

D1.1 Tussenrapportage: De potentie van technologie
als oplossing voor personeelskrapte

Van krapte naar kans: technologie als gamechanger

TNO 2023 R11876 – 3 oktober 2023

Van krapte naar kans: technologie als gamechanger

D1.1 Tussenrapportage: De potentie van technologie als oplossing voor personeelskrapte

Auteurs	Jessie Koen, Ellemarijn de Geit, Roos van den Bergh
Rubricering rapport	TNO Public
Titel	Van krapte naar kans: technologie als gamechanger
Aantal pagina's	32 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	2
Projectnummer	060.53471

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2023 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1 Over het project ‘van krapte naar kans’	5
1.1 Krapte op de arbeidsmarkt.....	5
1.2 Project 'Van krapte naar kans: technologie als gamechanger'.....	5
1.3 Tussenrapport: de potentie van technologie als oplossing voor personeelskrapte	5
2 Inventarisatie arbeidsbesparende en -ondersteunende technologie.....	6
2.1 Wat is arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologie?	6
2.2 Welke vormen van arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologieën zijn er?	7
2.3 Onderzoek naar arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologie	11
3 Impact van arbeidsbesparende en -ondersteunende technologieën op krapte.....	13
4 Inzet en invloed van arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologieën in Nederland	16
4.1 Inzet van technologie.....	16
4.2 Invloed van technologieën in Nederland.....	19
5 In hoeverre is technologie een oplossing voor de tekorten op de arbeidsmarkt?.....	21
5.1 Huidige en verwachte personeelskrapte.....	21
5.2 Potentie van technologie als oplossing voor personeelskrapte.....	22
6 Conclusie en volgende stappen	27
7 Referenties	28
8 Bijlagen	32

Samenvatting

Dit rapport onderzoekt de potentie van arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologieën als mogelijke oplossingen voor de krapte op de arbeidsmarkt.

Het project 'Van krapte naar kans: technologie als gamechanger' richt zich op het begrijpen van de mensgerichte inzet van technologie, inclusief hoe werknemers deze ervaren en de factoren die de implementatie ervan beïnvloeden. Dit tussenrapport beschrijft de eerste fase van het onderzoeksproject, waarbij verschillende technologieën zijn geïnventariseerd en onderverdeeld in negen categorieën. Deze categorieën omvatten arbeidsbesparende technologieën zoals drones in de landbouw en arbeidsondersteunende technologieën zoals augmented reality (AR).

Hoewel er veel literatuur is over technologie, ontbreekt vaak empirisch bewijs over de relatie tussen technologie en personeelskrapte. Toch suggereren de resultaten dat technologie veelbelovend kan zijn in sectoren zoals de groot- & detailhandel en de gezondheids- & welzijnzorg, waar personeelstekorten al bestaan en technologie relatief weinig wordt gebruikt. In andere sectoren ontbreekt voldoende bewijs om betrouwbare conclusies te trekken.

De impact van arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologieën kan verder reiken dan de besproken sectoren, met de opkomst van kunstmatige intelligentie (AI) en andere geavanceerde toepassingen. Toch blijft de vraag naar empirisch bewijs en de perceptie van werknemers over het gebruik van technologie één van de belangrijkste aandachtspunten. Het project zal doorgaan met empirische studies om de impact van technologie op personeelskrapte verder te onderzoeken en factoren te identificeren die de succesvolle inzet ervan beïnvloeden.

1 Over het project ‘van krapte naar kans’

1.1 Krapte op de arbeidsmarkt

De huidige arbeidsmarkt kent meer vacatures dan werklozen. Deze krapte zal naar verwachting blijven stijgen met negatieve consequenties voor werkgevers, werknemers en maatschappij. Arbeidsbesparende technologie (vormen van robotisering en digitalisering die werk uit handen nemen van mensen of het werk slimmer organiseren rondom beschikbare menskracht), en arbeidsondersteunende technologie (technologie die werknemers ondersteunt bij het uitvoeren en leren van taken) worden vaak genoemd als mogelijke oplossingen voor de krapte.

1.2 Project 'Van krapte naar kans: technologie als gamechanger'

In het onderzoeksproject 'Van krapte naar kans: technologie als gamechanger' van TNO en Instituut Gak wordt onderzocht of, en onder welke voorwaarden, technologie zoals Augmented Reality mensen kan helpen werk te doen waar ze (nog) niet voor gekwalificeerd zijn. De nadruk ligt in dit project op ‘mensgerichte inzet van technologie’: wij bekijken o.a. hoe werknemers het ervaren wanneer een deel van hun werk wordt overgenomen door technologie en zullen belemmerende en bevorderende factoren voor de implementatie ervan blootleggen.

Het totale onderzoeksproject bestaat uit drie stappen, waarbij we (1) de potentie van verschillende vormen van technologie in kaart brengen, (2) belemmerende en bevorderende factoren voor de implementatie daarvan blootleggen, en (3) concrete handvatten ontwikkelen voor praktijk en beleid.

Klik [hier](#) voor een uitgebreidere toelichting.

1.3 Tussenrapport: de potentie van technologie als oplossing voor personeelskrapte

Dit tussenrapport beschrijft de eerste resultaten van stap 1 in het onderzoeksproject. Deze resultaten zijn gebaseerd op een systematisch literatuuronderzoek van zowel grijze als wetenschappelijke literatuur en kwantitatieve analyses met beschikbare data van de Werkgevers Enquête Arbeid 2022 (WEA), een 2-jaarlijkse enquête van TNO en CBS onder ca. 5.000 Nederlandse organisaties.

2 Inventarisatie arbeidsbesparende en -ondersteunende technologie

In dit hoofdstuk beschrijven we de resultaten uit het literatuuronderzoek naar arbeidsbesparende en -ondersteunende technologie.

Methodebeschrijving literatuuronderzoek

In zowel de grijze- als wetenschappelijke literatuur zijn wij op zoek gegaan naar voorbeelden van technologieën die arbeid besparen of ondersteunen. Om een overzicht te krijgen van de grijze literatuur op dit thema zijn met name bronnen geraadpleegd van instanties met een focus op (inclusief) werk, zoals het UWV, Technologie voor Inclusie en RegioPlan. Ook hebben we contacten uit ons netwerk benaderd met de vraag of zij relevante artikelen op dit thema konden toesturen.

Om de wetenschappelijke literatuur in kaart te brengen hebben we een systematische literatuurreview gedaan. De gebruikte database was Scopus en de volgende twee zoektermen werden gehanteerd:

1. (TITLE-ABS-KEY ((technolog* OR innov* OR device* OR machine OR human-machine OR *obot*) AND (sav* OR reduc* OR decreas* OR diminish*) AND (work OR task OR labo*r OR job*)) AND TITLE-ABS-KEY ((labo*r AND market OR staff OR personnel OR employee) AND (shortage* OR tight* OR lack*)))
2. (TITLE-ABS-KEY ((technolog* OR innov* OR device* OR machine OR human-machine* OR *obot*) AND (assist* OR support* OR collaborat*) AND (work OR task OR labo*r OR job*)) AND TITLE-ABS-KEY ((labo*r AND market OR staff OR personnel OR employee) AND (shortage* OR tight* OR lack*))).

Deze search leidde tot een totaal van (1) 340 + (2) 356 = 696 artikelen. Met behulp van het AI-based software programma Rayyan zijn de artikelen gecodeerd en geselecteerd. Dit proces bestond uit de volgende stappen: 1) dedupliceren en verwijderen van dubbele artikelen, wat resulteerde in 594 unieke artikelen; 2) beoordelen van de relevantie van de artikelen op basis van het abstract door drie verschillende onderzoekers werkzaam bij TNO. Artikelen werden vervolgens geïncludeerd als zij waren gepubliceerd na 2000, beschikbaar waren in het Engels en/of Nederlands en onderzoek deden naar een arbeidsbesparende- of ondersteunende technologie gericht op werk, waarbij als uitkomstmaat werd gekeken naar productiviteit of efficiëntie. Bij twijfel over inclusie van een artikel werd door de onderzoekers overlegd.

Uiteindelijk heeft dit geleid tot een selectie van 49 artikelen. Twee onderzoekers hebben de volledige teksten van deze artikelen bekeken, gecodeerd en gecategoriseerd om een overzicht te maken van arbeidsbesparende en -ondersteunende technologieën en, waar mogelijk, hun samenhang met verschillende maten van personeelskrapte (zoals arbeidsreductie, productiviteit, efficiëntie).

2.1 Wat is arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologie?

Arbeidsbesparende technologie neemt het werk van mensen uit handen, of organiseert het werk slimmer rondom beschikbare menskracht. Dit omvat doorgaans vormen van robotisering en digitalisering. Een voorbeeld van arbeidsbesparende technologie is *Unmanned Aerial Vehicle's* (oftewel drones) in de landbouw: de drones worden in plaats van mensen of bemande machines ingezet ten behoeve van de besproeiing en monitoring van gewassen.

Arbeidsondersteunende technologie ondersteunt werknemers bij het uitvoeren en leren van (nieuwe) taken. Dit kan in de vorm van automatisering en mechanisering zijn. Een voorbeeld van arbeidsondersteunende technologie is augmented reality (AR): de inzet van slimme brillen om informatie of werkinstructies te projecteren en daarmee het uitvoeren van een taak of actie te vergemakkelijken. Arbeidsondersteunende technologie kan het werk dus minder complex en daarmee toegankelijker maken voor een grotere en/of andere groep werkenden.

Het belangrijkste onderscheid tussen arbeidsbesparende en -ondersteunende technologie is het menselijke aandeel: bij arbeidsbesparende technologie worden taken volledig overgenomen, terwijl bij arbeidsondersteunende technologie de taak door mens en technologie samen wordt uitgevoerd. In het laatste geval is er dus sprake van zogenaamde ‘mens-machine interactie’.

Beide vormen van technologie kunnen echter worden ingezet om productiviteit te verhogen, om het risico op menselijke fouten te verkleinen, en om zowel fysieke als cognitieve taken te ondersteunen en/of over te nemen. Zodoende heeft zowel arbeidsbesparende als arbeidsondersteunende technologie de potentie om personeelskrapte op te vangen.

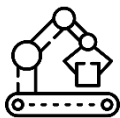
2.2 Welke vormen van arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologieën zijn er?

De inventarisatie van bestaande technologieën in de grijze en wetenschappelijke literatuur leidde tot een omvangrijke lijst: uit het literatuuronderzoek zijn in totaal 155 onderzoeken naar relevante arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologieën naar voren gekomen.

Met het team van onderzoekers zijn de gevonden arbeidsbesparende en -ondersteunende technologieën onderverdeeld in negen categorieën. Deze categorieën en een korte omschrijving daarvan zijn de vinden in de overzichtstabel hieronder (Tabel 1).

Tabel 1. Overzicht van de gevonden categorieën van technologie

Categorie	Omschrijving
	Persoonlijke assistentie en monitoring Apparaten en technologieën die mensen, zoals degenen met een beperking, helpen om zelfstandiger te werken en hun prestaties te verbeteren. Bijvoorbeeld spraaktechnologie of technologie die instructies op het werkblad toont om medewerkers te helpen bij het monteren van producten.
	Augmented Reality (AR) en Virtual Reality (VR) Technologieën die een digitale omgeving maken of de echte wereld verbeteren met virtuele elementen. AR voegt virtuele objecten toe aan de echte wereld, terwijl VR mensen onderdompelt in een volledig virtuele omgeving. Een voorbeeld is een slimme bril in magazijnen om de locatie van producten aan te geven.
	Robots en cobots Machines die geprogrammeerd zijn om zelfstandig taken uit te voeren op basis van omgevingsinformatie (robots) en soortgelijke machines die ontworpen zijn om veilig en efficiënt met mensen samen te werken op de werkplek (cobots). Cobots worden bijvoorbeeld in de zorg gebruikt om personeel te helpen bij zware fysieke taken.

Categorie		Omschrijving
	Exoskeletten	Kleine draagbare apparaten die je lichaam ondersteunen en versterken. Ze gaan meestal om je ledematen en kunnen helpen om je fysieke prestaties te verbeteren, de belasting op je lichaam te verminderen en revalidatie te ondersteunen.
	Maatwerkproductie	Technologieën en systemen voor het op maat maken van producten, bijvoorbeeld door middel van 3D-printing van onderdelen.
	Autonome systemen & data-analyse	Een verscheidenheid aan technologieën die gebruikt worden om digitale systemen en infrastructuren te maken, te beheren en te ondersteunen. Dit omvat bijvoorbeeld systemen die patiëntgegevens analyseren en beslissingen nemen over deelname aan klinisch onderzoek.
	Geautomatiseerde productieprocessen	Systemen en technologieën om de productie te verbeteren en te automatiseren, zoals nieuwe methoden in de kledingproductie waarbij kleding direct wordt gemaakt zonder extra stappen.

Hieronder wordt elke categorie uitgebreider toegelicht met bijbehorende technologieën. Ook geven we een aantal beschrijvingen van technologieën die illustreren hoe zij arbeid kunnen ondersteunen of besparen.

Persoonlijke assistentie en monitoring

Deze categorie bestaat uit technologische oplossingen die op diverse manieren ondersteuning bieden aan gebruikers. Dit kan variëren van tekstuele assistentie, zoals het voorlezen of vertalen van tekst die op het scherm verschijnt. Denk aan spraak-naar-tekst-software, tekst-naar-spraak-systemen, gebarentaalvertalers en communicatie-apparaten voor mensen met spraakproblemen. Daarnaast zien we in deze categorie veelvuldig tracking-technologieën, welke gebruikers feedback geven over specifieke, vaak fysiologische, gegevens zoals slaapkwaliteit of stressniveaus. Een concreet voorbeeld van een arbeidsbesparende technologie is te vinden in de gezondheidszorg, waar ontwikkelde systemen continu de glucosewaarden van diabetespatiënten monitoren¹. Dit bespaart zorgpersoneel de tijd die normaal gesproken wordt besteed aan het handmatig testen van glucosewaarden.

Augmented Reality (AR) en Virtual Reality (VR)

Deze categorie bestaat uit technologieën die digitale informatie aan de fysieke omgeving toevoegen middels projectie (bijv. smart glasses) of de gebruiker volledig onderdompelen in een digitale omgeving (virtual reality). Een concreet voorbeeld² van een arbeidsondersteunende technologie betreft de inzet van smart projectoren in productieomgevingen. Deze projectoren tonen informatie op de werkplek en voorzien medewerkers van stapsgewijze instructies om specifieke taken uit te voeren. Bovendien kan

¹ Miller, et al. (2007). Convergence of continuous glucose monitoring and in-hospital tight glycemic control: closing the gap between caregivers and industry. *Journal of diabetes science and technology*, 1, 903-906. DOI 10.1177/193229680700100616

² doi: 10.5553/BenM/138900692022049001005

dit proces eveneens ondersteund worden door smart glasses. Dit zien we bijvoorbeeld veel terugkomen in magazijnwerk, waar smart glasses informatie verstrekken over de locatie en voorraad van specifieke producten³. Daarnaast zijn virtual reality brillen veelvoorkomend in deze categorie, met name om specifieke vaardigheden of kennis bij gebruikers verder te ontwikkelen. Zo worden VR-brillen ingezet om werknemers inzicht te geven in teamwerk en gehanteerde normen en waarden op de werkvloer⁴. In andere gevallen worden VR-brillen gebruikt om gebruikers onder te dompelen in verschillende werkomgevingen, om zo een realistische indruk te geven van de vereisten van bepaalde functies⁵.

Robots en cobots

Binnen deze categorie treffen we een breed scala aan robotica en cobotica aan die ingezet worden ter ondersteuning of vervanging van arbeid. Zo zien we bijvoorbeeld robots fungeren als mechanische snoeimachines in de landbouw. Ze kunnen detecteren of een appelboom gesnoeid moet worden, en snijden indien nodig met behulp van gereedschap de takken op de juiste lengte af⁶. Ook worden veel robots ingezet in de gezondheidszorg, waar ze ondersteunend werk verrichten zoals het verplaatsen van medicijnen en medische hulpmiddelen naar verpleegkundigen, of het assisteren bij het verplaatsen en wassen van patiënten⁷. Sommige robots, zoals de Adaptive Robotic Nursing Assistant (ARNA), kunnen meerdere taken uitvoeren, waaronder het tillen en verplaatsen van zware objecten (zoals bedden), het helpen bij het lopen van patiënten, fysieke ondersteuning bieden, en autonoom navigeren in ziekenhuizen om indien nodig hulp te verlenen⁸. Tevens zien we vaak sociale robots in deze categorie, die bijvoorbeeld inzicht bieden in emoties en coping mechanismen van gebruikers, of vermaak en gezelschap bieden aan patiënten met Alzheimer⁹. Tot slot vallen drones ook onder deze categorie, met een breed scala aan toepassingen zoals ziektepreventie en -bestrijding in de landbouw (bijv. katoen- en rijstvelden)¹⁰, inspectie van civiele objecten en het lokaliseren van reparatie- en onderhoudsbehoeften¹¹.

Exoskeletten

Exoskeletten zijn draagbare apparaten die ontworpen zijn om het menselijk lichaam te ondersteunen, versterken of beschermen. We zien in de literatuur veel voorbeelden waar exoskeletten worden ingezet om zwaar werk te verlichten, bijvoorbeeld bij mensen met arbeidsbeperkingen die anders moeilijk belastende taken kunnen uitvoeren. Ook kan een exoskelet preventief worden ingezet om lichamelijke klachten door overbelasting te voorkomen in fysiek zware beroepen. Zo kunnen bijvoorbeeld stukadoors door een exoskelet

³ <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1853853>

⁴ Kranenborg, K., Teeuwen, P., Schoone-Harmsen, M., de Looze, M., Hazelzet, A., Wilschut, E., Cremers, A., Blonk, R., & de Boer, H. (2020). Handreiking technologie en psychosociale belemmeringen. TNO

⁵ (2021). Overzicht van beproefde technologie op de werkvloer voor mensen met een arbeidsbeperking. Coalitie voor technologie en inclusie, Regioplan, Vrije Universiteit Amsterdam, TNO.

⁶ Chaploutsky, A., Butsyk, R., & Polunina, O. (2021). Features of creating and maintaining a fruit wall in apple orchard: literature review.

⁷ Nieto Agraz, C., Pflingsthor, M., Gliesche, P., Eichelberg, M., & Hein, A. (2022). A survey of robotic systems for nursing care. *Frontiers in Robotics and AI*, 77.

⁸ Saadatzi, M. N., Logsdon, M. C., Abubakar, S., Das, S., Jankoski, P., Mitchell, H., ... & Popa, D. O. (2020). Acceptability of using a robotic nursing assistant in health care environments: experimental pilot study. *Journal of medical Internet research*, 22(11), e17509.

⁹ Kranenborg, K., Teeuwen, P., Schoone-Harmsen, M., de Looze, M., Hazelzet, A., Wilschut, E., Cremers, A., Blonk, R., & de Boer, H. (2020). Handreiking technologie en psychosociale belemmeringen. TNO

¹⁰ Wang, L., Huang, X., Li, W., Yan, K., Han, Y., Zhang, Y., ... & Lan, Y. (2022). Progress in agricultural unmanned aerial vehicles (UAVs) applied in China and prospects for Poland. *Agriculture*, 12(3), 397.

¹¹ Choi, H., Lee, J., & Kim, J. (2022). Economical Inspection Methods Assisted by Unmanned Aerial Vehicle for Bridges in Korea. *Sensors and Materials*, 34(12), 4717-4736.

worden ondersteund bij hun werk aan de muur en het plafond, waardoor er minder snel vermoeidheid optreedt en minder spierspanning nodig is¹².

Maatwerkproductie

Binnen deze categorie zien we voornamelijk 3D-printers als voorbeeld naar voren komen. Deze maken gebruik van geavanceerde processen waarbij complexe structuren laag voor laag worden geprint met behulp van schuimmateriaal. 3D-printers worden bijvoorbeeld ingezet in de bouw om arbeidskosten te besparen door hele gebouwen, bruggen en zelfs gevels, kozijnen en maquettes te printen¹³. Ook worden ze gebruikt voor de fabricage van noodopvang gebouwen. Daarnaast zien we 3D-printers in de kledingindustrie, waar ze sneller en flexibeler kledingstukken ontwerpen en produceren¹⁴. Deze benaderingen dragen significant bij aan de productie van op maat gemaakte en gepersonaliseerde producten die nauw aansluiten bij individuele behoeften van klanten.

Autonome systemen & data-analyse

Binnen deze categorie zien we talrijke systemen en geavanceerde software die ingezet worden om bedrijfsprocessen te optimaliseren en zo de wijze van werken en produceren ingrijpend te veranderen. Een veelvoorkomende technologie hierin is Radio Frequency Identification (RFID), dat mogelijk maakt om objecten draadloos te identificeren en gegevens uit te wisselen middels radiogolven. In de textielindustrie bijvoorbeeld worden RFID-tags gebruikt om kledingstukken en textielproducten van unieke identificatiecodes te voorzien. Dit faciliteert voorraadbeheer, verbetert traceerbaarheid, vereenvoudigt inventarisatie en automatiseert de tracking van kledingstukken binnen de toeleveringsketen. Daarnaast wordt gebruikgemaakt van big data en realtime analytics. Deze technologieën maken gebruik van geavanceerde algoritmen om grote hoeveelheden data te analyseren en realtime inzichten te genereren. Deze kunnen worden ingezet in verschillende domeinen, waaronder bedrijfsbeheer, productie, logistiek en marketing¹⁵. We zien ook dat deze vorm van informatieverwerking wordt gebruikt om autonome systemen te creëren die aanzienlijke arbeid besparen, zoals een Automated Control System (ACS) in de olie-industrie. Dit systeem beheert oliebronnen en kan zelfstandig afwijkingen in de operatie detecteren en oplossen, zonder menselijke tussenkomst¹⁶.

Geautomatiseerde productieprocessen

Deze categorie bestaat vooral uit de implementatie van machines om arbeidskosten te verminderen. Een voorbeeld hiervan in de kledingindustrie betreft machines met geavanceerde breitechnieken waarmee kledingstukken van begin tot eind kunnen worden geproduceerd zonder handmatige tussenkomst¹⁷. Ook in de landbouwsector zien we talrijke voorbeelden, waar machines worden ingezet voor grootschalige oogst van fruit en groenten¹⁸.

¹² de Vries, A., Baltrusch, S. & de Looze, M. (2022). Het gebruik van een exoskelet door stukadoors: resultaten van een praktijkonderzoek. TNO.

¹³ Hossain, M. A., Zhumabekova, A., Paul, S. C., & Kim, J. R. (2020). A review of 3D printing in construction and its impact on the labor market. *Sustainability*, 12(20), 8492.

¹⁴ Tait, N. (2007). Developments in apparel technology. *Textile outlook international*, 30, 37-59. 5

¹⁵ Looze, M., & Krause, F. (2019). Robotisering en human capital in het magazijn. *Logistiek*, 7, 118-129.

¹⁶ Pavel Yurievich, I., Kirill Andreevich, V., & Anton Vadimovich, K. (2023). Development of a Digital Well Management System. *Applied System Innovation*, 6(1), 31.

¹⁷ (2003). The future according to stoll. *Knitting International*, 109, 37.

¹⁸ Sarig, Y. (2012). Mechanical Harvesting of Fruit – Past Achievements, Current status and Future Prospects. *Acta Horticulturae*, (965), 163–169.

2.3 Onderzoek naar arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologie

Algemeen

Tabel 2 laat per categorie zien hoe vaak elke vorm van technologie is onderzocht en of het daarbij een arbeidsbesparende of -ondersteunende vorm van technologie betrof (of beide). Merk hierbij op dat alleen gepubliceerde wetenschappelijke studies en vrij toegankelijke grijze literatuur in kaart is gebracht.

De meest voorkomende categorieën die uit het literatuuronderzoek naar voren kwamen zijn 'Robots en cobots', 'Persoonlijke assistentie & monitoring' en 'Autonome systemen & data-analyse'. De categorieën 'Geautomatiseerde productieprocessen' en 'Maatwerkproductie' kwamen het minst naar voren. Hierbij valt op dat met name technologieën in de categorie 'Robots en cobots' zowel worden onderzocht als arbeidsondersteunende technologie én als arbeidsbesparende technologie.

Tabel 2 laat per categorie zien hoe vaak elke vorm van technologie is onderzocht en of het daarbij een arbeidsbesparende of -ondersteunende vorm van technologie betrof (of beide). Merk hierbij op dat alleen gepubliceerde wetenschappelijke studies en vrij toegankelijke grijze literatuur in kaart is gebracht.

De meest voorkomende categorieën die uit het literatuuronderzoek naar voren kwamen zijn 'Robots en cobots', 'Persoonlijke assistentie & monitoring' en 'Autonome systemen & data-analyse'. De categorieën 'Geautomatiseerde productieprocessen' en 'Maatwerkproductie' kwamen het minst naar voren. Hierbij valt op dat met name technologieën in de categorie 'Robots en cobots' zowel worden onderzocht als arbeidsondersteunende technologie én als arbeidsbesparende technologie.

Tabel 2. Overzicht van de gevonden categorieën en hun prevalentie in de grijze en wetenschappelijke literatuur, uitgesplitst naar arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologie.

Aantal wetenschappelijke onderzoeken			
Categorie	Arbeitsbesparende technologie	Arbeitsondersteunende technologie	Totaal
Persoonlijke assistentie en monitoring	4	44	48
Augmented Reality (AR) en Virtual Reality (VR)	-	12	12
Robotica en cobotica	30	25	55
Exoskeletten	-	8	8
Maatwerkproductie	4	1	5
Autonome systemen & data-analyse	16	6	22
Geautomatiseerde productieprocessen	5	-	5
Eindtotaal	59	96	155

Per sector

Om een beeld te krijgen van de prevalentie van arbeidsbesparende en -ondersteunende technologie in verschillende werkomgevingen, hebben we gekeken naar de verdeling van de wetenschappelijke onderzoeken naar de technologieën per sector. Merk op dat er ook onderzoeken zijn gepubliceerd die niet sectorspecifiek waren. Deze zijn ondergebracht in de

categorie 'sector overstijgend'. Belangrijk is dat de aantallen in de tabel weergeven hoeveel bronnen er zijn gevonden in de wetenschappelijke en grijze literatuur. Dit kunnen dus ook vaker dezelfde soorten technologie zijn.

Tabel 3. Prevalentie van studies naar arbeidsondersteunende en arbeidsbesparende technologieën, uitgesplitst naar sector (-) indiceert dat er geen onderzoeken zijn gevonden.

Aantal wetenschappelijke onderzoeken			
Sector	Arbeidsbesparend	Arbeidsondersteunend	Totaal
Bouw	15	2	15
Financiële instellingen	2	-	2
Gezondheid- en welzijn	3	21	24
Groot- en detailhandel	1	5	6
Industrie	13	9	22
Informatie en communicatie	3	3	6
Landbouw, bosbouw en visserij	9	4	13
Openbaar bestuur	1	4	5
Sector overstijgend	2	42	44
Vervoer en opslag	10	8	18
Onderwijs	-	-	-
Horeca	-	-	-
Cultuur, sport en recreatie	-	-	-
Zakelijke dienstverlening	-	-	-
Eindtotaal	59	96	155

Het meeste onderzoek naar arbeidsondersteunende technologieën blijkt niet gebonden aan een bepaalde sector. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van smart glasses of spraak gestuurde apparatuur. Daarnaast is met name in de gezondheid- en welzijnssector (hoofdzakelijk de zorg) veel onderzoek gedaan naar arbeidsondersteunende technologie. Voorbeelden hiervan zijn robots die helpen bij het wassen of het verplaatsen van de patiënt. In de industriële sector is juist veel onderzoek gedaan naar arbeidsbesparende technologie.

3 Impact van arbeidsbesparende en - ondersteunende technologieën op krapte

Naast de inventarisatie van wetenschappelijk onderzochte technologieën is in het literatuuronderzoek ook gekeken naar de eventuele samenhang van de technologie met een maat van personeelskrapte (zoals arbeidsreductie, productiviteit, efficiëntie).

Uit het literatuuronderzoek bleek echter dat slechts een klein deel van de gevonden studies deze samenhang empirisch heeft onderzocht. Tabel 4 biedt een overzicht van de artikelen waar een dergelijke uitkomst in kaart is gebracht.

Categorie	Bron	Resultaten zoals beschreven in het artikel	Arbeidsbesparend (AB) of Arbeids-ondersteunend (AO)	Geschatte effectgrootte of krapte	Sector
Persoonlijke Assistentie & Monitoring	Takeda et al., (2017)	Technologische assistentie voor het plukken van bosbessen maakt het mogelijk om 3,5 tot 15 keer zoveel fruit te verzamelen/oogsten dan handmatig plukken.	AB	+	Landbouw, bosbouw en visserij
	Miller et al., (2007)	Een zogenoemd Continuous Glucose Monitoring (CGM) systeem in de zorg bespaart de verpleegkundige twee uur zorgtijd per patiënt per dag.	AB	+++	Gezondheid- en welzijn
	Sarig et al., (2012)	Bij sommige gewassen wordt door inzet van arbeidsondersteunende machines de productiviteit van het gehele oogstproces tot wel 100 keer verhoogd. Dit betekent dat de machines in het geval van sommige gewassen de oogst met een 100-voud kunnen vergroten.	AO	++	Landbouw, bosbouw en visserij
Geautomatiseerde productie-processen	Lopes et al., (2015)	De inzet van de technologie (Single Use Technology) in de industriële sector kan het aantal werknemers dat nodig is voor reiniging en hervalidatie van apparatuur met een drievoud verminderen. Daarnaast wordt de arbeidstijd gemiddeld met 5% verminderd.	AB	+	Industrie
	Faugno et al., (2017)	Een machine voor het mechanisch uitdunnen van bosgebieden leidt tot een significante vermindering van 36% in benodigde werktijd.	AB	++	Landbouw, bosbouw en visserij
Exoskeletten	Sano et al., (2013)	Het dragen van een Wearable Assist Suit kan tot wel 46% van de benodigde spiercapaciteit besparen.	AO	-/+	Bouw
	De Vries et al., (2022)	De overgrote meerderheid van de stukadoors (93%) geeft aan dat een exoskelet hen lichamelijk ondersteunt. 45% geeft aan dat zij door gebruik van het exoskelet minder vermoeid waren aan het eind van de dag. Het gebruik van het exoskelet gaat niet ten koste van de werkprestatie (kwaliteit en productiviteit).	AO	-/+	Bouw
Maatwerkproductie	Tait et al., (2007)	Door het automatiseren van patroon-ontwerp in de kledingindustrie wordt wel 98% van de tijd bespaard die het normaal duurt om ontwerpen in te laden in het productiesysteem.	AB	+	Groot- en detailhandel / Industrie
Robots en cobots	Wang et al., (2022)	De inzet van drones bij gewassenbesproeiing leidt tot een verhoogde efficiëntie van 20%. Door gebruik te maken van geavanceerde technologie om gewassen te besproeien met drones, heeft XAG (grootste drone provider ter wereld) 5,09 miljoen ton landbouwwater bespaard en het gebruik van 22,1 duizend ton pesticiden en meststoffen verminderd.	AB	++	Landbouw, bosbouw en visserij

Categorie	Bron	Resultaten zoals beschreven in het artikel	Arbeidsbesparend (AB) of Arbeids-ondersteunend (AO)	Geschatte effectgrootte of krapte	Sector
	Wang et al., (2022)	De operationele efficiëntie van besproeiing-drones is driemaal zo hoog in vergelijking met mechanische en handmatige besproeiing (in katoenlandbouw). Ook de vloeistof die werd gebruikt was met een drievoud verminderd en de kosten werden gereduceerd met 60 CNY/hm ² (omgerekend 7.60 euro per vierkante hectometer). Daarnaast werden de drones ingezet om te identificeren op welke landbouvvelden er zogenoemde katoenrot aanwezig was. De drones waren hierin 9% efficiënter in algemene accuraatheid dan conventionele methoden (waar bemande vliegtuigen de velden inspecteren). Bij rijstplantages werd ontdekt dat door gebruik van drones het verbruik van pure stikstof werd verminderd met 26%	AB	+	Landbouw, bosbouw en visserij
	Leng et al., (2023)	Technologie waarbij de robot een aantal taken overneemt van de mens gedurende het in elkaar zetten van houtconstructies (Human-Robot-Interaction-Timber Construction), verhoogt de snelheid van het productieproces met ongeveer 10%.	AB	+	Bouw / Industrie
	Choi et al., (2022)	Door de inzet van drones zijn de kosten voor het inspecteren voor een civiel object (in dit geval een brug in Zuid Korea) in deze casus twee tot drie keer zo laag. Waar er normaal 2 dagen nodig zijn, en 3 tot 4 man om een specifieke brug te inspecteren, heeft een drone slechts 4 uur nodig en 2 man personeel.	AB	++	Bouw
	Chaploutsky et al., (2002)	Waar conventionele methoden 160 uur per hectare nodig hebben om akkers te snoeien, kost mechanisch snoeien slechts 2 tot 3 uur en is nog 40 uur handmatig nawerk nodig. Dit leidt dus tot een kostenbesparing van 75%.	AB	+++	Landbouw, bosbouw en visserij
	Compagnucci et al., (2019)	Wanneer het aantal robots in een industrie met 1% groeit, neemt de groei van gewerkte uren met 0,16 af, evenals de prijzen van producten en de daadwerkelijke waarden van de vergoedingen die werknemers ontvangen	AB	+	Industrie
Autonome Systemen & Data-Analyse	Ni et al., (2019)	Het geautomatiseerde patiënt-screening systeem verminderde de screening tijd die nodig was per patent met 34%.	AB	++	Gezondheid- en welzijn
	Yao-Hsu et al., (2014)	Het oorspronkelijke systeem van fraude detectie (wat handmatig gebeurde) leidde tot een opsporing van slechts 6% van de fraudegevallen. Met behulp van de nieuw ontwikkelde technologie worden wel 79% van de cases opgespoord.	AB	-/+	Financiële instellingen

Tabel 4 Gevonden empirische relaties tussen arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologieën en (een maat van) personeelskrapte

4 Inzet en invloed van arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologieën in Nederland

Methodebeschrijving

Om de inzet en invloed van arbeidsbesparende en -ondersteunende technologie in Nederland in kaart te brengen hebben we gebruik gemaakt van data uit de Werkgevers Enquête Arbeid 2021 (WEA). De WEA is een tweejaarlijks onderzoek, uitgevoerd door CBS en TNO, naar de werving, inzet, organisatie en resultaten van arbeid door en van bedrijven en instellingen in Nederland.

De populatie voor de WEA bestaat uit werkgevers: alle Nederlandse vestigingen van profit en non-profit bedrijven en instellingen met ten minste twee werkzame personen. In 2021 zijn middels een gestratificeerde steekproef 13.487 vestigingen benaderd, waarvan er 4.461 (33,1%) de vragenlijst volledig hebben ingevuld. De verzamelde gegevens zijn door weging representatief gemaakt voor de rest van populatie. Hierdoor is het mogelijk om op basis van de WEA betrouwbare uitspraken te doen over alle Nederlandse vestigingen van bedrijven en instellingen.

Om zicht te krijgen op de inzet van technologieën in Nederland, en de impact daarvan op verschillende arbeidsuitkomsten, zijn beschrijvende analyses gedaan. Daarnaast is een uitsplitsing gemaakt naar sector en vestigingsgrootte.

4.1 Inzet van technologie

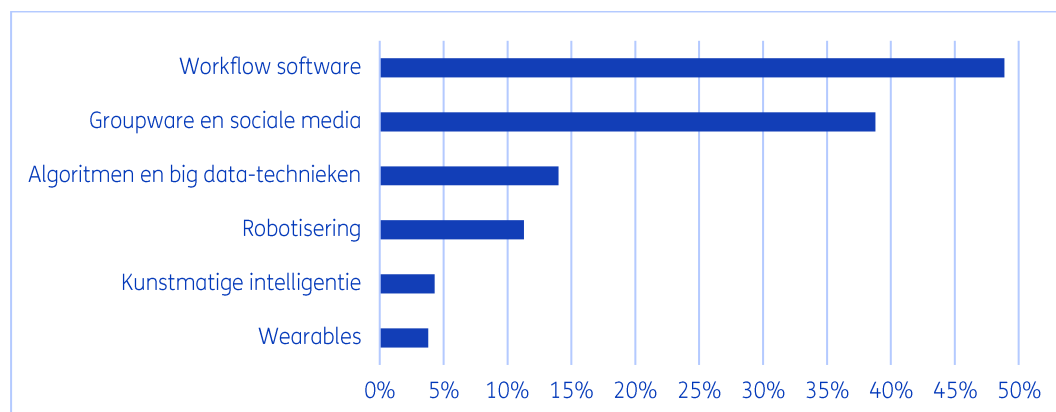
Vormen van technologie in de WEA

In de WEA is de inzet van technologie uitgevraagd. Specifiek ging het om zes technologieën:

- **Workflow software:** software bedoeld om verschillende processen binnen een organisatie te verbinden en automatiseren. Een voorbeeld hiervan is enterprise resource planning (ERP). Dit wordt vaak gebruikt om verschillende bedrijfsactiviteiten te beheren, zoals financiën, voorraadbeheer en human resources.
- **Algoritmen en big data-technieken:** methoden en tools die worden gebruikt om grote hoeveelheden gegevens te analyseren en waardevolle inzichten te verkrijgen.
- **Groupware:** software die is ontworpen om de onderlinge samenwerking en communicatie binnen groepen te ondersteunen of stimuleren. Hierbij kan worden gedacht aan Microsoft Outlook of Teams. Sociale media en socialware-toepassingen zijn meegerekend in deze technologie.
- **Robotisering:** vormen van robotisering op de werkplek. Met robots worden slimme machines met sensoren bedoeld, zoals logistieke robots voor het verplaatsen en beheren van materialen in magazijnen.
- **Kunstmatige intelligentie (AI):** houdt zich bezig met het ontwikkelen van systemen en machines die menselijke intelligentie en cognitieve functies simuleren en uitvoeren.
- **Wearables:** draagbare technologieën zoals VR- of AR-brillen, smart watches of exoskeletten.

Inzet van technologie in Nederland

In 2021 werd door 58% van de werkgevers tenminste één van de hierboven beschreven technologieën ingezet. Zoals te zien is in figuur 1, werd het meest gebruik gemaakt van workflow software (49%) en groupware en sociale media (39%). Algoritmen en big data technieken (14%) en robotisering (11%) worden minder ingezet. Kunstmatige intelligentie (4%) en wearables worden het minst gebruikt (4%).



Figuur 1. Vormen van technologie die worden gebruikt in Nederland (meerdere antwoorden mogelijk, N=3866-4171) (Bron: WEA, 2021).

Inzet van technologie per sector

De WEA-data (zie tabel x) laat zien dat technologie met name werd ingezet in de informatie- en communicatiesector en in het openbaar bestuur. In de informatie- en communicatiesector gaf bijna 14% van de werkgevers aan dat zij tenminste vier van de zes mogelijke technologieën gebruiken. In het openbaar bestuur betreft dit 12%. In de horeca zien we echter dat 67% van de werkgevers aangaf geen van de genoemde technologieën te gebruiken in het werk.

Tabel X. Inzet van technologie in Nederland, uitgesplit naar sector (Bron: WEA, 2021)

	Geen technologie aangekruisd		1 tot 3 technologieën aangekruisd		4 tot 6 technologieën aangekruisd	
	N	%	n	%	n	%
Landbouw, bosbouw en visserij	29	43,9	36	54,5	1	1,5
Industrie	221	32,5	423	62,3	35	5,2
Bouw	100	44,1	121	53,3	6	2,60
Groote en detailhandel	250	47,4	260	49,3	17	3,2
Vervoer en opslag	134	52,5	116	45,5	5	2,0
Horeca	121	65,8	62	33,7	1	0,5
Informatie en communicatie	23	21,1	71	65,1	15	13,8
Financiële instellingen	54	41,5	67	51,5	9	6,9
Zakelijke dienstverlening	187	36,3	299	58,1	29	5,6
Openbaar bestuur	6	14,0	32	74,4	5	11,6
Onderwijs	124	41,6	165	55,4	9	3,0
Gezondheids- en welzijnszorg	124	44,8	138	49,8	15	5,4

	Geen technologie aangekruisd		1 tot 3 technologieën aangekruisd		4 tot 6 technologieën aangekruisd	
Cultuur, sport en recreatie	101	54,3	83	44,6	2	1,1
Totaal	1474	42,2	1873	53,6	149	4,3

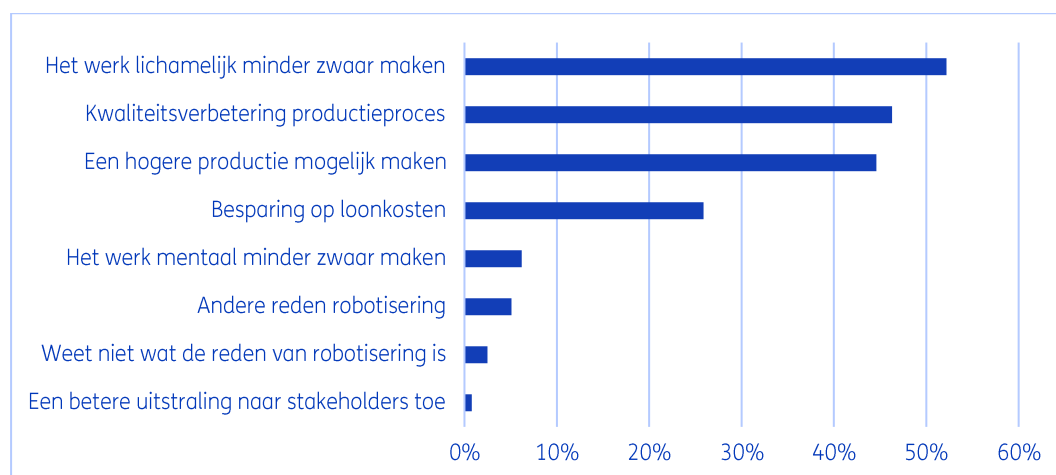
Nadere analyses van de inzet van technologie per sector zijn weergegeven in bijlage A. In de meeste sectoren is workflow software en groupware de meest ingezette technologie, terwijl andere vormen van technologie nog achterblijven. Opvallende uitzonderingen zijn de landbouw, bosbouw en visserij, waar met name gebruik wordt gemaakt van robotisering (42%), en de informatie- en communicatiesector, waar relatief veel gebruik wordt gemaakt van algoritmen en big data technieken (38%) en kunstmatige intelligentie (19%). In het onderwijs wordt weinig gebruik gemaakt van technologie.

Inzet van technologie naar vestigingsgrootte

Analyses laten zien dat hoe groter het bedrijf is, hoe vaker werkgevers aangeven dat zij gebruik maken van technologie. Dit geldt voor alle genoemde vormen van technologie. Uitgebreide cijfers zijn te vinden in Bijlage B.

Beweegredenen voor de inzet van technologie (robotisering)

In de WEA werd aan werkgevers gevraagd welke redenen zij hadden voor de inzet van technologie. Deze vraag is alleen gesteld aan bedrijven die robotisering gebruikten. Desondanks geeft het toch enig inzicht in de beweegredenen van werkgevers voor de inzet van technologie. Figuur 2 laat de meest genoemde redenen zien.



Figuur 2. Belangrijkste beweegredenen om gebruik te maken van robotisering (maximaal twee antwoorden mogelijk) (Bron: WEA 2021).

Van de 471 werkgevers die robotisering op de werkplek gebruiken, heeft meer dan de helft dit gedaan om het werk minder zwaar te maken (52%). Ongeveer 46% wilde de kwaliteit van het productieproces verbeteren, terwijl 45% een hogere productie mogelijk wilde maken. Voor 26% van hen was kostenbesparing een reden om robotisering te gebruiken. Slechts een klein aantal werkgevers noemde het verminderen van mentale belasting (6%) en een betere uitstraling naar stakeholders (1%) als reden. Sommige werkgevers (3%) wisten geen duidelijke reden te geven, en anderen hadden een andere reden (5%).

Vanwege het kleine aantal respondenten was het niet mogelijk om de redenen op te splitsen per sector en bedrijfsgrootte.

4.2 Invloed van technologieën in Nederland

Om een indruk te krijgen van de invloed van de inzet van technologie in Nederland, is gekeken naar verschillende onderdelen van de WEA-data. Deze worden hieronder beschreven. Merk op dat het niet mogelijk is om onderstaande informatie uit te splitsen naar sector en/of vestigingsgrootte: vanwege een te klein aantal respondenten op enkele vragen is het niet mogelijk om daar betrouwbare uitspraken over te doen.

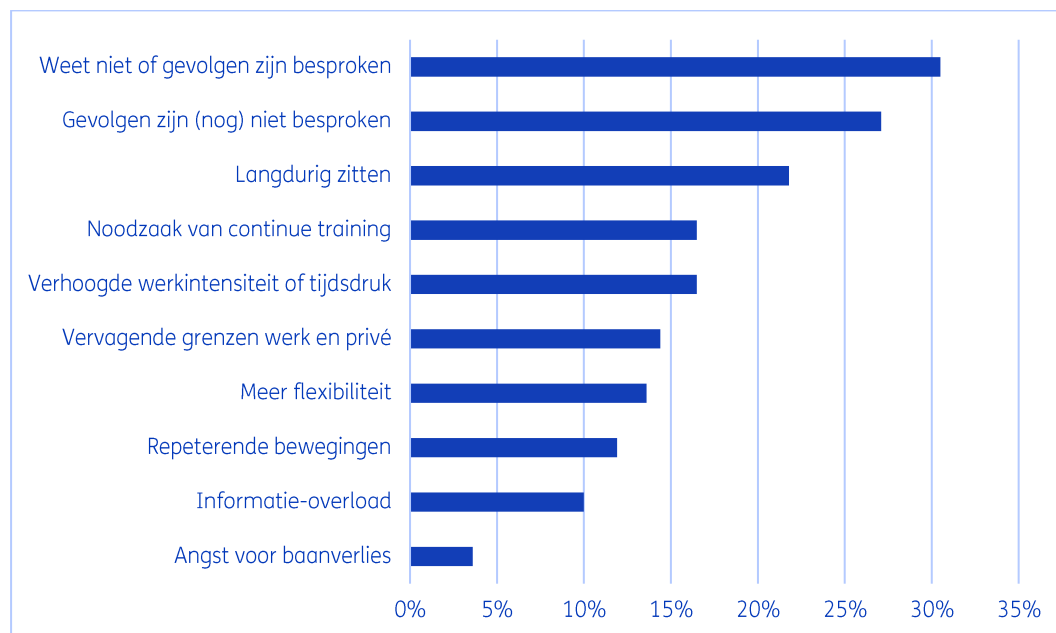
Productiviteit en werkgelegenheid

In de WEA is aan werkgevers, die hebben aangegeven dat de werkgelegenheid binnen hun vestiging in de afgelopen twee jaar met meer dan 5% is afgenomen, gevraagd wat de mogelijke oorzaken daarvan zijn. Uit de resultaten blijkt dat 15% van de werkgevers aangeeft dat de inzet van technologie heeft bijgedragen aan een toegenomen productiviteit binnen de organisatie, en daarmee verband houdende afname in werkgelegenheid. Daarentegen gaf 80% van de werkgevers aan dat technologische innovatie niet de oorzaak was van de afname in werkgelegenheid en gaf 6% aan niet zeker te zijn over de relatie tussen de inzet van technologie en de afname in werkgelegenheid.

Mogelijke gevolgen voor werknemers

De inzet van technologie heeft vaak gevolgen voor werknemers: hun baan wordt mogelijk overbodig, het werk verandert, of ze hebben andere vaardigheden nodig. In de WEA is daarom aan werkgevers gevraagd welke mogelijke gevolgen van technologie zijn besproken binnen de organisatie.

In Figuur 3 zien we dat een klein aantal werkgevers (4%) heeft gesproken over baanonzekerheid als mogelijk gevolg in hun organisatie. Veranderingen in het werk zelf zijn ook besproken, zoals informatie-overload (10%) en meer herhalende bewegingen (12%). Anderen hebben gepraat over flexibiliteit voor werknemers met betrekking tot werktijden (14%), de grens tussen werk en privé die vager wordt (14%), meer werkintensiteit of tijdsdruk (17%), de noodzaak van voortdurende training om kennis bij te houden (17%) en langdurig zitten (22%). Maar de meeste werkgevers hebben deze gevolgen (nog) niet besproken in hun organisatie (27%) of weten niet of ze zijn besproken (31%).



Figuur 3. Mogelijke gevolgen van digitalisering, automatisering, robotisering en/of kunstmatige intelligentie die zijn besproken in de organisatie (meerdere antwoorden mogelijk) (n = 3756) (Bron: WEA 2021).

5 In hoeverre is technologie een oplossing voor de tekorten op de arbeidsmarkt?

Methodebeschrijving

Om in kaart te brengen in hoeverre technologie een oplossing zou kunnen vormen voor tekorten op de arbeidsmarkt, hebben we de informatie en data uit het literatuuronderzoek (Hoofdstuk 2 en 3) gecombineerd met de kwantitatieve data uit de WEA analyses (Hoofdstuk 4). Vervolgens hebben we dit gerelateerd aan beschikbare gegevens van CBS en UWV over de huidige en verwachte personeelskrapte in verschillende sectoren in Nederland.

Voor elke sector zijn de gegevens geïntegreerd. Aan de hand van een gestructureerde discussie is een inschatting gemaakt van de mogelijkheden die technologie kan bieden voor het oplossen van personeelskrapte in de sector.

5.1 Huidige en verwachte personeelskrapte

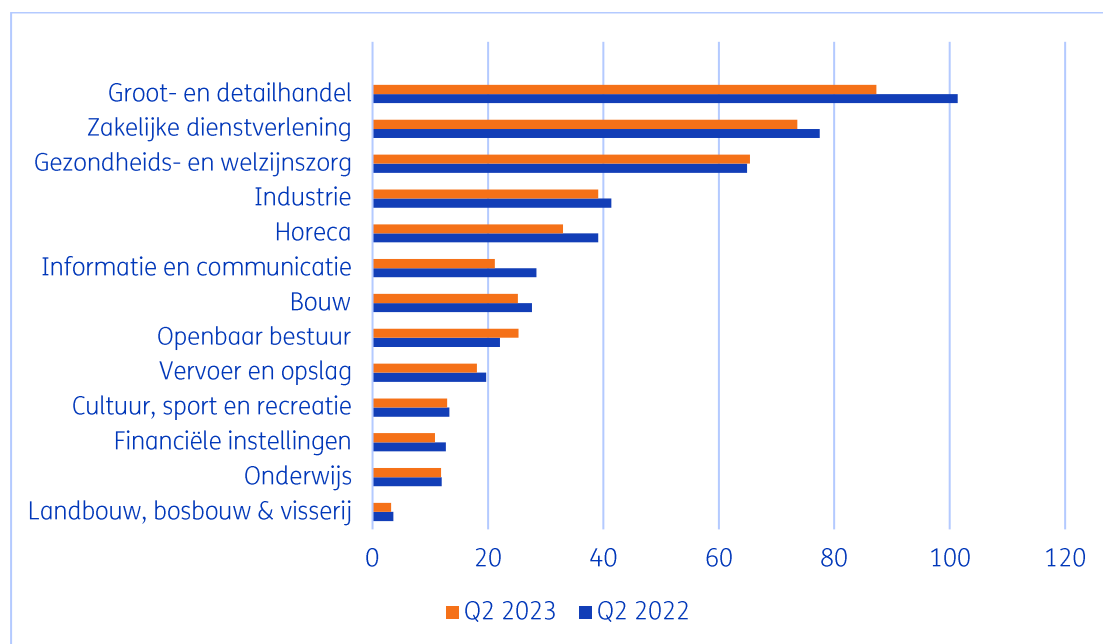
Figuur 4 toont de sectorverdeling van de openstaande vacatures in 2022. Het aantal openstaande vacatures kan worden gezien als een teken van personeelskrapte. De hoogste aantallen, en daarmee de hoogste personeelskrapte, was te zien in de groot- en detailhandel, zorg & welzijn en gezondheids- en welzijnszorg. In het onderwijs, de financiële instellingen, en de landbouw, bosbouw en visserij was de minste personeelskrapte te zien.



Figuur 4. Jaarcijfers 2022 openstaande vacatures per sector (x 1.000) (Bron: CBS)

Om een indruk te krijgen van de verwachte personeelskrapte, hebben we de cijfers m.b.t. openstaande vacatures van het 2e kwartaal van 2022 vergeleken met de (voorlopige) cijfers van het 2e kwartaal van 2023 (zie Figuur 5). Hieruit blijkt dat de personeelskrapte in de gezondheids- & welzijnszorg en openbaar bestuur toeneemt, terwijl het in de andere sectoren

nagenoeg stabiel blijft of afneemt. De meest recente arbeidsmarktprognose van het UWV bevestigt dit beeld: alleen in de sectoren gezondheids- & welzijnszorg en openbaar bestuur wordt in 2023 en 2024 nog een toename van het aantal ontstane vacatures verwacht ten opzichte van 2022. In andere sectoren zal er weliswaar een afname zijn, maar dat is niet genoeg om het tekort op de arbeidsmarkt op te lossen. Het tekort aan personeel is vooral een langdurig probleem omdat de vraag naar werknemers niet goed overeenkomt met het aanbod. De arbeidsmarkt zal dus onder druk blijven staan door dit aanhoudende tekort, en het lijkt erop dat dit de komende jaren niet veel zal verbeteren.



Figuur 5. Kwartaalcijfers 2022 en 2023 (Q2) openstaande vacatures per sector (x 1.000) (Bron: CBS)

5.2 Potentie van technologie als oplossing voor personeelskrapte

Tabel x geeft per sector een overzicht van de bevindingen uit het literatuuronderzoek en de WEA analyses. Op basis van deze gegevens is voor elke sector een inschatting gemaakt van de potentie van arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologie als oplossing voor personeelskrapte.

Groot- en detailhandel

Het gebruik van technologie biedt een zeer goede mogelijkheid om het personeelstekort in deze sector aan te pakken. Op dit moment is er al een aanzienlijk tekort aan personeel, en dit tekort wordt naar verwachting alleen maar groter. Ondanks dit tekort wordt technologie nog niet veel gebruikt in deze sector. Wetenschappelijk onderzoek heeft aangetoond dat het gebruik van arbeidsbesparende technologie, zoals maatwerkproductie, aanzienlijk kan bijdragen aan tijdsbesparing. Er is ook voldoende literatuur dat aantoon hoe arbeidsondersteunende technologie waarde kan toevoegen. De combinatie van een groot tekort aan personeel, beperkt gebruik van technologie en bewezen effectiviteit geeft aan dat technologie een krachtig middel kan zijn om de personeelstekorten in deze sector aan te pakken.

Zakelijke dienstverlening

Het is momenteel onzeker of technologie kan helpen bij het aanpakken van personeelstekorten in deze sector. De tekorten aan personeel zijn aanzienlijk en lijken stabiel te blijven volgens verwachtingen. Er wordt daarnaast al redelijk wat technologie gebruikt in deze sector. Echter, er ontbreekt wetenschappelijk bewijs over de effecten van technologie, zowel op het gebied van arbeidsbesparing als arbeidsondersteuning. Hierdoor kunnen we niet met zekerheid zeggen of de inzet van technologie daadwerkelijk kan bijdragen aan het oplossen van het personeelstekort in deze sector.

Gezondheids- en welzijnszorg

De inzet van technologie biedt een zeer grote en reële kans om personeelstekorten op te lossen in deze sector. De huidige personeelstekorten zijn al groot en worden naar verwachting alleen maar erger. Opvallend is dat de huidige inzet van technologie nog relatief beperkt is. De wetenschappelijke literatuur levert overtuigend empirisch bewijs dat met name arbeidsondersteunende technologie, zoals zorgrobots en geautomatiseerde patiëntscreening en -monitoring, aanzienlijke tijdsbesparingen kan opleveren, soms tot wel 2 uur per dag per zorgprofessional. De combinatie van ernstige krapte, een nog beperkte inzet van technologie en bewezen effectiviteit onderstreept de enorme potentie van technologie om personeelstekorten in deze sector op te lossen.

Industrie

Technologie lijkt een degelijke oplossing te kunnen bieden voor de personeelstekorten in deze sector. Hoewel de huidige en verwachte personeelstekorten niet extreem groot zijn, vormen ze toch een aanhoudend probleem. In deze sector wordt al veelvuldig technologie toegepast, wat de mogelijke meerwaarde ervan wellicht enigszins beperkt in vergelijking met sectoren waar technologie momenteel minder ingeburgerd is. Desalniettemin biedt wetenschappelijke literatuur voldoende empirisch bewijs dat de inzet van technologie een oplossing kan bieden voor personeelstekorten, zowel op het gebied van arbeidsbesparing, zoals geautomatiseerde productieprocessen, als op het gebied van arbeidsondersteuning, zoals cobots. Het is echter belangrijk om op te merken dat de effecten van deze technologieën eerder als gematigd dan als uitzonderlijk kunnen worden beschouwd. De combinatie van een gemiddeld maar chronisch tekort aan personeel, een reeds bestaande hoge mate van technologie-implementatie, en bewezen effectiviteit, duidt erop dat de inzet van technologie een solide kans biedt om de personeelstekorten in deze sector (verder) aan te pakken.

Horeca

Het is momenteel onzeker of technologie een geschikte oplossing kan bieden voor de personeelstekorten in de horeca. Hoewel de huidige en verwachte personeelstekorten niet bijzonder omvangrijk zijn, wordt de sector vaak gekenmerkt door een aanzienlijk aantal vacatures, voornamelijk als gevolg van het frequente personeelsverloop, met name onder jongeren die vaak slechts kortstondig in de branche werken. Opvallend is dat het gebruik van technologie aanzienlijk lager is in vergelijking met andere sectoren. Dit zou kunnen betekenen dat de potentiële impact van technologie relatief groot is, maar helaas ontbreekt wetenschappelijk bewijs over de effecten van technologie, zowel op het gebied van arbeidsbesparing als arbeidsondersteuning. Bijvoorbeeld, de opkomst van 'serveerrobots' (zie afbeelding) in horecagelegenheden is een groeiende trend, maar er is nog geen solide



wetenschappelijk bewijs voor de effecten ervan. Vanwege dit gebrek aan wetenschappelijk bewijs is het dus niet mogelijk om betrouwbaar in te schatten of de inzet van technologie daadwerkelijk kan helpen om de (tijdelijke) personeelstekorten in de horecasector te verminderen of op te vangen.

Openbaar bestuur

Gebaseerd op de bevindingen van dit onderzoek valt niet met zekerheid te zeggen of de implementatie van technologie een oplossing biedt voor de groeiende personeelstekorten in deze sector. Momenteel wordt er al vaak technologie ingezet, maar dit betreft voornamelijk workflow-software. Het is mogelijk dat de kansen voor deze sector eerder liggen bij andere vormen van technologie, zoals persoonlijke assistentie & monitoring en autonome systemen & data-analyse. Helaas is er beperkt wetenschappelijk bewijs beschikbaar met betrekking tot de mogelijke impact van deze technologische benaderingen binnen deze sector. Hierdoor blijft het voorlopig onduidelijk of de inzet van technologie daadwerkelijk kan bijdragen aan het oplossen van het groeiende personeelstekort in deze branche.

Bouw

Hoewel de personeelstekorten in de bouwsector niet bijzonder groot zijn, biedt de implementatie van technologie toch een robuuste kans om de structurele personeelstekorten in deze branche aan te pakken. Opmerkelijk is dat de huidige toepassing van technologie nog relatief beperkt is, terwijl wetenschappelijke literatuur aantoont dat het gebruik van arbeidsbesparende technologieën zoals robots (waaronder inspectiedrones, zie afbeelding) en cobots aantoonbaar effectief is en bijdraagt aan de versnelling van productieprocessen en inspectietaken.

Bovendien is er bewijs voor de positieve effecten van arbeidsondersteunende technologie, zoals exoskeletten, hoewel dit niet direct gerelateerd is



aan het verminderen van personeelstekorten: het vergroot eerder het arbeidsaanbod op lange termijn, omdat werknemers langer gezond en veilig kunnen werken. Alles bij elkaar lijkt de inzet van technologie dus een gedegen oplossing te bieden voor de personeelstekorten in de bouwsector.

Informatie en communicatie

Het is nog onduidelijk of technologie zal bijdragen aan het aanpakken van de personeelstekorten in deze sector. Zowel de huidige als de verwachte personeelstekorten zijn betrekkelijk laag, en er wordt al uitgebreid gebruikgemaakt van technologie binnen deze branche. Hierbij valt te denken aan groupware, workflow-software en kunstmatige intelligentie (AI). Ondanks de relatief aanzienlijke inzet van deze vormen van technologie ontbreekt het echter (nog) aan empirisch bewijs met betrekking tot de effecten ervan op personeelstekorten. Het is daarom momenteel niet mogelijk om te voorspellen of de implementatie van technologie daadwerkelijk kan bijdragen aan het verminderen van personeelstekorten in deze sector.

Vervoer en opslag

In deze sector blijft het onzeker of de implementatie van technologie een oplossing vormt voor de (overigens bescheiden) personeelstekorten. Hoewel er talloze theoretische artikelen bestaan over hoe technologie, zoals robots, cobots en autonome voertuigen, kan bijdragen aan arbeidsbesparing en arbeidsondersteuning, ontbreekt concreet empirisch bewijs hiervoor. Dit hiaat in bewijsmateriaal is grotendeels te wijten aan de nog beperkte toepassing van dergelijke technologieën, vaak vanwege financiële of juridische beperkingen. Vanwege het ontbreken van solide bewijs omtrent effectiviteit, is het momenteel niet mogelijk om betrouwbare conclusies te trekken over de potentie van technologie om personeelstekorten te ondervangen in deze sector.

Cultuur, sport en recreatie

De kans lijkt beperkt dat technologie een significante rol zal spelen bij het oplossen van de (overigens beperkte) personeelstekorten in deze sector. Momenteel wordt technologie in deze branche relatief weinig ingezet, en er ontbreekt wetenschappelijk bewijs voor de effecten ervan op personeelstekorten. Deze situatie kan deels worden verklaard door de algehele lage mate van personeelstekorten in deze sector en door het type werkzaamheden, dat vaak draait om creatieve en fysieke taken die moeilijker te automatiseren zijn. Misschien bieden recente ontwikkelingen in kunstmatige intelligentie enige potentie om personeelstekorten aan te pakken, maar op dit moment ontbreekt nog wetenschappelijke literatuur die hierover uitsluitsel geeft. Uitgaande van de type werkzaamheden en huidige staat van technologische innovatie, lijkt de inzet van technologie in deze sector daarom geen grote impact te hebben op personeelstekorten.

Onderwijs

Het is momenteel onduidelijk of technologie een rol kan spelen bij het aanpakken van de (chronische) personeelstekorten in het onderwijs. Zowel de huidige als de verwachte personeelstekorten zijn relatief beperkt, en het gebruik van technologie in deze sector valt niet op: het is vooral beperkt tot groupware. Bovendien ontbreekt concreet empirisch bewijs over de effecten van technologie op personeelstekorten in het onderwijs. Hierdoor is het momenteel niet mogelijk om te voorspellen of de implementatie van technologie daadwerkelijk kan bijdragen aan het verminderen van de structurele personeelstekorten in deze sector.

Financiële instellingen

Op basis van de resultaten van het onderzoek is het niet mogelijk om te concluderen of technologie een rol kan spelen in het aanpakken van de personeelstekorten in deze sector, hoewel deze tekorten beperkt zijn. In deze branche wordt vooral gebruik gemaakt van workflow-software. Kunstmatige intelligentie is eveneens relatief veelvoorkomend. Echter, het beschikbare empirische bewijs met betrekking tot de effecten van deze technologieën binnen deze sector is zeer beperkt. Hierdoor is het momenteel niet haalbaar om de potentiële bijdrage van technologie voor het verminderen van personeelstekorten in deze sector betrouwbaar te beoordelen.

Landbouw, bosbouw & visserij

De personeelstekorten in de landbouw, bosbouw en klein. Toch biedt de inzet van technologie een gedegen (toekomstige) personeelstekorten aan te pakken. Er binnen deze sector overtuigend wetenschappelijk voor de positieve effecten van zowel arbeidsbesparende technologieën, zoals snoeirobots als arbeidsondersteunende technologieën, zoals oogstmachines (zie afbeelding). Een bijkomend voordeel van het gebruik van technologie in deze branche is dat het tevens kan leiden tot besparingen op het gebied van bijvoorbeeld water, meststoffen en stikstof. Gezien de huidige beperkte inzet van technologie, lijkt technologie dus een waardevolle bijdrage te kunnen leveren aan het verminderen van personeelstekorten in de landbouw, bosbouw & visserij.



visserij zijn kans om bestaat bewijs en drones,

Tabel x. Overzicht van de bevindingen uit het huidige onderzoek en daarop gebaseerde potentie van technologie als oplossing voor personeelstekorten, per sector.

Sector	Personeelskrapte*		Inzet van technologie**	Evidence-based***		Geschatte impact van technologie op krapte****	Potentie van technologie als oplossing voor krapte
	2022	2023	%	Arbeids besparend	Arbeids ondersteunend		
Groot- en detailhandel	101,4	87,3	52,6	1	5	+	
Zakelijke dienstverlening	77,5	73,6	63,7	-	-	?	?
Gezondheids- en welzijnzorg	64,9	65,4	55,2	3	21	+++	
Industrie	41,4	39,1	67,5	13	9	+	
Horeca	39,1	33	34,2	-	-	?	?
Openbaar bestuur	22,1	25,3	86,0	1	4	?	?
Bouw	27,6	25,2	55,9	15	2	+	
Informatie en communicatie	28,4	21,2	78,9	3	3	?	?
Vervoer en opslag	19,7	18,1	47,5	10	8	?	?
Cultuur, sport en recreatie	13,3	12,9	45,7	-	-	?	
Onderwijs	12,0	11,9	58,4	-	-	?	?
Financiële instellingen	12,7	10,8	58,5	2	-	-/+	?
Landbouw, bosbouw en visserij	3,6	3,2	56,1	9	4	++	

* Openstaande vacatures 2e kwartaal, seizoensgecorrigeerd (x 1.000) (Bron: CBS)

** Percentage werkgevers dat aangeeft tenminste 1 of meer technologieën in te zetten binnen de organisatie (Bron: WEA, 2022)

*** Aantal gevonden wetenschappelijke studies (Bron: literatuuronderzoek, zie H2)

**** De geschatte impact is bepaald door het onderzoeksteam op basis van de effectsizes en uitkomstmaten zoals gerapporteerd in de wetenschappelijke studies (zie H5)

6 Conclusie en volgende stappen

Voorlopige conclusie

De resultaten van dit onderzoek suggereren dat technologie het meest veelbelovend is als een oplossing voor arbeidstekorten in de sectoren van de groot- en detailhandel en de gezondheids- en welzijnszorg. In tegenstelling hiermee lijkt de potentie van technologie in de sectoren van het openbaar bestuur en informatie- en communicatietechnologie relatief beperkt te zijn, voornamelijk vanwege het reeds uitgebreide gebruik van technologie in deze gebieden. Voor veel andere sectoren ontbreekt echter een substantiële basis aan bewijs, wat betekent dat het trekken van betrouwbare conclusies moeilijk is.

Onzekerheden rondom de impact arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologie

De impact van technologie reikt verder dan de sectorspecifieke verwachtingen die in dit rapport zijn besproken. Een treffend voorbeeld hiervan is de razendsnelle ontwikkeling van kunstmatige intelligentie, zoals te zien is in autonome systemen als chatGPT en andere geavanceerde toepassingen. Helaas is er beperkt empirisch bewijs beschikbaar met betrekking tot de arbeidsbesparende en -ondersteunende effecten van deze technologieën. Desalniettemin kunnen deze technologieën mogelijk van belang zijn voor alle sectoren om structurele arbeidstekorten aan te pakken.

Een ander voorbeeld heeft betrekking op arbeidsondersteunende technologie: we hebben weliswaar veel sector overstijgende wetenschappelijke literatuur gevonden die positieve effecten voorspelt van deze technologie, zoals in de categorieën 'persoonlijke assistentie & monitoring' en 'AR & VR' (denk aan slimme brillen en spraak gestuurde apparatuur), maar toch ontbreekt vaak nog empirisch bewijs met betrekking tot personeelstekorten. Dit kan te wijten zijn aan het feit dat de effecten van arbeidsondersteunende technologie pas op de lange termijn zichtbaar worden. Ter illustratie: slimme brillen kunnen werknemers helpen om taken sneller onder de knie te krijgen, wat hun inzetbaarheid binnen de organisatie kan vergroten, maar deze verbeteringen zijn mogelijk niet direct zichtbaar in de omloopsnelheid van de taak. Bovendien kunnen de positieve effecten van arbeidsondersteunende technologie sterk afhankelijk zijn van de perceptie en acceptatie ervan door de gebruikers. Als werknemers bijvoorbeeld deze technologie als een bedreiging voor hun werkzaamheden zien of als zij slechts een verlengstuk van de technologie worden, kunnen de verwachte voordelen mogelijk uitblijven. Deze overwegingen zijn evenzeer van toepassing op arbeidsbesparende technologieën.

Volgende stappen in het project

In het project 'van krapte naar kans: technologie als gamechanger' gaan we de impact van arbeidsbesparende en arbeidsondersteunende technologie verder in kaart brengen aan de hand van empirische studies. Met de resultaten kunnen we dan laten zien of en hoe verschillende vormen van technologie de arbeidsvraag verminderen danwel het arbeidsaanbod vergroten, en welke factoren bepalen of technologie succesvol kan worden ingezet

7 Referenties

Bal, M., Benders, J., Dhondt, S., & Vermeerbergen, L. (2021). *Head-worn displays and job content: A systematic literature review*. *Applied Ergonomics*, 91*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687020302337>

Biesma, A., Scholten, C., Poel, M., Zandvliet, K., de Rooij, M., Ifzaren, D., & de Vries, D. (2017). *De kansen van technologie voor inclusie: Verkenning van kosten en baten van nieuwe technologie als voorziening voor mensen met een arbeidsbeperking*. Technopolis group en SEOR. URL: <https://www.uwv.nl/overuuv/Images/de-kansen-voor-technologie-en-inclusie.pdf>

Chaploutskyi, A., Butsyk, R., & Polunina, O. (2021). Features of creating and maintaining a fruit wall in apple orchard: literature review.

Chavali, L. N., Kishore, P. B., & Narayana, P. L. (2020). Role of IoT and its adoption in smart farming. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 14*(4), 439-447.

Christoph H. Glock, Eric H. Grosse, W. Patrick Neumann & Andrew Feldman (2020). *Assistive devices for manual materials handling in warehouses: a systematic literature review*. *International Journal of Production Research*, 59*, 3446-3469. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1853845>

Compagnucci, F., Gentili, A., Valentini, E., & Gallegati, M. (2019). Robotization and labour dislocation in the manufacturing sectors of OECD countries: A panel VAR approach. *Applied Economics*, 51*(57), 6127-6138.

De Looze, M., Kranenborg, K., & Wilschut, El. (2022). *Technologie voor mensen met afstand tot de arbeidsmarkt: Toepassingen van een mensgerichte aanpak*. *Beleid en Maatschappij*, 49*, 43-52.

De Vries, A., Baltrusch, S., & de Looze, M. (2022). Het gebruik van een exoskelet door stukadoors: Resultaten van een praktijkonderzoek (Rapportnummer TNO 2022 R10445). Rapport voor Knauf en NOA. TNO. Rapport is te downloaden op: [Stukadoors overwegend positief na gebruik exoskelet \(tno.nl\)](https://www.tno.nl/overuuv/Images/stukadoors-overwegend-positief-na-gebruik-exoskelet.pdf)

Elena Syurina, Pim Klaassen, Aafke Fraaije, Robin van Wijk, Michel Klein, Güven Alarlan, Barbara Regeer (2018). *Technologie & Inclusie: De rol van technologie in arbeidsparticipatie van mensen met een licht verstandelijke beperking*. Vrije Universiteit Amsterdam. URL: <https://www.uwv.nl/overuuv/Images/uwv-technologie-en-inclusie.pdf>

Faugno, et al. (2017). Mechanical thinning of apricot fruitlets. *Chemical Engineering Transactions*, 58*, 259-264.

Hento, I., & van Horssen, C. (2018). *Kansen van technologie voor arbeidsparticipatie: Welke kansen biedt technologie voor (het vergroten van) de arbeidsparticipatie van mensen met een arbeidsbeperking?*. UWV. URL: <https://www.uwv.nl/overuuv/Images/UKV-2018-2-kansen-voor-technologie-en-arbeidsparticipatie.pdf>

Hossain, M. A., Zhumabekova, A., Paul, S. C., & Kim, J. R. (2020). A review of 3D printing in construction and its impact on the labor market. **Sustainability*, 12*(20), 8492.

Ilse Hento, Suzanne Lagerveld, Yannick Bleeker, en Teun Zuiderent-Jerak (2020). **Technologie voor inclusie werkt in de praktijk: De waarde van technologie op de werkvloer voor mensen met een arbeidsbeperking**. UWV. URL: <https://www.uvw.nl/overuwv/Images/ukv-2020-8-technologie-voor-inclusie-werkt-in-de-praktijk.pdf>

Kim Kranenborg, Michiel de Looze, Ellen Wilschut, Harry de Boer, Reinier Könemann, en Astrid Hazelzet. **Wegwijzer voor inclusieve technologie**. TNO. URL: <https://inclusievetechologie.nl/wp-content/uploads/2020/11/Wegwijzer-voor-inclusieve-technologie.pdf>

Kolhalkar, N. R., Krishnan, V. L., Somkuwar, R. G., & Pandit, A. A. (2022). Design of IoT-based Mechatronic Module for Real-Time Yield Monitoring During Harvesting of Greenhouse Produce and Vineyards.

Korn O, Schmidt A, Hörz T. (2013). **The potentials of in-situ-projection for augmented workplaces in production: a study with impaired persons**. In: CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.

Kranenborg, K., Teeuwen, P., Schoone-Harmsen, M., de Looze, M., Hazelzet, A., Wilschut, E., Cremers, A., Blonk, R., & de Boer, H. (2020). **Handreiking technologie en psychosociale belemmeringen**. TNO. URL: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:e54af59e-e5eb-481e-86ce-38cd52ab8029>

Leng, Y., Shi, X., Hiroatsu, F., Kalachev, A., & Wan, D. (2023). Automated construction for human-robot interaction in wooden buildings: Integrated robotic construction and digital design of iSMART wooden arches. **Journal of Field Robotics.**

Little, M. J. (2005). Robot saves on labor costs, improves quality. **Products Finishing (Cincinnati)*, 69*, 54-57. ISSN 00329940.

Looze, M., & Krause, F. (2019). **Robotisering en human capital in het magazijn**. **Logistiek*, 7*, 118-129. URL: https://www.kennisdcllogistiek.nl/system/downloads/attachments/000/000/465/original/Logistiek_nr7_8.Robotisering_en_Human_Capital.pdf?1555420732

Lopes, A. G. (2015). Single-use in the biopharmaceutical industry: A review of current technology impact, challenges, and limitations. **Food and Bioproducts Processing*, 93*, 98-114.

Ma, X., Mao, C., & Liu, G. (2022). Can robots replace human beings?—Assessment of the developmental potential of construction robots. **Journal of Building Engineering*, 56*, 104727.

Matschke, G. (2005). Advanced pigging technologies. **Industrial Paint and Powder*, 81*, 16-25. ISSN 10734651.

Miller, et al. (2007). Convergence of continuous glucose monitoring and in-hospital tight glycemic control: Closing the gap between caregivers and industry. *Journal of Diabetes Science and Technology, 1*, 903-906. DOI 10.1177/193229680700100616.

Ni Y., Bermudez M., Kennebeck S., Liddy-Hicks S., Dexheimer J. (2019). A Real-Time Automated Patient Screening System for Clinical Trials Eligibility in an Emergency Department: Design and Evaluation. *JMIR Med Inform, 7*, 1-11.

Nieto Agraz, C., Pfingsthorn, M., Gliesche, P., Eichelberg, M., & Hein, A. (2022). A survey of robotic systems for nursing care. *Frontiers in Robotics and AI, 77*.

Ogawa, K., Koike, Y., Shionoiri, M., Notomi, N., & Fujii, M. (2017). IoT and AI innovations for the retail industry. *NEC Technical Journal, 12*, 59-62. ISSN 18805884.

Pavel Yurievich, I., Kirill Andreevich, V., & Anton Vadimovich, K. (2023). Development of a Digital Well Management System. *Applied System Innovation, 6*(1), 31.

Qu, W., Cao, W., & Su, Y. C. (2020). Design and implementation of smart manufacturing execution system in the solar industry. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 1-17*.

Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, A., & Gorecky, D. (2016). *Towards an Operator 4.0 Typology: A Human-Centric Perspective on the Fourth Industrial Revolution Technologies*. URL: https://www.researchgate.net/publication/309609488_Towards_an_Operator_40_Typology_A_Human-Centric_Perspective_on_the_Fourth_Industrial_Revolution_Technologies

Sano, et al., (2013). Development of a wearable assist suit for walking and lifting up motion using electric motors. *Journal of Robotics and Mechatronics, 25*, 923-930.

Sarig, Y. (2012). Mechanical harvesting of fruit - Past achievements, current status and future prospects. *Acta Horticulturae, (965)*, 163-169. doi:10.17660/actahortic.2012.965

Tait, N. (2007). Developments in apparel technology. *Textile Outlook International, 30*, 37-59. ISSN 02684764.

Takeda F, Yang WQ, Li C, Freivalds A, Sung K, Xu R, Hu B, Williamson J, Sargent S. Applying new technologies to transform blueberry harvesting. *Agronomy. 2017; 7(2):33*. <https://doi.org/10.3390/agronomy7020033>

Tian, J., & Li, L. (2022). Research on artificial intelligence of accounting information processing based on image processing. *Mathematical Biosciences and Engineering, 19*(8), 8411-8425.

TNO. (2021). *Werkgevers-Enquete-Arbeid-2021-Methodologie-en-verantwoording.pdf*. URL: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:50618e7b-3bf2-4853-941a-1a473cf50ea3>

UWV. (2023). Arbeidsmarktprognose 2023-2024. <https://www.werk.nl/documenten/uwv-arbeidsmarktprognose-2023-2024>

Vogt, G., & König, A. S. L. (2021). Robotic devices and ICT in long-term care in Japan: Their potential and limitations from a workplace perspective. *Contemporary Japan, 1-21*.

Wang, L., Huang, X., Li, W., Yan, K., Han, Y., Zhang, Y., ... & Lan, Y. (2022). Progress in agricultural unmanned aerial vehicles (UAVs) applied in China and prospects for Poland. *Agriculture, 12*(3), 397.

Wang, Z., Xun, Y., Wang Y., & Yang, Q. (2022). Review of smart robots for fruit and vegetable picking in agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 15*(1), 33-54.

Yao-Hsu, T., Chieh-Heng, K., & Kuo-Chung, L. (2014). Using the commonKADS method to build a prototype system in medical insurance fraud detection. *Journal of Networks, 9*, 1798-1802.

Zhang, J., Karkee, M., Zhang, Q., Zhang, X., Yaqoob, M., Fu, L., & Wang, S. (2020). Multi-class object detection using Faster R-CNN and estimation of shaking locations for automated shake-and-catch apple harvesting. *Computers and Electronics in Agriculture, 173*, 105384

Zuiderent-Jerak, T., Bleeker, Y., Grijseels, M., Gorter, M., & Regeer, B. (2020). *Arbeidsparticipatie en technologie: Lessen uit zeven pilots en perspectieven voor groei en opschaling*. Athena Instituut, Vrije Universiteit & Regioplan Beleidsonderzoek. URL: <https://www.uvw.nl/overuwv/Images/arbeidsparticipatie-en-technologie-pilotlessen.pdf>

(2003). The future according to stoll. Knitting International, 109, 37

(2020). *Technologie voor inclusie werkt: lessen uit zeven pilots*. UWV. URL: <https://www.regioplan.nl/wp-content/uploads/2019/04/infographic-technologie-voor-inclusie-werkt.pdf>

(2021). *Overzicht van beproefde technologie op de werkvloer voor mensen met een arbeidsbeperking*. Coalitie voor technologie en inclusie, Regioplan, Vrije Universiteit Amsterdam, TNO. URL: https://technologievoorinclusie.nl/wp-content/uploads/2021/04/AAA_MR_Inclusie_tech_RGB_A3_10b_Hyperlinks-1.pdf

8 Bijlagen

Bijlage A: Vormen van digitalisering, automatisering, robotisering en kunstmatige intelligentie (AI) die door de vestiging worden gebruikt, uitgesplit naar sector

	Workflow software		Groupware		Algoritmen en big data-technieken		Robotisering		Kunstmatige intelligentie		Wearables	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	*
Landbouw, bosbouw en visserij	25	34	16	22	11	15	32	42	2	3	1	1
Industrie	493	63	268	34	82	12	222	28	29	4	22	3
Bouw	139	53	90	34	19	7	15	5	3	1	10	4
Groot- en detailhandel	270	47	193	32	73	12	53	9	21	4	12	2
Vervoer en opslag	111	40	88	30	34	12	21	7	7	3	4	1
Horeca	39	20	53	27	18	9	6	3	1	1	2	1
Informatie en communicatie	87	64	94	70	51	38	8	6	24	19	5	4
Financiële instellingen	69	48	54	37	36	24	6	4	15	11	2	1
Zakelijke dienstverlening	317	55	270	46	109	19	50	8	39	7	29	5
Openbaar bestuur	41	76	32	59	14	26	3	5	3	6	7	11
Onderwijs	137	40	171	49	26	8	10	3	6	2	31	9
Gezondheids- en welzijnszorg	129	40	153	47	49	15	39	12	15	5	33	10
Cultuur, sport en recreatie	81	38	76	35	29	13	6	3	1	1	2	1
Totaal	1938	49	1558	39	561	14	471	11	166	4	160	4

Bijlage B: Vormen van digitalisering, automatisering, robotisering en kunstmatige intelligentie (AI) die door de vestiging worden gebruikt, uitgesplit naar vestigingsgrootte

	Workflow software		Groupware		Algoritmen en big data-technieken		Robotisering		Kunstmatige intelligentie		Wearables	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	*
2-4 werknemers	121	20	94	15	29	5	19	3	9	2	6	1
5-9 werknemers	186	32	144	24	37	6	33	5	10	2	13	2
10-49 werknemers	593	45	513	37	126	9	123	9	41	3	37	3
50-99 werknemers	373	68	278	50	112	21	89	16	27	5	17	3
100+ werknemers	665	74	529	60	257	30	207	22	79	10	87	9
Totaal	1938	49	1558	39	561	14	471	11	166	4	160	4

	Geen technologie aangekruisd		1 t/m 3 technologieën aangekruisd		4 t/m 6 technologieën aangekruisd	
	N	%	N	%	N	%
2-4 werknemersrij	432	74	146	25	6	1
5-9 werknemers	325	59	223	40	8	1
10-49 werknemers	496	41	695	57	26	2
50-99 werknemers	103	22	331	72	29	6
100+ werknemers	118	18	478	71	80	12
Totaal	1474	42	1873	54	149	4

Healthy Living & Work

Sylviusweg 71
2333 BE Leiden
www.tno.nl