afzien van loonstijgingen wanneer daarmee arbeidsplaatsen behouden kunnen worden.

Aandeel van werk in de productiviteit daalt

De ontwikkelingen roepen vragen op over de noodzaak om over herverdeling van werk en inkomen na te denken. Als het scenario van technologische werkloosheid dat Keynes (1930/1963) schetste waarheid wordt, betekent dat dat er te weinig werk overblijft voor grote groepen in de bevolking. Daarmee zijn ze aangewezen op ondersteuning, in de vorm van inkomenssteun, of zal er nagedacht moeten worden over herverdeling van het resterende werk onder de bevolking. Keynes schreef in dat verband al over een achturige

werkweek voor iedereen. Dat we dat punt zullen bereiken lijkt op dit moment niet waarschijnlijk, maar de literatuur wijst er wel op dat de trend is dat robots zullen leiden tot meer economische groei, maar dat een steeds kleiner deel daarvan zich vertaalt in stijging van het inkomen (Nomaler en Verspagen 2019). Dat roept vragen op over de wijze waarop de inkomensverdeling plaats moet vinden.¹⁵

5.4.3 De gevolgen van robotisering voor de werkdruk van werknemers in 2030

De gevolgen voor de werkdruk van verdere robotisering zijn lastig in te schatten. De literatuur over de relatie tussen (invoering van) robots en resulterende werkdruk laat zien dat deze relatie niet eenduidig is, omdat de context daarin een zeer belangrijke, en zelfs bepalende, intermediërende rol speelt.

Overnemen van taken leidt tot lagere werkdruk

Als robots ingevoerd worden om werknemers te ondersteunen bij hun werk, zal de werkdruk waarschijnlijk afnemen. In die situaties waarin robots ingezet worden om personeel te ontlasten door taken over te nemen, de als belastend ervaren taken uit te voeren, of om tijd vrij te maken voor nieuwe interessante taken, leidt robotisering (en automatisering in zijn algemeenheid) tot een verlaging van werkdruk. Daarnaast zullen over de hele linie genomen eerder monotone en minder uitdagende taken worden overgenomen door robots doordat dit processen zijn die makkelijk te programmeren zijn (Brynjolfsson en McAfee 2014).

Hoogwaardig werk kan de mentale werkdruk versterken

De literatuur wijst ook op een andere grens van deze mechanismes: de werkdruk kan toenemen als alle saaie of eenvoudige taken worden geautomatiseerd. Het werk kan er meer belastend en minder afwisselend van worden, terwijl er minder ruimte lijkt om te herstellen en men minder cognitief uitgedaagd wordt. Werk moet bestaan uit een gezonde mix van uitdagend en routinematig werk: te veel of te weinig van een van beide leidt ook tot werkdruk en stress.

Daarnaast zijn er ook situaties te schetsen waarin automatisering en robotisering juist ten koste gaan van werkdruk en het gevoel zinvol werk te doen: in situaties waar mensen zich vervangen voelen, het gevoel hebben niet langer *in control* te zijn omdat de machine het werktempo bepaalt, of als ze het gevoel hebben dat de machine gebruikt wordt om hun output te controleren, kan robotisering tot een toename van werkdruk leiden. Robots kunnen, met het oog op een productiviteitswinst, ook zo worden afgesteld dat mensen ze nog maar net kunnen bijhouden. Of ze kunnen constant voor input zorgen, bijvoorbeeld door taken klaar te leggen of de taken die men moet doen te belichten (EU-OSHA 2018). Dit alles kan de autonomie van werkers ondergraven en daarmee de ervaren werkdruk verhogen (Freese et al. 2018; Spencer en Slater 2020).

5.4.4 De gevolgen van robotisering voor betekenisvol werk in 2030

In hoeverre werk door werknemers in 2030 als betekenisvol wordt gezien, hangt voor een deel samen met de inrichting van de werkzaamheden.

Keuzes van organisaties bepalend voor betekenisvol werk in de toekomst

De studies die wij vonden over de invoering van apparaten en technologieën die het werk van mensen veranderen lieten zien dat zelfs binnen een bedrijf de betekenis van werk verschilt, afhankelijk van de taakopvatting die mensen hebben, en de verandering in hun feitelijke werkzaamheden (Davis en Hufnagel 2007; James et al. 2013). Zelfs binnen een bedrijf is het doen van eenduidige uitspraken dus niet goed mogelijk.

Op dit punt lijkt het dus verstandig om vooral te wijzen op de rol die de direct betrokkenen hebben bij met name de invoering van nieuwe technologie: in hoeverre laten de mensen die de beslissingen nemen zich alleen (of vooral) leiden door de businesscase, en in hoeverre laten ze zich leiden door het idee dat werk ook andere functies vervult in het leven van werkenden? Onderzoek naar de manier waarop managers omgaan met hun personeel in het arbeid-zorgdossier laat zien dat ze zich daarbij ook vrij sterk laten beïnvloeden door de bredere institutionele context: dat wat in het maatschappelijk debat ‘normaal’ gevonden wordt, en dat wat (al dan niet expliciet) als uitgangspunt van de wet- en regelgeving genomen is. Is de hele context gericht op de businesscase, dan neigen managers zelf ook naar de businesscase-benadering. Is de context meer gericht op ‘maatschappelijk verantwoord ondernemen’, dan neigen zij in hun benadering meer die kant op (Been 2015). Vanuit die gedachte lijkt blijvende aandacht voor de gevolgen van robotisering voor de waarde van werk van belang.

Noten

- 1 Zie het webinar *How COVID-19 is Impacting the Robotics Industry: Perspectives from CEOs* dat op 8 april 2020 werd georganiseerd door de Association for Advancing Automation: <https://www.a3automate.org/webinars/how-covid-19-is-impacting-the-robotics-industry-perspectives-from-ceo>.
- 2 Daarmee wordt wereldwijd een ander patroon verwacht dan na het uitbreken van de financiële crisis. Op dat moment zakte de verkoop van robots kortstondig in, maar nam het in de jaren daarna juist meer toe dan in de jaren voor de crisis. Dat wordt voor een deel toegeschreven aan het feit dat investeringen opgeschort werden door bedrijven, die daarna versneld alsnog plaatsvonden, maar ook na deze ‘inhaalslag’ bleef robotisering wereldwijd sterk groeien.
- 3 *Robotics Business Review* ging na welke investeringen in robotica gedaan zijn in april 2020. In totaal werden wereldwijd 26 investeringen door robotproducenten genoteerd, met een totale waarde van 600 miljoen dollar. Het aantal investeringen verschilde niet sterk van het aantal in dezelfde maand een jaar eerder (namelijk 29 investeringen), maar het totale bedrag dat ermee gemoeid was bedroeg minder dan 10% van het bedrag dat in april 2019 in robotica werd geïnvesteerd (6,5 miljard) (zie: <https://www.roboticsbusinessreview.com/investment/april-2020-robotics-transactions-still-slownot-all-sectors/>). In ons land kwam uit een TechLeap.nl-enquête (2020) naar voren dat bijna alle investeerders in de technologiesector minder vertrouwen in de markt hebben gekregen na de uitbraak van COVID-19 en dat 65% van de investeerders heeft besloten projecten uit te stellen (TechLeap.nl 2020).

- 4 Ackerman, E. (11 maart 2020). *Autonomous Robots Are Helping Kill Coronavirus in Hospitals*. Geraadpleegd 17 september 2020 via <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/medical-robots/autonomous-robots-are-helping-kill-coronavirus-in-hospitals>.
- 5 RTL nieuws (2 april 2020). *Robots schieten Italiaanse artsen te hulp in strijd met corona*. Geraadpleegd 17 september 2020 via <https://www.rtlx1.nl/programma/rtl-nieuws/8a20aba8-4c94-46bf-8ae6-7881eb025543>.
- 6 De Volkskrant (3 april 2020). De zorgrobot krijgt het steeds drukker. In: *De Volkskrant*, 3 april 2020.
- 7 Heeden, D. van der (14 juli 2020). *Ruim baan voor de robotkok: coronavirus brengt toekomst voor restaurants dichterbij*. Geraadpleegd 10 december 2020 via <https://www.ad.nl/koken-en-eten/ruim-baan-voor-de-robotkok-coronavirus-brengt-toekomst-voor-restaurants-dichterbij~a82gb28b/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.nl%2F>.
- 8 Holland Robotics (8 mei 2020). *Robot Cruzr begroet en informeert klanten bij Albert Heijn in Slikkerveen*. Geraadpleegd 15 mei 2020 via <https://www.hollandrobotics.com/nieuws/robot-cruzr-begroet-en-informeert-klanten-bij-albert-heijn-in-slikkerveen/>.
- 9 Zie paragraaf 5.1 voor een overzicht van het aantal industriële robots dat in de afgelopen jaren nieuw in bedrijf is genomen.
- 10 Zie Graetz en Michaels (2018).
- 11 Zie Acemoglu en Restrepo (2020a); Chiacchio et al. (2018); Compagnucci et al. (2019); Dauth et al. (2017); Giuntella en Wang (2019).
- 12 In hun berekening gaan zij uit van het 25^e en 75^e percentiel van de verandering in het aantal robots per 1000 werknemers tussen 1994 en 2004, respectievelijk 3,37 en 9,60 robots. Uitgaande van een dagloon van € 120,70 komt het geschatte verschil in loon per dag tussen een werknemer op het 25^e en een werknemer op het 75^e percentiel neer op € 0,31. Uitgaande van 5959 werkdagen voor een gemiddelde werknemer over een periode van twintig jaar, komt dat neer op een lager inkomen van 1867 euro. Aangezien medewerkers in sterk gerobotiseerde bedrijven (75^e percentiel) gemiddeld vijf dagen meer werken over een tijdsperiode van twintig jaar dan werknemers in minder gerobotiseerde bedrijven (25^e percentiel), hebben zij extra inkomsten van $5 \times (120,70 - 0,31) = € 600,91$. Het verschil in loon wordt daarmee geschat op 1266 euro in twintig jaar, dus iets meer dan 63 euro per jaar. Overigens geven Dauth et al. (2017) aan dat de verdeling scheef is, zodat de berekende verschillen voor de uiteinden van de verdeling (bijvoorbeeld het 10^e versus 90^e percentiel) sterk oplopen. Voor het verschil tussen het 10^e versus 90^e percentiel komen zij bijvoorbeeld tot een geschat verschil van ongeveer 800 euro per jaar.
- 13 Het gaat hierbij om werknemers die een *Lehre* hebben afgerond die een zeer sterke praktijkcomponent bevat. Deze heeft een vergelijkbare opzet als het vroegere leerlingwezen in ons land, en met de huidige bbl-opleiding (beroepsbegeleidende leerweg), waarin studenten een dag onderwijs volgen aan een mbo-instelling (middelbaar beroepsonderwijs) en vier dagen per week ‘werkend leren’ in de praktijk.
- 14 Ook Dauth et al. (2017) constateren dat er indicaties zijn dat dit ook voor lageropgeleiden geldt, maar door het relatief geringe aandeel lageropgeleiden in hun steekproef konden zij deze effecten minder precies schatten.
- 15 Het basisinkomen is binnen die discussie een relatief veelvoorkomende oplossing voor dat probleem (Bruun en Duka 2018). Nomaler en Verspagen (2019) laten echter zien dat het niveau van belasting en herverdeling dat nodig is om via een basisinkomen de inkomensongelijkheid te bestrijden relatief groot moet zijn, zodat de economische groei daardoor sterk geremd zal worden. Zij geven aan dat het zinvoller is om tot een herverdeling van het eigendom van kapitaal te komen, zodat iedereen meedeelt in het (groeiende) kapitaalinkomen.

6 Slotbeschouwing en aandachtspunten voor beleid

6.1 Slotbeschouwing

Te midden van alle ontwikkelingen op de arbeidsmarkt is technologisering een van de belangrijkste ontwikkelingen voor de kwaliteit van ons werk – in de afgelopen eeuwen, nu en naar verwachting ook in de toekomst. De industriële revolutie die rond 1750 in Engeland begon en in de loop van de 19e eeuw ook naar Nederland en andere Europese landen overwaaide, leidde tot ingrijpende veranderingen (Van Est et al. 2015). Veel van het ambachtelijk werk verdween, en daarvoor in de plaats kwam loonarbeid in fabrieken. Werken en wonen werd gescheiden. Waar ambachtslieden een grote zelfstandigheid hadden, waren fabrieksarbeiders gebonden aan opgelegde werktijden, en konden zij niet langer hun eigen werktempo bepalen. Deze veranderingen kregen een nieuwe impuls door de ontdekking van elektriciteit en de uitvinding van de wisselstroommotor. Dit leidde aan het eind van de 19e eeuw tot de tweede industriële revolutie. Werkprocessen konden efficiënter ingericht worden, waardoor de productie van goederen aanzienlijk verder vergroot kon worden. De introductie van onder meer de lopende band om massaproductie mogelijk te maken, zorgde tegelijkertijd echter voor een verdere inperking van de autonomie van arbeiders in de fabrieken, en voor vervreemding van het werk. Technologisering heeft daarmee invloed op de werkgelegenheid, maar ook op de kwaliteit van het werk dat blijft bestaan of ontstaat.

Robotisering op de werkplek wordt regelmatig, samen met de opkomst van de computer en processen van automatisering, aangeduid als de derde industriële revolutie – of de digitale revolutie. Net als de eerste en de tweede revolutie heeft ook deze digitale revolutie grote invloed op het dagelijkse werk van mensen. De gevolgen van automatisering zijn al enkele decennia duidelijk merkbaar. Onderzoek laat zien dat processen waarbij standaardprocedures gehanteerd worden geautomatiseerd kunnen worden. Met name in administratieve functies en in sectoren waarin deze functies de overhand hebben, zoals banken en verzekeringsmaatschappijen, heeft in de afgelopen decennia een kaalslag plaatsgevonden. Daarbij ging het vooral om werk van middelbaaropleiding. Daarin wijkt deze derde industriële revolutie ook af van de eerdere twee; in de eerste industriële revolutie werd vooral ongeschoold werk gecreëerd, en de tweede industriële revolutie maakte een deel van het werk van ongeschoolden juist overbodig en gaf een aanzet tot het ontstaan van functies waarvoor scholing noodzakelijk was. Met de opkomst van big data en data analytics is het bovendien mogelijk cognitieve processen na te bootsen waarin sprake is van onzekerheden. Daarmee raakt dit in toenemende mate ook het werk dat door hogeropgeleiden wordt gedaan.

Robotisering versus automatisering

Robotisering neemt net als automatisering werkzaamheden over die voorheen door mensen werden gedaan. Bij zowel automatisering als robotisering is er sprake van geprogrammeerde processen die worden uitgevoerd. Om die reden wordt in een groot aantal studies naar technologische innovaties op de werkplek geen onderscheid gemaakt tussen robotisering en automatisering. In deze kennissynthese hebben we ons expliciet gericht op de effecten van robotisering op de kwaliteit van werk – en niet naar effecten van automatisering of breder naar effecten van technologische innovaties gekeken. De reden daarvoor is dat, hoewel robots al geruime tijd geleden hun intrede in bedrijven hebben gedaan, robotisering tegelijkertijd nog een relatief nieuw fenomeen is. Het aantal robots dat wordt ingezet was tot aan tien jaar geleden relatief beperkt, en neemt sindsdien wereldwijd sterk toe. Hoewel er veel discussie is over de mate waarin en de wijze waarop robotisering het werk zal beïnvloeden, is men het er wel over eens dat, wanneer robotisering in de toekomst een grote vlucht zal nemen, dit grote impact zal hebben op de wijze waarop werk georganiseerd is.

Dat wordt voor een deel ingegeven door het feit dat robots niet alleen cognitieve processen kunnen uitvoeren, maar ook toegerust zijn om fysieke taken uit te voeren. Robotisering combineert automatiseringsprocessen met mechanisatie (Acemoglu en Autor 2011). Waarschijnlijk om die reden wordt in publicaties over robotisering ook regelmatig verwezen naar de eerste industriële revoluties, waarin fysieke werkzaamheden van mensen door een machine werden overgenomen. Hierdoor wordt ook het schrikbeeld gevoed dat bij vergaande robotisering een aanzienlijk deel van de werkenden overbodig wordt, en dat de onderhandelingspositie van werknemers ondermijnd wordt waar het hun inkomen en andere arbeidsvoorwaarden betreft. Door de mogelijkheid zowel fysieke als cognitieve taken uit te kunnen voeren, komt ook een ander type werk binnen het blikveld door robotisering. Dat houdt in dat er ook, in ieder geval voor een deel, andere mechanismen aan het werk zijn, of andere groepen werknemers geraakt worden dan bij automatisering. Daarbij komt dat automatisering vooral de vervanging van werkzaamheden betreft. Bij industriële robots is dat weliswaar ook het geval, net als voor automatisch geleide voertuigen of melkrobots, maar voor een deel heeft robotisering ook betrekking op werkzaamheden die niet door mensen verricht kunnen worden. Doordat er bovendien sprake is van ‘lerende’ robots, worden in de nabije toekomst waarschijnlijk ook andere toepassingen mogelijk, waarbij naar verwachting ook hoogopgeleid werk vervangen wordt. Sommigen spreken om die reden ook niet meer over robotisering als onderdeel van de derde industriële revolutie, maar als voorbode van of opmaat naar de vierde industriële revolutie (Schwab 2017). Kenmerkend voor de vierde industriële revolutie is dat technologie alle facetten van onze dagelijkse werkelijkheid met elkaar verbindt.

Robotisering is nog een relatief bescheiden fenomeen

Tegelijkertijd is robotisering tot op heden nog slechts een bescheiden fenomeen. Een relatief klein deel van de werknemers heeft in hun werk met robots te maken. Slechts een gering deel van de bedrijven maakt gebruik van robots in het werk. Daarbij gaat het boven-

dien voor het merendeel om middelgrote en grote bedrijven in de industrie. In andere sectoren, zoals de financiële en zakelijke dienstverlening, de bouwnijverheid, de vervoerssector of de zorg en het onderwijs, worden robots niet of nauwelijks voor het uitvoeren van werkzaamheden ingezet. Afgaande op het aantal operationele robots in ons land is het bovendien waarschijnlijk dat maar een klein gedeelte van de werknemers binnen deze organisaties dagelijks met robots te maken heeft – met uitzondering van enkele bedrijven in de auto-industrie, elektronica en de e-commerce.

Hoewel de huidige inzet van robots in het arbeidsproces beperkt is, is deze wel groeiende. Die groei is van recente datum. Waar robotisering in een aantal andere Europese landen vanaf 2000 sterk toenam, bleef de groei van robots in ons land daarbij aanvankelijk achter. In de afgelopen vijf tot tien jaar heeft Nederland echter een grote inhaalslag gemaakt. Tussen 2013 en 2018 is de groei van het aantal robots beduidend groter geweest dan gemiddeld in Europa. Door deze relatief sterke groei behoort ons land inmiddels zelfs tot een van de meest gerobotiseerde landen in de wereld. Juist de afgelopen paar jaar lijkt de groei van robots in ons land echter weer af te zwakken, en komen er jaarlijks minder nieuwe robots bij dan enkele jaren geleden. Door de coronacrisis zal deze trend zich in 2020 naar verwachting doorgezet hebben, of deze zelfs versterkt hebben.

De Nederlandse economie is minder ontvankelijk voor grootschalige industriële robotisering

Het feit dat Nederland, na Duitsland, Zweden en Denemarken, tot een van de meest gerobotiseerde landen in Europa behoort, is opmerkelijk. De huidige lichte robots kent vooral industriële toepassingen. Ons land heeft, in vergelijking tot de meest gerobotiseerde landen, een minder grote maakindustrie. De relatief grotere dienstensector in ons land leent zich minder goed voor de huidige lichte robots. Daarnaast kent ons land een verhoudingsgewijs grotere mkb-sector en relatief veel zelfstandigen. Investerings in robotisering zijn vooral kosteneffectief voor bedrijven die op grote schaal produceren. Dat betekent niet dat robotisering niet verder zou kunnen groeien in de komende jaren, maar wel dat groeimogelijkheden beperkter zijn dan in andere landen.

Tegelijkertijd kan robotisering een stimulans bieden om een deel van de maakindustrie in eigen hand te nemen. Waar bedrijven in lagelonenlanden voorheen het relatieve voordeel hadden dat zij goederen tegen een lagere prijs kunnen produceren dan bedrijven in Nederland, kan de relatief voordelige concurrentiepositie in de toekomst steeds meer in Nederland en andere westerse landen komen te liggen. Wanneer het goedkoper wordt om met robots bepaalde goederen te produceren, waarvoor werknemers niet of slechts beperkt nodig zijn, dan is het handiger om dicht bij huis te produceren. Voor de uitvoering van het werk is dan met name kennis noodzakelijk rondom logistieke processen en technische vraagstukken. Vooral voor goederen waarvan het om bijvoorbeeld strategische redenen niet wenselijk is om afhankelijk te zijn van andere landen, kan het aantrekkelijk zijn om deze in Nederland te produceren.

De opkomst van cobots in bedrijven

Hoewel het aantal industriële robots naar verwachting de komende tien jaar zal toenemen, lijken zogenoemde *collaborative robots* ofwel cobots voor de toekomst een grotere groeipotentie te hebben. De technologische ontwikkelingen van de afgelopen jaren hebben bijgedragen aan de verdere ontwikkeling van cobots. Door betere en kleinere computerchips kunnen ze sneller en energiezuiniger werken, waardoor ze meer taken kunnen uitvoeren en kleinere accu's nodig hebben. Deze ontwikkeling maakt het makkelijker om robots te produceren die niet via een kabel met een extern stroomnetwerk en computer zijn verbonden, zoals nu bijvoorbeeld vaak het geval is binnen industriële settings. Tegelijkertijd is de technologie echter nog niet zo doorontwikkeld dat cobots ook voor een groot aantal kleinere bedrijven en bedrijven die kleine series produceren interessante mogelijkheden bieden. Met name voor producten of onderdelen die alle van vorm verschillen of waarin veel afwijkende vormen voorkomen, zijn cobots op dit moment nog minder geschikt. Het is, mede door de coronacrisis, onduidelijk in hoeverre de ontwikkeling van de technologie cobots in de komende jaren aantrekkelijk maakt voor bedrijven, en daarmee of cobots in 2030 al breed ingang hebben gevonden op de arbeidsmarkt.

Uitbreiding van industriële sector naar dienstverlenende sector

Daarnaast is er de ontwikkeling dat ook voor dienstverlening steeds vaker robots (servicebots) worden ingezet. Die toepassing is nu nog beperkt, maar heeft in de context van de Nederlandse diensteneconomie potentieel grote gevolgen. Met name het aantal professionele servicerobots zal naar verwachting in de komende jaren sterk groeien. Er wordt nu in distributiecentra al veel gebruikgemaakt van automatisch geleide voertuigsystemen. Door de toename van online verkopen is de verwachting dat dergelijke systemen in de toekomst verder zullen uitbreiden, en ook logistieke toepassing zullen vinden in sectoren waarin deze tot nog toe nog beperkt worden gebruikt, zoals ziekenhuizen. Daarnaast zullen professionele servicerobots, zoals melkrobots en drones voor inspectie- en beveiligingsdoel-einden, naar verwachting steeds meer ingang vinden.

Robotisering als maatschappelijke oplossing in plaats van maatschappelijk probleem

Robotisering heeft gevolgen voor de werkgelegenheid in sommige beroepen, maar doordat robots werkzaamheden van werkenden overnemen, kunnen zij tegelijkertijd ook oplossingen bieden voor maatschappelijke problemen waarmee ons land in de toekomst wordt geconfronteerd. De toenemende vergrijzing, en daarbij de relatief afnemende beroepsbevolking, kan al dan niet gedeeltelijk worden opgevangen door robots in te zetten om productiviteitsverhoging te realiseren, en zo de welvaart in de samenleving op peil te houden, of te vergroten. Een verdere doorontwikkeling van professionele robots kan het werk van mensen veiliger of minder zwaar maken. Met behulp van exo-skeletten kunnen werknemers bij hun werkzaamheden ondersteund worden. Daardoor kunnen werkenden in fysiek belastende beroepen waarschijnlijk langer in goede gezondheid blijven werken. Het biedt daarnaast mogelijkheden voor werknemers met een lichamelijke beperking om werkzaamheden op zich te nemen die zij voorheen niet konden uitvoeren.

Daarnaast vraagt de vergrijzing om meer zorg voor ouderen. Zorgrobots kunnen in de toekomst worden ingezet om ouderen te ondersteunen, zodat zij langer zelfredzaam blijven. Voor ouderen die hulpbehoevend zijn kunnen zorgrobots een deel van de taken overnemen die momenteel door de thuiszorg of de wijkverpleging worden waargenomen. Een voorbeeld hiervan zijn de robots Tessa en Zora. Tessa is een sociale robot die ouderen met dementie of mensen met een cognitieve beperking helpt om structuur in hun dagelijks leven aan te brengen. Dat kan door hen aan geplande afspraken te herinneren, of door suggesties voor activiteiten zoals koffiedrinken te doen. Zora is een kleine humanoïde zorgrobot, die momenteel wordt ingezet bij de revalidatie van bijvoorbeeld ouderen, maar ouderen ook kan vermaken door het voorlezen van verhaaltjes of het doen van spelletjes.

6.2 Gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk

De literatuurstudie naar de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk maakt duidelijk dat onze kennis hierover, en over onderliggende mechanismen, vooralsnog beperkt is. Weliswaar zijn er in de afgelopen jaren verschillende empirische studies verschenen die expliciet de gevolgen van robotisering voor werkenden als onderwerp hebben, maar tegelijkertijd gaat het vooralsnog om een relatief klein aantal onderzoeken dat zich hierop richt. Daar komt bij dat er sprake is van een onevenwichtigheid in hoe de verschillende aspecten van kwaliteit van werk hierin belicht worden, met aan de ene kant een aantal macro-economische studies die zich vooral op de gevolgen van robotisering voor de werkgelegenheid en het inkomen van werkenden richten, en aan de andere kant arbeids-sociologische gevalstudies en medisch-psychologisch onderzoek naar werkdruk en werkbeleving.

6.2.1 Gevolgen van robotisering voor de werkzekerheid van werknemers

Het ontbreekt vooralsnog aan Nederlands onderzoek naar de effecten van robotisering op de werkzekerheid van werknemers in ons land. Internationaal zijn recent wel studies naar de effecten op de werkgelegenheid verschenen, waaronder ook enkele studies waarin Nederland als een van de landen is meegenomen. Daarbij gaat het vooral om macro-economisch onderzoek, waarin naar effecten van robotisering in een industriële setting wordt gekeken. Hoewel een deel van de studies kleine positieve effecten of geen effecten van robotisering op de werkzekerheid van werknemers vindt, laat een groter aantal empirische studies negatieve effecten van robotisering op de werkzekerheid zien (zie hoofdstuk 4). De toename van robots in industriële bedrijven lijkt daarmee eerder tot een relatieve afname van werkgelegenheid dan tot een toename hiervan te leiden. Voor de werkzekerheid van individuele werknemers betekent dit dat een verdere robotisering in hun bedrijfstak leidt tot een grotere kans op ontslag, of voor jongeren dat zij een kleinere kans hebben op het vinden van werk in de betreffende sector. Wanneer zij over onvoldoende vaardigheden beschikken om een baan in een andere bedrijfstak te vervullen, staat hun werkzekerheid onder druk.

Wanneer robotisering zich in een vergelijkbaar tempo doorzet als in de afgelopen jaren, zal het aantal industriële robots in ons land jaarlijks met tussen de 800 en 1400 robots blijven groeien. Bestaande studies komen tot een schatting van ongeveer twee tot drie arbeidsplaatsen die door de aanschaf van een industriële robot zijn verdwenen. Dat zou betekenen dat tussen de 1600 en 4200 banen verdwijnen als gevolg van robotisering. Dergelijke schattingen zijn met de nodige onzekerheden omgeven. Bovendien zijn de schattingen gebaseerd op een 'netto' verandering in het aantal arbeidsplaatsen, waarin ook nieuw gecreëerde – en vaak andere – banen in de cijfers verdisconteerd zijn. Dat betekent dat het aantal werknemers dat hun werkzaamheden door een robot overgenomen ziet worden, feitelijk hoger zal liggen. Dit zal naar verwachting vooral lageropgeleiden raken, en mogelijk een deel van de huidige middelbaaropgeleide werknemers.

Wanneer de groei in de toekomst vooral robots op de werkplek betreft, is het aantal banen dat verdwijnt vermoedelijk beduidend geringer. Het ontbreekt nog aan studies op grond waarvan schattingen hiervan gemaakt kunnen worden. Dat geldt ook voor professionele servicerobots. Deze zullen voor een deel van invloed zijn op het aantal arbeidsplaatsen, bijvoorbeeld waar het automatisch geleide voertuigsystemen betreft, maar voor een ander deel zullen zij hierop geen effect hebben of zelfs tot een toename van nieuwe banen kunnen leiden – met name daar waar robots als hulpmiddel worden gebruikt door werkenden.

6.2.2 Gevolgen van robotisering voor het inkomen van werknemers

De macro-economische studies die naar de effecten van robotisering voor de werkzekerheid zijn verricht, richten zich vaak ook op de gevolgen die robotisering heeft voor het inkomen van werknemers.

Robotisering lijkt positieve effecten te hebben op het uurloon van werkenden. Hoewel enkele studies tot de conclusie komen dat er sprake is van een lichte afname van het uurloon, wijst het merendeel van de door ons gevonden studies juist op een toename van het uurloon als gevolg van robotisering. Daar staat tegenover dat de effecten op het inkomen eerder negatief lijken uit te werken. Een mogelijke verklaring daarvoor is dat de productiviteitswinst die door de invoering van robotisering wordt geboekt bedrijven in staat stelt de uurlonen van werknemers te verhogen. Tegelijkertijd neemt het gemiddeld aantal uren dat gewerkt wordt af, waardoor de totale loonkosten verminderen. Doordat gegevens niet op individueel niveau beschikbaar zijn, is het echter speculatief wat precies de effecten voor individuele werknemers zijn. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat werknemers, of een deel van hen, minder uren gaan werken, maar per uur wel een hogere vergoeding krijgen, maar het is ook mogelijk dat de gevonden effecten veroorzaakt worden door verschuivingen in personeel. Hiervan kan sprake zijn wanneer een groot aantal laagbetaalde werknemers die voorheen uitvoerende taken verrichtten, bijvoorbeeld moet afvloeien, en enkele beter betaalde werknemers worden aangenomen voor nieuwe werkzaamheden die als gevolg van robotisering zijn ontstaan.

De verwachting is dat verdere robotisering in de industriële sector zal leiden tot een relatieve afname van het inkomen van werknemers. Over de grootte van de effecten op het

inkomen verschillen studies, waarbij studies in de Verenigde Staten en China grotere effecten vinden dan studies die geheel of voor een groot deel op Europese gegevens gebaseerd zijn. Op basis van gegevens uit Duitsland lijkt het daarbij om relatief kleine negatieve effecten te gaan. Hoewel het hierbij om ruwe schattingen gaat, en de extrapolaties – onder meer vanwege de relatief hoge robotdichtheid in Duitsland – niet zonder meer naar ons land vertaald kunnen worden, geven zij niettemin een indicatie dat de inkomensverschillen voor een grote groep werknemers in industriële bedrijven mogelijk beperkt blijven. De negatieve effecten van robotisering op het inkomen van werknemers treffen vooral lager- en middelbaaropgeleiden. Hoogopgeleiden, en met name werknemers met een technische achtergrond, lijken wat betreft hun inkomen eerder te profiteren van toenemende robotisering van werk.

6.2.3 Gevolgen van robotisering voor de werkdruk van werknemers

Slechts een gering aantal studies richt zich op verschillen in werkdruk tussen werkzaamheden die met of zonder robot worden uitgevoerd. Naast een enkele kwalitatieve studie binnen de agrarische sector gaat het hierbij vooral om kwalitatief onderzoek binnen de gezondheidszorg. Uit het beschikbare onderzoek komt het beeld naar voren dat de mate waarin werkenden fysieke of mentale werkdruk ervaren voor een belangrijk deel afhankelijk is van de wijze waarop de robot in het arbeidsproces wordt ingezet. Daarbij lijken zowel de feitelijke werkdruk, in termen van de hoeveelheid werk die men moet doen en de tijdsdruk die daarmee gepaard gaat, als de regelmogelijkheden die de werkende zelf heeft bij het uitvoeren van zijn of haar werkzaamheden bepalend voor de ervaren werkdruk. Robotisering kan deze verlichten, bijvoorbeeld door taken uit te voeren waardoor de fysieke druk vermindert, maar kan ook de autonomie van de werkende beperken.

Studies naar de effecten van robotisering op de werkdruk maken duidelijk dat de effecten in hoge mate lijken af te hangen van de wijze waarop het werk concreet georganiseerd wordt. Als robots ingevoerd worden om werknemers te ondersteunen bij hun werk, zal de werkdruk waarschijnlijk afnemen. Doordat robots taken overnemen, hebben werknemers meer tijd voor hun andere taken. In die situaties waarin robots ingezet worden om personeel te ontlasten door taken over te nemen, de als belastend ervaren taken uit te voeren, of om tijd vrij te maken voor nieuwe interessante taken, leidt robotisering (en automatisering in zijn algemeenheid) tot een verlaging van werkdruk. De werkdruk kan echter ook toenemen wanneer alle saaie of eenvoudige taken worden geautomatiseerd. Het werk kan er meer belastend en minder afwisselend van worden. Het ontbreken van een gezonde mix van uitdagend en routinematig werk kan tot werkdruk en stress leiden. Daarnaast kunnen werknemers in situaties waarin zij het gevoel hebben niet langer *in control* te zijn omdat de machine het werktempo bepaalt, of als ze het gevoel hebben dat de machine gebruikt wordt om hun output te controleren, een toename van werkdruk ervaren. Robots kunnen, met het oog op een productiviteitswinst, ook zo worden afgesteld dat mensen ze nog maar net kunnen bijhouden. Dit kan de autonomie van werkers ondergraven en daarmee de ervaren werkdruk verhogen.

6.2.4 Gevolgen van robotisering voor betekenisvol werk

Met de inhoud van de werkzaamheden en taken als gevolg van robotisering lijkt ook de betekenis van het werk voor groepen werkenden te veranderen. Empirisch onderzoek hiernaar – met name gevalstudies naar percepties van werknemers over de invoering van robots op hun werkplek – is echter schaars. De verwachting dat het werk voor werkenden betekenisvoller wordt, of juist minder betekenisvol, wordt vooral afgeleid uit de aard van de werkzaamheden die door robots worden overgenomen – en bijgevolg niet meer door werknemers hoeven te worden uitgevoerd. Uit de studies die gedaan zijn naar de mate waarin werkenden vinden dat hun werk uitdagender, eentoniger of interessanter is geworden, komt het beeld naar voren dat dit sterk verschilt al naar gelang de werksituatie of de functie die men vervult. Uit de expertinterviews komen vergelijkbare inschattingen en observaties naar voren. Robotisering kan het werk betekenisvoller maken, namelijk interessanter, minder saai of minder zwaar. Maar het kan het werk ook geestdodender maken en daarmee juist minder betekenisvol.

De mate waarin werkenden bij toenemende robotisering hun werk in de toekomst als betekenisvol ervaren, hangt voor een belangrijk deel af van de keuzes die organisaties maken. Daarbij lijkt het van belang rekening te houden met het systeem van onderling afhankelijke werkzaamheden in organisaties. Studies laten zien dat bestaande werkwijzen in een organisatie door robotisering kunnen veranderen. Een deel van de werkenden ervaart dit als verrijking van de functie of het werk, terwijl andere binnen dezelfde organisatie het juist als een verarming zien. Ook hier lijken lageropgeleiden een grotere kans op verarming van hun werkinhoud te hebben. Zij vervullen in dergelijke organisaties vaker functies die in lager aanzien staan dan hogeropgeleiden, en hebben daardoor minder mogelijkheden om hun invloed te doen gelden bij de keuzes die ten aanzien van robotisering worden gemaakt.

6.3 Aandachtspunten voor beleid en praktijk

Beperkte kennis over de gevolgen van robotisering

In deze studie beschrijven wij de kennis die wij aan de hand van een literatuurstudie en interviews met deskundigen hebben verzameld over de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk. Het overzicht maakt duidelijk dat op onderdelen inzicht in deze gevolgen bestaat. Hoewel het aantal studies naar de effecten van robotisering voor de werkzekerheid nog relatief beperkt is, komt hieruit wel duidelijk het beeld naar voren dat er op het niveau van industriële sectoren op de arbeidsmarkt en de arbeidsmarkt als geheel banen verdwijnen, en dat dit vooral lageropgeleiden treft. Op veel andere onderdelen ontbreekt echter voorsnog inzicht in de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk. Onduidelijk is bijvoorbeeld wat de effecten zijn van robots voor de werkzekerheid van werknemers, of de effecten van robotisering voor de werkgelegenheid in sectoren als de zorg. Voor andere aspecten van de kwaliteit van werk, zoals een passend inkomen, de ervaren werkdruk en de mate waarin werknemers over betekenisvol werk beschikken, geldt dit in nog sterkere mate.

Daarnaast is er nog maar zeer beperkt inzicht in de mechanismen die daarbij een rol spelen. Doordat specifiek empirisch onderzoek naar de gevolgen van robotisering voor de kwaliteit van werk in de Nederlandse context vooralsnog ontbreekt, wordt bovendien sterk geleund op inzichten die in andere landen zijn opgedaan. Tegelijkertijd zijn er aanwijzingen dat de gevolgen van robotisering voor werkenden per land kunnen verschillen, en daarmee dat bepaalde kenmerken van de arbeidsmarkt of de mate van arbeidsmarktregulatie van invloed zouden kunnen zijn op de effecten ten aanzien van de kwaliteit van werk. Voor een op empirie gestoeld arbeidsmarktbeleid lijkt het om die reden raadzaam in de komende jaren ook voor ons land meer gerichte studies naar de effecten van robotisering te doen. Daarbij is het van belang om zowel kwantitatief – om een representatief beeld van effecten te krijgen en deze voor verschillende sociale groepen in kaart te brengen – als kwalitatief onderzoek – om inzicht te krijgen in mechanismen die daarbij een rol spelen – te verrichten. Kwantitatief onderzoek vindt bij voorkeur plaats met behulp van meerniveau-modellen, om zowel op bedrijfsniveau als op sector- en arbeidsmarktniveau gevolgen in kaart te kunnen brengen. De beschikbaarheid van microdata, zoals gebruikt door Koch et al. (2019) en Humlum (2019) voor robotisering, en door Bessen et al. (2019) voor automatisering in ons land, is daarbij van groot belang om de gevolgen voor de kwaliteit van werk voor werknemers na te kunnen gaan. Voor kwalitatief onderzoek is het van belang om een systeemperspectief te hanteren, aangezien mechanismen (en gevolgen) voor werknemers met verschillende rollen op de werkplek soms aanzienlijk kunnen verschillen, en vaak onderling afhankelijk zijn.

Robotisering is geen exogene kracht, maar vraagt om keuzes in beleid en praktijk

Robotisering wordt vaak ten onrechte gezien als een autonome beweging die moeilijk te beïnvloeden is. Deze studie maakt duidelijk dat technologische ontwikkeling een eigen dynamiek kent, en dat deze zich niet altijd laat sturen en voorspellen. Daarnaast laat onderzoek zien dat het gebruik van industriële robots tot een verhoging van de arbeidsproductiviteit leidt. Dat betekent dat de keuze om het werkproces al dan niet (gedeeltelijk) te robotiseren veelal geen vrije keuze is wanneer andere bedrijven in dezelfde sector of soortgelijke bedrijven in andere landen overgaan tot de aanschaf van robots (zie bv. Acemoglu en Restrepo 2020b; Lloyd en Payne 2019; Spencer en Slater 2020). Tegelijkertijd komt uit de resultaten ook het beeld naar voren dat de manier waarop technologie ingevoerd en gebruikt wordt wel degelijk te beïnvloeden is. Robots inzetten om minder afhankelijk te zijn van de factor arbeid heeft een heel andere consequentie dan robots inzetten om werknemers te ondersteunen (Acemoglu en Restrepo 2020b; Clifton et al. 2020). Deze keuzes worden vooral door bedrijven en andere organisaties gemaakt, maar de overheid heeft een taak waar het gaat over de kaders waarbinnen bedrijven en werknemers hun keuzes moeten maken. Om de mogelijkheden van robotisering te benutten, niet alleen vanuit het specifieke bedrijfsperspectief, maar ook vanuit maatschappelijk perspectief, zou een robotiseringsagenda leidend moeten zijn, die breed door alle betrokkenen wordt gedeeld. Het lijkt raadzaam dat de overheid de totstandkoming van een dergelijke agenda initieert.

Nascholing van lageropgeleide werknemers

Wanneer, zoals algemeen de verwachting is, robotisering zich in de komende tien jaar doorzet, lijken met name laagopgeleide werknemers hiervan de nadelen te ondervinden. Zij hebben een grotere kans om hun baan te verliezen en, door de geringe werkgelegenheid voor lageropgeleiden als gevolg van robotisering, zal het voor hen moeilijker worden om bij ontslag een andere baan te vinden. Door de teruglopende werkgelegenheid voor lageropgeleiden zal, zeker wanneer investeringen in robotisering goedkoper worden, ook hun inkomen onder druk komen te staan. Daarnaast laat een aantal gevalstudies zien dat zij bovendien een grotere kans hebben om werkzaamheden te verrichten die minder betekenisvol voor hen zijn. Bedrijven die robots in hun werkprocessen inpassen, kunnen gestimuleerd worden om zelf mogelijkheden te scheppen om lageropgeleiden aan het werk te houden, bijvoorbeeld door nascholing te bieden gericht op het onderhouden of controleren van werk dat door robots wordt uitgevoerd. In Duitsland zijn hiermee positieve ervaringen opgedaan, waardoor veel werknemers hun werk konden behouden. De verantwoordelijkheid voor het stimuleren van bedrijven zou bij de sociale partners gelegd kunnen worden.

Om- en opscholing naar andere functies

De kans is groot, zeker wanneer robotisering sneller ingang vindt dan nu voorzien wordt, dat niet alle werknemers hun baan kunnen behouden als bedrijven besluiten werkzaamheden door robots te laten uitvoeren. Deze werknemers zouden van werk naar werk begeleid kunnen worden, ondersteund door omscholing die het mogelijk maakt deze overstap te kunnen maken. Dit ligt in lijn met de voorstellen die de Commissie Borstlap gedaan heeft om iedereen een persoonlijk ontwikkelbudget toe te kennen, waarvan zij gebruik kunnen maken om inzetbaar te blijven op de arbeidsmarkt (Commissie Regulering van Werk 2020). De commissie pleit in dat kader eveneens voor breed toegankelijke loopbaanwinkels en publieke-private samenwerkingsverbanden waarin werkgevers, vakbonden, onderwijsinstellingen, uitzendbureaus, gemeenten en het uuv zorg dragen voor een effectieve arbeidsbemiddeling. De voorstellen liggen in het verlengde van de Actie-agenda Leven Lang Ontwikkelen die de Sociaal-Economische Raad (SER) heeft opgesteld. Door de SER is een groot aantal veelbelovende projecten in kaart gebracht die uitgaan van initiatieven waaraan verschillende lokale of regionale betrokkenen zich gecommitteerd hebben. Deze projecten zouden, met behoud van het lokale karakter, opgeschaald kunnen worden om het verlies van werk door robotisering op te vangen.

Behoeft aan technisch opgeleiden

Wanneer robotisering doorzet is er behoefte aan technisch opgeleid personeel. Daarbij gaat het voor een belangrijk deel om hoger opgeleid technisch personeel om robots te programmeren en verder te ontwikkelen. Voor een ander deel gaat het daarbij om middelbaar opgeleid personeel, bijvoorbeeld voor onderhoud van de robots, en om laag- en middelbaaropgeleiden bij het werken met de robots op de werkplek. Dat betekent dat werknemers gestimuleerd moeten worden om zich om te scholen naar technische functies,

maar ook dat jongeren gestimuleerd moeten worden om een technische opleiding te gaan volgen. De basis daarvoor dient in het funderend onderwijs gelegd te worden. De voorgestelde curriculumherziening voor het primair en voortgezet onderwijs, waarin digitale vaardigheden als vak zijn voorzien, biedt daarvoor mogelijk goede aanknopingspunten. Opleidingen in het middelbaar en hoger beroepsonderwijs dienen te anticiperen op de behoefte aan toekomstig technisch personeel. Vanuit de overheid kan een voorlichtingscampagne worden opgezet om jongeren te bewegen voor een technische opleiding te kiezen.

Gevolgen robotisering meenemen in herziening arbeidsmarkt

Robotisering van werk leidt tot een andere verdeling tussen kapitaal en arbeid. Wanneer robotisering een hoge vlucht neemt, zal minder van de productiviteitswinst door arbeid worden geleverd, en een groter deel door kapitaalgoederen. De revenuen van de productiviteitswinst zullen daarmee eveneens in toenemende mate naar degenen gaan die deze kapitaalgoederen in handen hebben, en minder naar het inkomen uit arbeid. Dit zet het inkomen van werkenden onder druk, maar vergroot bovendien de inkomensverschillen tussen hen die de kapitaalgoederen in handen hebben, en degenen voor wie dit niet geldt. Dit leidt tot polarisatie op de arbeidsmarkt.

Door de Commissie Regulering van Werk (2020) zijn aanbevelingen gedaan om te komen tot een integrale agenda, waarin uitgegaan wordt van de samenhang van verschillende relevante beleidsterreinen voor de arbeidsmarkt. Technologische ontwikkelingen, waaronder de impact van robotisering op de kwaliteit van werk, dienen daarvan onderdeel te zijn.

Summary

Robotics and the quality of work

A knowledge synthesis

5.1 Purpose and scope of the study

Further technological development affects the quality of our work, both now and in the future. Further mechanisation and automation in the form of increasing robotisation can lead to shifts in the amount of work, in the nature of that work, and in the skills that people need in order to perform their work. In the following knowledge synthesis, we offer an overview of the effects of robotisation on the quality of work, and of the developments that are expected in this area. The research question at the heart of this is as follows:

What opportunities and threats does robotisation entail for the quality of work, and to what extent do these opportunities and threats differ by social group?

To answer this key question, we have formulated the following subquestions:

1. To what extent is work being robotised in the Netherlands?
2. What are the consequences of robotisation for the quality of work, and to what extent and how will the consequences of robotisation differ for various groups of workers?
3. What are the expectations regarding future developments in robotisation, and what will this mean for the quality of work in 2030?

Robotisation refers to the process by which work is increasingly being done by robots. In this knowledge synthesis, we have looked at both industrial and professional service robots. An industrial robot is a machine that can be programmed to perform a variety of tasks independently. It is distinct from other machines because it can be used for different tasks, and can be reprogrammed for each of these tasks. Service robots support tasks that are done by humans, or perform a more service-oriented role. In this knowledge synthesis, we have focused specifically on professional service robots, which are designed to perform tasks in the workplace. These include automatically guided vehicle systems (AGVs), which are used for logistics tasks, agricultural robots such as milking robots, and inspection robots.

Where the quality of work is concerned, in this knowledge synthesis we have looked at what robotisation means for workers' job security, their income, the work pressure they experience, and the extent to which their work is meaningful to them. We have also looked in some detail at the extent to which workers can combine work, care for their families, and learning.

For the first subquestion, we examined the extent to which robots are currently used in Dutch business and how the robotisation of work has developed over the past ten years.

Developments in the Netherlands are also placed in an international context. For the second subquestion, we analysed what empirical research can tell us about the effects of robotisation on the quality of work and about what mechanisms play a role here. The second subquestion looks specifically at possible differences between groups of workers, to see whether mechanisms work differently for certain social groups than for others. These include level of education attained, age, and gender. In order to reveal what underlying mechanisms are at work, we carried out a systematic review of the literature, looked at additional literature, and conducted interviews with experts in the field. For the third subquestion, we looked at the extent to which the scholarly literature and the interviews we held with experts revealed expectations regarding the consequences of robotisation for the quality of work.

S.2 The extent to which work is being robotised

Robotisation has so far found only limited acceptance in the Netherlands. Only a relatively small proportion of workers have to deal with robots in their jobs. These are mainly employees of medium and large industrial companies – specifically companies in the automotive, electronics, and e-commerce sectors. In other sectors, such as financial and business services, construction, transport, healthcare, and education, robots are being put to work either not at all or only to a small degree. Although the current use of robots in the workforce is limited, it is on the rise. Whereas robotisation increased sharply in several other European countries from 2000 on, it remained relatively limited in the Netherlands. In the past five to ten years, however, the Netherlands has been catching up. Between 2013 and 2018, the growth in the number of robots was significantly higher than the average for Europe. This relatively strong growth has made the Netherlands one of the more robotised countries in the world. Recently, the growth of robotisation in the Netherlands seems to be levelling off, and fewer new robots are being adopted each year than was the case a few years back. The corona crisis is expected to further slow this growth.

S.3 Consequences of robotisation for the quality of work

Consequences of robotisation on employment

No studies have yet been done in the Netherlands on the effects of robotisation on employment. Over the past few years, however, a number of international studies have addressed the effects on employment, including some that cover the Netherlands. These mainly concern macroeconomic research that looks at the effects of robotisation in an industrial setting. While some of the studies find that robotisation has small positive effects or no effects on employment, a larger number of empirical studies indicate that robotisation leads to a decrease in job security for workers. Thus, when it comes to individual workers' job security, further robotisation in their industries will lead to a higher chance of dismissal or, for young people, will make it more likely that they will have less of a

chance of finding work in the sector in question. If they do not have enough skills to switch to another industry, their job security will be under threat.

Consequences of robotisation for workers' income

Macroeconomic studies on the effects of robotisation employment often focus, too, on its effects on workers' income.

Robotisation seems to have positive effects on the hourly wages of workers. On the other hand, the effects on income seem to be rather negative. One possible explanation is that the productivity gains from the introduction of robotisation allow firms to increase workers' hourly wages. At the same time, however, the average number of hours worked drops, thus cutting total labour costs. That being said, the lack of data at the individual level means we can only speculate about what the exact effects on individual workers are. For example, it is possible that employees, or some of them, will work fewer hours but will be paid more for each hour they work. It is also possible, however, that the effects that are found will have been caused by staff changes. This may happen if, for example, a large number of low-paid workers who previously performed operational tasks are made redundant and some better-paid workers are hired for new tasks that have been created by robotisation.

Consequences of robotisation for the work pressure on workers

Only a small number of studies focus on differences in work pressure between tasks that are carried out with or without a robot. Besides a few qualitative studies within the agricultural sector, they have mainly involved qualitative research within healthcare. The research that is available shows that the degree to which workers experience physical or mental work pressure depends to a large extent on the way in which the robot is used in one or another work process. In this respect, both the actual work pressure, in terms of the amount of work to be done and the time pressure associated with this, and opportunities the worker has to control how they carry out their work, seem to determine the work pressure they experience. Robotisation can relieve this pressure, for example by carrying out tasks that reduce the actual workload, but it can also limit the worker's autonomy.

Consequences of robotisation for meaningful work

With the content of work and tasks changing as a result of robotisation, the meaning of work also seems to be changing for groups of workers. However, little empirical research has been done on this – particularly case studies on how workers perceive the introduction of robots into their workplaces. The expectation that work will become more – or less – meaningful for workers is mainly derived from what kind of work is taken over by robots and thus no longer needs to be done by employees. The studies that have been carried out on the extent to which workers feel their work has become more challenging, more monotonous, or more interesting show that this differs greatly depending on the work situation involved or the position a worker has. The interviews with experts revealed similar assessments and observations. Robotisation can make work more meaningful – that is,

more interesting, less boring, or less demanding. But it can also make the work more tedious, and thus less meaningful.

Consequences of robotisation for the possibilities of combining work with care for family members and with education

Empirical research on the consequences of robotisation for the combination pressure that workers may or may not experience is still lacking. A few case studies suggest that, through the deployment of professional service robots, robotisation can lead to greater flexibility, given that time-dependent tasks are carried out by a robot. In addition, the number of tasks may decrease as they are taken over by a robot. When there is greater flexibility in terms of the work to be done, it is relatively easier to combine work with tasks involving care for family members, and with learning activities. The lack of research analysing in more detail the extent to which workers actually have the scope to fulfil other tasks in addition to their work, and the very specific context to which the available case studies relate, mean that no clear conclusions can be drawn here for the time being.

Consequences of robotisation for different groups of workers

The consequences of robotisation may differ for specific groups of workers. As far as differences by level of education are concerned, previous research on the consequences of automation shows that those with a senior vocational education experience particular disadvantages. It is especially jobs in the middle segment of the labour market that involve a relatively large amount of administrative work and that are thus more sensitive than average to automation. The research into the effects of robotisation on the quality of work also indicates that some of the jobs done by those with a senior vocational education are under pressure. At the same time, the negative effects of robotisation on low-skilled work seem to be farther-reaching. One possible explanation for this is that automation relates primarily to cognitive tasks that can be taken over by a computer, whereas robotisation often involves a combination of physical and cognitive tasks. Due to the combination of automation and mechanisation, robotisation has a relatively stronger impact on production at the operational level, especially where industrial robots are involved. This affects the job security of, but also how much income is earned by, lower educated workers and – to some degree – those with a senior vocational education. The effects on income are more pronounced for lower educated than for better-educated workers.

From the interviews with experts, and partly from the case studies in literature, it turns out, too, that robotisation often eliminates mind-numbing, dangerous, or physically demanding work, and replaces it with more-challenging, technically more-advanced work, which is of particular benefit to those with a higher education.

Studies on the effects of robotisation rarely distinguish between specific age groups.

Where this is done, it does not reveal any clear effects for different age groups in terms of job security or earnings. One study from Germany has concluded that robotisation has an effect on the creation of new job openings in companies where it is taking place. It seems

likely that this will primarily affect those who are starting out on the labour market – mostly young people who have just completed their education. However, it is unclear to what extent these findings also apply to the Dutch context.

Research on robotisation does not explicitly address differences in effect by gender. At the moment, robotisation mainly takes place in production companies, and less so in service professions such as healthcare and education. Since it is precisely in the service sector that relatively more women work, it is likely that, in the current situation, they will be less heavily affected by the consequences of robotisation than men will.

5.4 Future developments related to robotisation and potential consequences for the quality of work in 2030

It is generally anticipated that the impact of robots will grow over the next decade. This goes for both industrial and professional service robots. Professional service robots in particular are expected to see the greatest growth. The corona crisis will reduce growth rates this year, and possibly next, and sales may dip, but based on experience with previous crises, it is expected that this will be an anomaly. At the same time, growth is expected to be gradually up until 2030. A reason for this is that many expectations and forecasts are based on the potential of technology and therefore tend to paint too rosy a picture, at least in the short to medium term. According to some experts, this does not alter the fact that in the next ten years there may be technological breakthroughs that accelerate robotisation.

Consequences of increasing robotisation on employment

If robotisation continues at a pace similar to what we have seen in recent years, the number of industrial robots in our country will continue to grow by between 800 and 1,400 annually. Existing studies estimate that the purchase of each industrial robot eliminates anywhere from two to three jobs. This would mean that between 1,600 and 4,200 jobs would disappear each year as a result of robotisation. Estimates are beset with considerable uncertainties. They are, moreover, based on a net change in the number of jobs, which also includes newly created – and often different – jobs. This means that the number of workers who will see their work taken over by a robot will actually be higher. It is anticipated that this will primarily affect the lower educated, and possibly some of those with a senior vocational education.

If future growth is seen mainly in the number of cobots in the workplace, significantly fewer jobs are likely to disappear. There are still no studies available on which to base estimates on these figures. And this is true, too, of professional service robots. Some of these will have an impact on the number of jobs, for example in AGV systems, but others will have no impact or will even lead to an increase in new jobs – particularly where workers use robots to be better able to perform their job.

Consequences of increasing robotisation for workers' income

It is anticipated that further robotisation in the industrial sector will lead to a relative drop in workers' income. Studies differ on the magnitude of the effects on income: those done in the United States and China are finding larger effects than those based entirely or largely on European data. If we go by data from Germany, it would seem that the effects will be relatively minor. Although these are rough estimates, and though this data cannot be directly extrapolated from Germany to the Netherlands, partly because of the relatively high density of robots there, they nevertheless indicate that the differences in income for a large group of workers in industrial companies may remain limited. The negative effects of robotisation on workers' income primarily affect the lower educated and those with a senior vocational education degree. Those with a higher education, and especially those with a technical background, seem more likely to see their income go up as a result of increasing robotisation.

Consequences of robotisation for work pressure and the value of work

Studies on the effects of robotisation on work pressure, and on the extent to which employees regard their work as meaningful, make it clear that these effects seem to depend to a large extent on the way in which the work is organised at the practical level. If robots are introduced to support workers in their tasks, the work pressure is likely to drop. As robots take over tasks, workers have more time for their other duties. In situations where robots are used to relieve staff of their workload by taking over tasks that are felt to be burdensome, or where they are used to free up time for new, interesting tasks, then robotisation, and automation in general, leads to a reduction in work pressure. However, the workload can also increase when all mundane or straightforward tasks are automated. That can make work more stressful and less varied. The lack of a healthy mix of challenging and routine work can lead to work pressure and stress. In addition, in situations where workers feel they are no longer in control because the machine is setting the pace of work, or if they feel that the machine is being used to control their output, they may experience an increase in work pressure. Robots can also be configured so that people can barely keep up with them – this for the sake of productivity gains. That can in turn undermine workers' autonomy and thus increase the work pressure they perceive. The degree to which workers experience their work as meaningful also depends to a large degree on the choices that organisations make. It would seem to be important to get a clear picture of the system of interdependent activities. Studies show that work practices in an organisation can be changed by robotisation. Some employees experience this as an enrichment of their role or of the work they do, while others within the same organisation see it as detracting from their role and their work.

5.5 Implications for policy and practice

Limited knowledge about the consequences of robotisation

In this study we describe the knowledge we have gathered through a literature review and interviews with experts about the consequences of robotisation for the quality of work. The overview reveals that for some aspects we gained insight in what the effects are, but that our understanding of other consequences is still lacking. In addition, there is still only a limited understanding of the mechanisms that play a role here. Because specific empirical research on the consequences of robotisation for the quality of work in the Dutch context is still lacking, we rely heavily on insights that have been gained in other countries. For the sake of an empirically based labour-market policy, it would therefore seem to be advisable to carry out more focused studies in the coming years on the effects of robotisation in the Netherlands too.

Robotisation is not an exogenous force. Rather, it calls for choices to be made at the level of both policy and practice

Robotisation is often erroneously seen as an autonomous phenomenon that is difficult to influence. This study indicates that technological development has its own dynamics, and that these cannot always be managed or predicted. At the same time, the results also show that it is possible to influence how technology is introduced and used. The actual outcomes depend on the choices made by companies and countries alike. Using robots in order to reduce dependency on the labour factor has a consequence that is completely different from that which results from using them to support employees. These choices are made primarily by companies and other organisations, but the government has a role to play in providing the frameworks within which companies and employees must make their choices. In order to exploit the potential that robotisation offers, not only from the particular perspective of business but also from the social perspective, a robotisation agenda that is broadly shared by all stakeholders should be showing the way forward. It would be a good idea, it seems, for the government to get such an agenda up and running.

Retraining low-educated workers

If robotisation continues, as it is generally expected to, it will have a particularly negative impact on low-educated workers. They are more likely to lose their jobs, and the low level of employment that robotisation will bring about for the lower educated will make it harder for them to find another job when they are laid off. Because of the falling number of employment opportunities for the lower educated, their income will also come under pressure, especially as investments in robotics become cheaper. In addition, a number of case studies show that the lower educated are more likely to perform work that is less meaningful to them. Companies that integrate robots into their work processes can be encouraged to create opportunities to keep low-educated workers in their jobs, for example by providing further training aimed at managing or checking the work done by robots. In Germany, there have been positive experiences with this, as a result of which employees have been

able to hold on to their jobs. This responsibility for encouraging businesses could be assigned to the social partners.

Retraining and upgrading to other roles

Particularly if robotisation takes place faster than is currently anticipated, and if companies decide to let robots do the work, it is likely that not all workers will be able to keep their jobs. As they move from one job to another, these workers could be supported by training that would help them make the transition. The action agenda for lifelong development, which has been drawn up by the Social and Economic Council (SER), offers a number of useful starting points on this score. The SER has identified a large number of promising projects based on initiatives to which various local or regional stakeholders have committed themselves. These projects could be scaled up, even as they retain their local character, in order to compensate for the loss of work that robotisation causes.

Need for technically trained staff

If robotisation continues, there will be a need for technically trained staff. Key among these will be technical staff with a higher education who can programme robots and develop them further. This will also involve staff with a senior vocational education, who can maintain the robots, for instance, and who, next to lower educated workers, can work with robots on the shop floor. This means that employees should be encouraged to retrain for technical jobs, but also that young people should be encouraged to take up technical training. Senior and higher-vocational-education courses should anticipate the need for future technical staff. The government can set up an information campaign to encourage young people to opt for a technical education.

Taking the consequences of robotisation into account in any revision of the labour-market

The Borstlap Commission has made recommendations for revisions to the labour market. The robotisation of work leads to a different division between capital and labour. When robotisation takes off, a smaller share of productivity gains will be provided by labour, and a larger share by capital goods. The revenues from productivity gains will therefore also increasingly go to those who own these capital goods, and less will go to income from work. This will put pressure on workers' income, but it will also widen the income gap between those who own the capital assets and those who do not. A revision of the labour market should include measures to ensure that all workers continue to receive an adequate income.

Literatuur

* = Literatuur voortkomend uit de systematische literatuurstudie.

- Acemoglu, D. en D. Autor (2011). Skills, Tasks, and technologies: Implications for Employment and Earnings. In: O. Ashenfelter en D. Card (red.), *Handbook of Economics*. Amsterdam: Elsevier.
- Acemoglu, D. en P. Restrepo (2018). The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment. In: *American Economic Review*, jg. 108, nr. 6, p. 1488-1542 (<https://doi.org/10.1257/aer.20160696>).
- *Acemoglu, D. en P. Restrepo (2019). Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. In: *Journal of Economic Perspectives*, jg. 33, nr. 2, p. 3-30 (<https://doi.org/10.1257/jep.33.2.3>).
- Acemoglu, D. en P. Restrepo (2020a). Robots and Jobs: Evidence from us Labor Markets. In: *Journal of Political Economy*, jg. 128, nr. 6, p. 2188-2244 (<https://doi.org/10.1086/705716>).
- Acemoglu, D. en P. Restrepo (2020b). *The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labor demand* (NBER Working Paper Series). Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research.
- Acemoglu, D. en P. Restrepo (2020c). Unpacking Skill Bias: Automation and New Tasks. In: *AEA Papers and Proceedings*, jg. 110, p. 356-361 (<https://doi.org/10.1257/pandp.20201063>).
- Acemoglu, D., C. Lelarge en P. Restrepo (2020). Competing with Robots: Firm-Level Evidence from France. In: *AEA Papers and Proceedings*, jg. 110, p. 383-388 (<https://doi.org/10.1257/pandp.20201003>).
- *Arntz, M., T. Gregory en U. Zierahn (2016). *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries. A comparative Analysis*. Parijs: OECD-publishing (<https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>).
- Asscher, L. (2014). *Robotisering, kansen voor morgen* (Toespraak tijdens het szw-congres op 29 september 2014). Den Haag.
- Autor, David H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. In: *Journal of Economic Perspectives*, jg. 29, nr. 3, p. 3-30.
- *Autor, D. en A. Salomons (2018). Is Automation Labor Share-Displacing? Productivity Growth, Employment, and the Labor Share. In: *Brookings Papers on Economic Activity*, jg. 2018, nr. 1, p. 1-87 (<https://doi.org/10.1353/eca.2018.0000>).
- Autor, D.H., F. Levy en R.J. Murnane (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. In: *The Quarterly Journal of Economics*, jg. 118, nr. 4, p. 1279-1333 (<https://doi.org/10.1162/003355303322552801>).
- Bakker, A.B. en E. Demerouti (2007). The job demands-resources model: State of the art. In: *Journal of Management Psychology*, jg. 22, nr. 3, p. 309-328.
- *Barrett, M., E. Oborn, W.J. Orlikowski en J. Yates (2012). Reconfiguring Boundary Relations: Robotic Innovations in Pharmacy Work. In: *Organization Science*, jg. 23, nr. 5, p. 1448-1466 (<https://doi.org/10.1287/orsc.1100.0639>).
- Barth, Erling, Marianne Røed, Pål Schøne en Janis Umblis (2020). *How Robots Change Within-Firm Wage Inequality* (IZA Discussion Paper No. 13605). Bonn: Institute of Labor Economics (IZA).
- Becker, G.S. (1957). *The economics of discrimination*. Chicago: University of Chicago press.
- Been, W.M. (2015). *European top managers' support for work-life arrangements* (proefschrift). Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Berman, Eli, John Bound en Stephen Machin (1998). Implications of Skill-Biased Technological Change: International Evidence. In: *The Quarterly Journal of Economics*, jg. 113, nr. 4, p. 1245-1279 (<https://doi.org/10.1162/003355398555892>).

- Bessen, James, Maarten Goos, Anna Salomons en Wiljan van den Berge (2019). *Automatic Reaction – What Happens to Workers at Firms that Automate?* (Law & Economics Series Paper No. 19-2). Boston: Boston University School of Law.
- Bolhaar, J. (2016). *De flexibele schil van de Nederlandse arbeidsmarkt: een analyse op basis van microdata*. Den Haag: Centraal Planbureau.
- Bonfiglioli, A., R. Rosario Crinò, H. Harald Fadinger en G. Gino Gancia (2020). *Robot Imports and Firm-Level Outcomes*. (cesifo Working Paper No. 8741). München: Munich Society for the Promotion of Economic Research.
- *Borenstein, J. (2009). Robots and the changing workforce. In: *AI & Society*, jg. 26, nr. 1, p. 87-93 (<https://doi.org/10.1007/s00146-009-0227-0>).
- Bowles, J. (2014). *Chart of the Week: 54% of EU jobs at risk of computerization*. Geraadpleegd 24 juli 2020 via <https://www.bruegel.org/2014/07/chart-of-the-week-54-of-eu-jobs-at-risk-of-computerisation/>.
- Brink, H. van den (2020). *Gegevens industriële robots in Nederland*. Niet gepubliceerd.
- *Brougham, D. en J. Haar (2017). Smart Technology, Artificial Intelligence, Robotics, and Algorithms (STARA): Employees' perceptions of our future workplace. In: *Journal of Management & Organization*, jg. 24, nr. 2, p. 239-257 (<https://doi.org/10.1017/jmo.2016.55>).
- *Bruun, E.P.G. en A. Duka (2018). Artificial Intelligence, Jobs and the Future of Work: Racing with the Machines. In: *Basic Income Studies*, jg. 13, nr. 2 (<https://doi.org/10.1515/bis-2018-0018>).
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2011). *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*. Lexington, Massachusetts: Digital Frontier Press.
- Brynjolfsson, E. en A. McAfee (2014). *The second machine age. Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York: W.W. Norton & company, inc.
- Callahan, P. (2019). *The deadly race. How Amazon Hooked America on Fast Delivery While Avoiding Responsibility for Crashes*. Geraadpleegd 20 april 2020 via <https://features.propublica.org/amazon-delivery-crashes/how-amazon-hooked-america-on-fast-delivery-while-avoiding-responsibility-for-crashes/>.
- Cam, A., M. Chui en B. Hall (2019). *Global AI Survey: AI Proves Its Worth, but Few Scale Impact: Survey*. Geraadpleegd 20 april 2020 via <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/global-ai-survey-ai-proves-its-worth-but-few-scale-impact>.
- Carbonero, F., E. Ernst en E. Weber (2018). *Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade* (ILO working paper nr. 36). Genève: International Labour Organization.
- Catchpole, K., A. Bisantz, M.S. Hallbeck, M. Weigl, R. Randell, M. Kossack en J.T. Anger (2019). Human factors in robotic assisted surgery: Lessons from studies 'in the Wild'. In: *Applied Ergonomics*, jg. 78, p. 270-276 (<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.02.011>).
- cbs (2018). *Armoede en sociale uitsluiting 2018*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- cbs (2019). *7 procent bedrijven gebruikt robots*. Geraadpleegd 20 april 2020 via <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/42/7-procent-bedrijven-gebruikt-robots>.
- cbs (2021). *Detailhandel; omzetontwikkeling internetverkopen, index 2015=100*. Geraadpleegd 28 januari 2021 via <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83867NED/table?ts=1600703016688>.
- Chiacchio, F., G. Petropoulos en D. Pichler (2018). *The impact of industrial robots on EU employment and wages: A local labour market approach*. Brussel: Bruegel.
- *Cho, J. en J. Kim (2018). Identifying Factors Reinforcing Robotization: Interactive Forces of Employment, Working Hour and Wage. In: *Sustainability*, jg. 10, nr. 2 (<https://doi.org/10.3390/su10020490>).
- Clifton, J., A. Glasmeier en M. Gray (2020). When machines think for us: the consequences for work and place. In: *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, jg. 13, p. 3-23.
- Commissie Regulering van Werk (2020). *In wat voor land willen wij werken? Naar een nieuw ontwerp voor de regulering van werk. Eindrapport van de Commissie Regulering van Werk 23 januari 2020*. Den Haag: Commissie Regulering van Werk.

- *Compagnucci, F., A. Gentili, E. Valentini en M. Gallegati (2019). Robotization and labour dislocation in the manufacturing sectors of OECD countries: a panel VAR approach. In: *Applied Economics*, jg. 51, nr. 57, p. 6127-6138 (<https://doi.org/10.1080/00036846.2019.1659499>).
- Dauth, W., S. Findeisen, J. Südekum en N. Wößner (2017). *German robots – the impact of industrial robots on workers*. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung.
- Dauth, W., S. Findeisen, J. Jens Suedekum en N. Woessner (2019). *The Adjustment of Labor Markets to Robots*. Geraadpleegd 16 september 2020 via <https://sfndsn.github.io/downloads/AdjustmentLaborRobots.pdf>.
- *Davis, C.J. en E.M. Hufnagel (2007). Through the eyes of experts: A socio-cognitive perspective on the automation of fingerprint work. In: *MIS Quarterly: Management Information Systems*, jg. 31, nr. 4, p. 681-703.
- *Dekker, F., A. Salomons en J. van der Waal (2017). Fear of robots at work: the role of economic self-interest. In: *Socio-Economic Review*, jg. 15, nr. 3, p. 539-562 (<https://doi.org/10.1093/ser/mwx005>).
- Delhey, J. en G. Dragolov (2014). Why Inequality Makes Europeans Less Happy: The Role of Distrust, Status Anxiety, and Perceived Conflict. In: *European Sociological Review*, jg. 30, nr. 2, p. 151-165 (<https://doi.org/10.1093/esr/jct033>).
- Delhey, J., C. Schneickert en L.C. Steckermeier (2017). Sociocultural inequalities and status anxiety: Redirecting the Spirit Level Theory. In: *International Journal of Comparative Sociology*, jg. 58, nr. 3, p. 215-240 (<https://doi.org/10.1177/0020715217713799>).
- Deloitte (2014). *De impact van automatisering op de Nederlandse Arbeidsmarkt: Een gedegen verkenning op basis van Data Analytics*. Geraadpleegd 21 juli 2020 via <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/deloitte-analytics/deloitte-nl-data-analytics-impact-van-automatisering-op-de-nl-arbeidsmarkt.pdf>.
- Deloitte (2019). *Robots on the move: Professional service robots set for double-digit growth*. TMT Predictions 2020. Geraadpleegd 28 januari 2021 via <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/tmt-predictions-2020-professional-service-robots.html>.
- Deming, D.J. (2020). The robots are coming. Prepare for trouble. In: *The New York Times*, 30 januari 2020.
- Denyer, D. en D. Tranfield (2009). Producing a systematic review. In: D.A. Buchanan en A. Bryman (red.), *The SAGE Handbook of Organizational Research Methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Dixon, J., B. Hong en L. Wu (2019). *The Employment Consequences of Robots: Firm-level Evidence* (NYU Stern School of Business Paper). Geraadpleegd 10 december 2020 via <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3422581>.
- Duffy, R.D., D.L. Blustein, M.A. Diemer en K.L. Autin (2016). The Psychology of Working Theory. In: *Journal of Counseling Psychology*, jg. 63, nr. 2, p. 127-148 (<https://doi.org/10.1037/cou0000140>).
- Dzieza, J. (2020). *How hard will the robots make us work?* Geraadpleegd 20 april 2020 via <https://www.theverge.com/2020/2/27/21155254/automation-robots-unemployment-jobs-vs-human-google-amazon>.
- *Est, Rinie van en Linda Kool (2015). *Werken aan de robotsamenleving: visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- EU-OSHA (2018). *Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Evans, W. (2019). *Ruthless Quotas at Amazon Are Maiming Employees*. Geraadpleegd 20 april 2020 via <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2019/11/amazon-warehouse-reports-show-worker-injuries/602530/>.
- *Fleming, P. (2018). Robots and Organization Studies: Why Robots Might Not Want to Steal Your Job. In: *Organization Studies*, jg. 40, nr. 1, p. 23-38 (<https://doi.org/10.1177/0170840618765568>).
- Ford, M. (2015). *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*. New York: Basic Books.
- Franco, A., N. Malhotra en G. Simonovits (2014). Publication bias in the social sciences: Unlocking the file drawer. In: *Science*, jg. 345, nr. 6203, p. 1502-1505 (<https://doi.org/10.1126/science.1255484>).
- *Freese, C., R. Dekker, L. Kool, F. Dekker en R. van Est (2018). *Robotisering en automatisering op de werkvloer: bedrijfskeuzes bij technologische innovaties*. Den Haag: Rathenau Instituut.

- Frey, C.B. en M.A. Osborne (2013). *The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation?* Oxford: Oxford Martin School | University of Oxford.
- Frey, C.B. en M.A. Osborne (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerization? In: *Technological Forecasting and Social Change*, jg. 114, nr. C, p. 254-280.
- Gerber, A.S. en N. Malhotra (2008). Publication Bias in Empirical Sociological Research. Do Arbitrary Significance Levels Distort Published Results? In: *Sociological Methods & Research*, jg. 37, nr. 1, p. 3-30 (<https://doi.org/10.1177/0049124108318973>).
- Giuntella, O. en T. Wang (2019). *Is an Army of Robots Marching on Chinese Jobs?* Bonn: Insitute of Labor Economics.
- Goldin, C. en L.F. Katz (2008). *The Race between Education and Technology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Goos, Maarten, Melanie Arntz, Ulrich Zierahn, Terry Gregory, Stephanie Carratero Gómez, Igacio González Vázquez en Koen Jonkers (2019). *The impact of technological innovation on the future of work* (JRC Working Papers Series on Labour, education and Technology 2019/03). Sevilla: Europese Commissie.
- Gombolay, M., A. Bair, C. Huang en J. Shah (2017). Computational design of mixed-initiative human-robot teaming that considers human factors: situational awareness, workload, and workflow preferences. In: *The International Journal of Robotics Research*, jg. 36, nr. 5-7, p. 597-617 (<https://doi.org/10.1177/0278364916688255>).
- Graetz, G. en G. Michaels (2018). Robots at Work. In: *The Review of Economics and Statistics*, jg. 100, nr. 5, p. 753-768 (https://doi.org/10.1162/rest_a_00754).
- Hansen, B.G. (2015). Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. In: *Journal of Rural Studies*, jg. 41, p. 109-117 (<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.08.004>).
- Hubert, N., M. Gilles, K. Desbrosses, J.P. Meyer, J. Felblinger en J. Hubert (2013). Ergonomic assessment of the surgeon's physical workload during standard and robotic assisted laparoscopic procedures. In: *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, jg. 9, nr. 2, p. 142-147 (<https://doi.org/10.1002/rcs.1489>).
- Humlum, Anders (2019). *Robot Adoption and Labor Market Dynamics*. (Unpublished Job Market Paper, Princeton University).
- IFR (2014). *Executive Summary World Robotics 2014*. Geraadpleegd 21 juli 2020 via http://www.diag.uniroma1.it/~deluca/rob1_en/2014_WorldRobotics_ExecSummary.pdf.
- IFR (2015). *Executive Summary World Robotics 2015*. Geraadpleegd 21 juli 2020 via https://www.diag.uniroma1.it/~deluca/rob1_en/2015_WorldRobotics_ExecSummary.pdf.
- IFR (2016). *Executive Summary World Robotics 2016 Industrial Robots*. Geraadpleegd 21 juli 2020 via https://ifr.org/img/uploads/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_20161.pdf.
- IFR (2017). *Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots*. Geraadpleegd 21 juli 2020 via https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf.
- IFR (2018). *Number of installed industrial robots per 10,000 employees in the manufacturing industry 2016*. Geraadpleegd 21 juli 2020 via https://ifr.org/img/uploads/Robot_density_by_country_page_1.jpg.
- IFR (2019a). *Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots*. Geraadpleegd 17 augustus 2020 via <https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf>.
- IFR (2019b). *Executive Summary World Robotics 2019 Service Robots*. Geraadpleegd 18 augustus 2020 via https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2019.pdf.
- IFR (2019c). *World Robotics: Industrial Robots 2019*. Geraadpleegd 17 augustus 2020 via https://ifr.org/downloads/press2018/IFR_World_Robotics_Outlook_2019_-_Chicago.pdf.
- IFR (2019d). *Robot Investment Reaches Record 16.5 billion USD – IFR presents World Robotics*. Geraadpleegd 18 augustus 2020 via https://ifr.org/downloads/press2018/2019-09-18_Press_Release_IFR_World_Robotics_2019_Industrial_Robots_English.pdf.

- IFR (2019e). *Highest robot density in Singapore – lowest average in Asia*. Geraadpleegd 18 augustus 2020 via https://ifr.org/downloads/press2018/Robot_Densities_by_country_WR2019_graph.jpg.
- IFR (2019f). *Brexit: UK falling back in global automation race – robot sales down 3%*. Geraadpleegd 18 augustus 2020 via <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/brexit-uk-falling-back-in-global-automation-race-robot-sales-down-3>.
- IFR (2019g). *Collaborative industrial robots still a niche*. Geraadpleegd 18 augustus via https://ifr.org/downloads/press2018/Cobots_2017_2018_WR2019_share.jpg.
- IFR (2020a). *Executive Summary World Robotics 2020 Service Robots*. Geraadpleegd 11 december 2020 via https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2020_Service_Robots.pdf.
- IFR (2020b). *Executive Summary World Robotics 2020 Industrial Robots*. Geraadpleegd 11 december 2020 via https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2020_Industrial_Robots_1.pdf.
- ING (2019). *Groei aantal robots vertraagt, risico voor productiviteitsgroei*. Geraadpleegd 20 april 2020 via <https://www.ing.nl/zakelijk/kennis-over-de-economie/uw-sector/industrie/hogere-productiviteit-prioriteit-voor-industrie.html>.
- *James, K.L., D. Barlow, A. Bithell, S. Hiom, S. Lord, P. Oakley, M. Pollard, D. Roberts, C. Way en C. Whittlesea (2013). The impact of automation on pharmacy staff experience of workplace stressors. In: *International Journal of Pharmacy Practice*, jg. 21, nr. 2, p. 105-116 (<https://doi.org/10.1111/j.2042-7174.2012.00231.x>).
- Jongejan, W.J. (2020). *Onzin over medische robots en de bestrijding van het coronavirus*. Geraadpleegd 20 april 2020 via <https://www.zorgictzorgen.nl/onzin-over-medische-robots-en-het-bestrijden-van-het-coronavirus/>.
- Jung, J.H. en D.-G. Lim (2020). Industrial robots, employment growth, and labor cost: A simultaneous equation analysis. In: *Technological Forecasting and Social Change*, jg. 159 (<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120202>).
- Kalshoven, F., J. Kossen en S. Zonderland (2019). *Nederland kan beter werken. De uitdagingen op en rond de Nederlandse arbeidsmarkt*. Amsterdam: De Argumentenfabriek.
- Kangasniemi, M., S. Karki, N. Colley en A. Voutilainen (2019). The use of robots and other automated devices in nurses' work: An integrative review. In: *International Journal of Nursing Practice*, jg. 25, nr. 4, p. e12739 (<https://doi.org/10.1111/ijn.12739>).
- Karasek, R.A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. In: *Administrative Science Quarterly*, jg. 24, nr. 2, p. 285-308.
- Karasek, R. (1998). Demand/Control model: A social-emotional, and psychological approach to stress risk and active behavior development. In: J.M. Stellman (red.), *IL0 encyclopedia of occupational health and safety* (p. 34.36-34.14). Genève: International Labour Organization.
- Karasek, R. en T. Theorell (1992). *Healthy Work: Stress, Productivity, and the Reconstruction Of Working Life*. New York: Basic Books.
- Karttunen, Janne P., Risto H. Rautiainen en Christina Lunner-Kolstrup (2016). Occupational Health and Safety of Finnish Dairy Farmers Using Automatic Milking Systems. In: *Frontiers in Public Health*, jg. 4, nr. 147, p. 1-11 (doi: 10.3389/fpubh.2016.00147).
- Keynes, J.M. (1930/1963). Economic possibilities for our grandchildren. In: *Essays in Persuasion* (p. 358-373). New York: W.W.Norton & Co.
- Koch, M., I. Manuylov en M. Smolka (2019). *Robots and Firms* (Economics Working Papers 2019-5). Aarhus: Department of Economics and Business Economics, Aarhus University.
- KOM (2021). *Overzicht soorten/types melkstallen (aantal bedrijven)*. Geraadpleegd 8 januari 2021 via http://www.stichtingkom.nl/index.php/stichting_kom/category/statistiek.
- Landi, C.T., V. Villani, F. Ferraguti, L. Sabattini, C. Secchi en C. Fantuzzi (2018). Relieving operators' workload: Towards affective robotics in industrial scenarios. In: *Mechatronics*, jg. 54, p. 144-154 (<https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.07.012>).

- Law, K.E., B.R. Lowndes, S.R. Kelley, R.C. Blocker, D.W. Larson, M.S. Hallbeck en H. Nelson (2020). NASA-Task Load Index Differentiates Surgical Approach: Opportunities for Improvement in Colon and Rectal Surgery. In: *Annals of Surgery*, jg. 271, nr. 5, p. 906-912 (<https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003173>).
- Layte, R. en C.T. Whelan (2014). Who Feels Inferior? A Test of the Status Anxiety Hypothesis of Social Inequalities in Health. In: *European Sociological Review*, jg. 30, nr. 4, p. 525-535.
- Lee, G.I., M.R. Lee, T. Clanton, E. Sutton, A.E. Park en M.R. Marohn (2014). Comparative assessment of physical and cognitive ergonomics associated with robotic and traditional laparoscopic surgeries. In: *Surgical Endoscopy*, jg. 28, nr. 2, p. 456-465 (<https://doi.org/10.1007/s00464-013-3213-z>).
- *Lichtenthaler, U. (2019). Extremes of acceptance: employee attitudes toward artificial intelligence. In: *Journal of Business Strategy* (<https://doi.org/10.1108/jbs-12-2018-0204>).
- *Lloyd, C. en J. Payne (2019). Rethinking country effects: robotics, AI and work futures in Norway and the UK. In: *New Technology, Work and Employment*, jg. 34, nr. 3, p. 208-225 (<https://doi.org/10.1111/ntwe.12149>).
- Luz, M., D. Manzey, S. Mueller, A. Dietz, J. Meixensberger en G. Strauss (2014). Impact of navigated-control assistance on performance, workload and situation awareness of experienced surgeons performing a simulated mastoidectomy. In: *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, jg. 10, nr. 2, p. 187-195 (<https://doi.org/10.1002/rcs.1527>).
- Manyika, J., S. Lund, M. Chui, J. Bughin, J. Woetzel, P. Batra, R. Ko en S. Sanghvi (2017). *Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation*. New York: McKinsey Global Institute.
- Maslowski, Ralf (2019). *Grenzen aan een leven lang leren*. Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.
- *Matsumoto, H., M. Ueki, K. Uehara, H. Noma, N. Nozawa, M. Osaki en H. Hagino (2016). Comparison of Healthcare Workers Transferring Patients Using Either Conventional Or Robotic Wheelchairs: Kinematic, Electromyographic, and Electrocardiographic Analyses. In: *Journal of Healthcare Engineering*, jg. 2016 (<https://doi.org/10.1155/2016/5963432>).
- Mauno, S., U. Kinnunen, A. Mäkikangas en T. Feldt (2010). Job demands and resources as antecedents of work engagement: A qualitative review and directions for future research. In: S.L. Albrecht (red.), *Handbook of employee engagement: Perspectives, issues, research and practice* (p. 111-128). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Meissner, A., A. Trübswetter, A.S. Conti-Kufner en J. Schmidtler (2020). Friend or Foe? Understanding Assembly Workers' Acceptance of Human-robot Collaboration. In: *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, jg. 10, nr. 1, p. 1-30 (<https://doi.org/10.1145/3399433>).
- Michaels, G. (2007). *The Division of Labor, Coordination, and the Demand for Information Processing* (CEPR Discussion Paper No. DP6358). Washington, D.C.: Centre for Economic Policy Research.
- Moldes, Juan M., Francisco Ignacio de Badiola, Roberto Luis Vagni, Pedro Mercado, Virginia Tuchbaum, Marcos G. Machado en Pedro José López (2019). Pediatric Robotic Surgery in South America: Advantages and Difficulties in Program Implementation. In: *Frontiers in Pediatrics*, jg. 7, nr. 94 (<https://doi.org/10.3389/fped.2019.00094>).
- Moore, L.J., M.R. Wilson, J.S. McGrath, E. Waine, R.S. Masters en S.J. Vine (2015). Surgeons' display reduced mental effort and workload while performing robotically assisted surgical tasks, when compared to conventional laparoscopy. In: *Surgical Endoscopy*, jg. 29, nr. 9, p. 2553-2560 (<https://doi.org/10.1007/s00464-014-3967-y>).
- Murphy, Robin R., Vignesh Babu Manjunath Gandudi en Justin Adams (2020). *Applications of Robots for COVID-19 Response* (ongepubliceerd paper Texas A&M University, College Station, Texas, Verenigde Staten). Geraadpleegd 8 februari 2021 via <https://arxiv.org/pdf/2008.06976.pdf>.
- *Nomaler, Ö. en B. Verspagen (2019). Perpetual growth, the labor share, and robots. In: *Economics of Innovation and New Technology*, p. 1-19 (<https://doi.org/10.1080/10438599.2019.1643557>).
- O'Donovan, C. en K. Bessinger (2019). *The cost of next-day delivery*. Geraadpleegd 20 april 2020 via <https://www.buzzfeednews.com/article/carolineodonovan/amazon-next-day-delivery-deaths>.

- OECD (2016). *How good is your job? Measuring and assessing job quality*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD (2018). *Good jobs for all in a changing world of work. The OECD Jobs strategy*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. Geraadpleegd 10 september 2020 via https://www.oecd.org/employment/emp/long%20booklet_EN.pdf.
- OECD (2019). *The future of work. OECD Employment Outlook 2019*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (<https://doi.org/10.1787/9ee00155-en>).
- Olmstead, A.L. en P.W. Rhode (2001). Reshaping the landscape: The impact and diffusion of the tractor in american agriculture, 1910–1960. In: *The Journal of Economic History*, jg. 61, nr. 3, p. 663-698 (<https://doi.org/10.1017/S0022050701030042>).
- *Parks, J.A. (2020). Lifting the Burden of Women's Care Work: Should Robots Replace the “Human Touch”? In: *Hypatia—a Journal of Feminist Philosophy*, jg. 25, nr. 1, p. 100-120 (<https://doi.org/10.1111/j.1527-2009.01086.x>).
- Putters, K. (2015). Zinnvolle Participatie. In: *Tijdschrift voor Arbeidsvraagstukken*, jg. 31, nr. 4, p. 491-494.
- Quillian, L., D. Pager, O. Hexel en A.H. Midtboen (2017). Meta-analysis of field experiments shows no change in racial discrimination in hiring over time. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, jg. 114, nr. 41, p. 10870-10875 (<https://doi.org/10.1073/pnas.1706255114>).
- Reinerman-Jones, L., D.J. Barber, J.L. Szalma en P.A. Hancock (2017). Human interaction with robotic systems: performance and workload evaluations. In: *Ergonomics*, jg. 60, nr. 10, p. 1351-1368 (<https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1254282>).
- Rosso, B.D., K.H. Dekas en A. Wrzesniewski (2010). On the meaning of work: A theoretical integration and review. In: *Research in Organizational Behavior*, jg. 30, p. 91-127 (<https://doi.org/10.1016/j.riob.2010.09.001>).
- Saeidi, H., J.R. Wagner en Y. Wang (2017). A Mixed-Initiative Haptic Teleoperation Strategy for Mobile Robotic Systems Based on Bidirectional Computational Trust Analysis. In: *IEEE Transactions on Robotics*, jg. 33, nr. 6, p. 1500-1507 (<https://doi.org/10.1109/tro.2017.2718549>).
- Savela, N., T. Turja en A. Oksanen (2018). Social Acceptance of Robots in Different Occupational Fields: A Systematic Literature Review. In: *International Journal of Social Robotics*, jg. 10, nr. 4, p. 493-502 (<https://doi.org/10.1007/s12369-017-0452-5>).
- Schaufeli, W.B., A.B. Bakker en W. van Rhenen (2009). How changes in job demands and resources predict burnout, work engagement, and sickness absenteeism. In: *Journal of organizational behavior*, jg. 20, p. 893-917.
- Schieman, S., P. Glavin en M.A. Milkie (2009). When work interferes with life: Work-nonwork interference and the influence of work-related demands and resources. In: *American Sociological Review*, jg. 74, nr. 6, p. 966-988.
- Selkowitz, A.R., S.G. Lakhmani en J.Y.C. Chen (2017). Using agent transparency to support situation awareness of the Autonomous Squad Member. In: *Cognitive Systems Research*, jg. 46, p. 13-25 (<https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2017.02.003>).
- Seyitoğlu, F. en S.H. Ivanov (2020). *Service robots as a tool for physical distancing in tourism*. (<https://doi.org/10.31235/osf.io/k3z6m>).
- Spencer, D. en G. Slater (2020). No automation please, we're British: technology and the prospects for work. In: *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, jg. 13, nr. 1, p. 117-134 (<https://doi.org/10.1093/cjres/rsaa003>).
- Statista (2020). *Worldwide shipments of industrial robots from 2004 to 2018*. Geraadpleegd 17 augustus 2020 via <https://www.statista.com/statistics/264084/worldwide-sales-of-industrial-robots/>.
- Schwab, Klaus (2017). *The fourth industrial revolution*. New York: Crown Business.
- Techleap.nl (2020). *The Dutch Tech Ecosystem and COVID-19: Impact Report*. Geraadpleegd 10 september 2020 via <https://www.techleap.nl/reports/the-dutch-tech-ecosystem-and-covid-19-impact-report/>.

- Teo, G., L. Reinerman-Jones, G. Matthews, J. Szalma, F. Jentsch en P. Hancock (2018). Enhancing the effectiveness of human-robot teaming with a closed-loop system. In: *Applied Ergonomics*, jg. 67, p. 91-103 (<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.07.007>).
- TNO (2018). *Opkomende risico's voor arbeidsveiligheid; werken in dezelfde ruimte als een cobot*. Den Haag: TNO.
- TNO (2020). *Zero Programming boosts the efficiency of industrial robots*. Geraadpleegd 6 juli 2020 via <https://www.tno.nl/en/focus-areas/industry/roadmaps/smart-industry/zero-programming-boosts-the-efficiency-of-industrial-robots/>.
- umc Utrecht (2020). *Het aantal robots zal snel fors toenemen*. Geraadpleegd 14 december 2020 via <https://www.umcutrecht.nl/nieuws/het-aantal-robots-zal-snel-fors-toenemen>.
- Upchurch, M. (2018). Robotics and AI at Work: The Prospects for Singularity. In: *New Technology, Work and Employment*, jg. 33, nr. 3, p. 205-218.
- Vaessen, C. (2011). Location of robotic surgical systems worldwide and in France. In: *Journal of Visceral Surgery*, jg. 148, nr. 5, Supplement p. e9-e11 (<https://doi.org/10.1016/j.jviscsurg.2011.04.004>).
- Villani, Valeria, Beatrice Capelli, Cristian Secchi, Cesare Fantuzzi en Lorenzo Sabattini (2019). Humans interacting with multi-robot systems: a natural affect-based approach. In: *Autonomous Robots*, jg. 44, p. 601-616 (<https://doi.org/10.1007/s10514-019-09889-6>).
- *Went, R., M. Kremer en A. Knottnerus (red.) (2015). *De robot de baas. De toekomst van werk in het tweede machinetijdperk*. Den Haag: Wetenschappelijk Raad voor het Regeringsbeleid.
- Wong, C.Y. en G. Seet (2017). Workload, awareness and automation in multiple-robot supervision. In: *International Journal of Advanced Robotic Systems*, jg. 14, nr. 3 (<https://doi.org/10.1177/1729881417710463>).
- Xiao, Maya (2020). *COVID-19 To Reduce 2020 Industrial Robot Revenue By >8%, Followed By A Rapid Growth To Return From 2021*. Geraadpleegd 10 december 2020 via <https://www.interactanalysis.com/covid-19-to-reduce-2020-industrial-robot-revenue-by-8-followed-by-a-rapid-growth-to-return-from-2021/>.
- Yang, G.-Z., B. J. Nelson, R.R. Murphy, H. Choset, H. Christensen, S. H. Collins, P. Dario, K. Goldberg, K. Ikuta, N. Jacobstein, D. Kragic, R.H. Taylor en M. McNutt (2020). Combating COVID-19—The role of robotics in managing public health and infectious diseases. In: *Science Robotics*, jg. 5, nr. 40, p. 1-2 (<https://doi.org/10.1126/scirobotics.abb5589>).