

ARBEIDSBESPARENDE INNOVATIES IN DE INDUSTRIE

ONDERZOEK NAAR DE GEVOLGEN VAN INNOVATIES OP DE
ARBEIDSVRAAG IN DE INDUSTRIE

SECTORRAPPORT INDUSTRIE

seo • economisch onderzoek

AUTEURS

JUSTUS VAN KESTEREN & IRIS KLINKER
M.M.V. ARJAN HEYMA & BAS TER WEEL

IN OPDRACHT VAN

TOPSECTOR ENERGIE

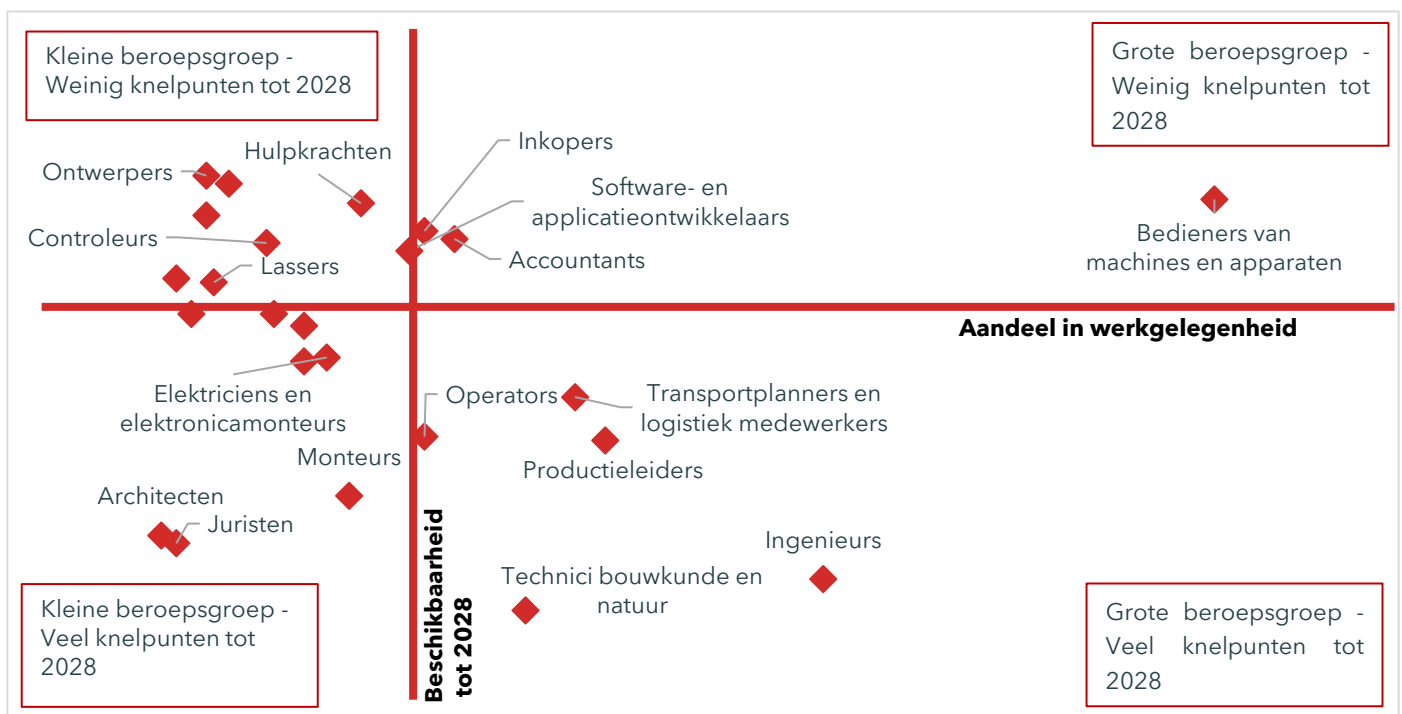
AMSTERDAM, APRIL 2024

Samenvatting

Arbeidsbesparende innovaties verminderen personeelskrapte in de energietransitie. Het huidige innovatiebeleid richt zich echter beperkt op dergelijke innovaties, terwijl hier wel kansen liggen.

De beschikbaarheid van personeel is een belemmering in het realiseren van de energietransitie. De vraag naar personeel is simpelweg groter dan het beschikbare aanbod. De krapte ontstaat aan de vraagzijde door de behoefte aan vervanging van vertrekkend personeel, vooral vanwege pensionering. Er is ook een uitbreidingsvraag naar personeel vanwege extra werk door de energietransitie, waarbij de schatting van TNO is dat er 12 duizend extra banen in de Industrie nodig zijn tot 2030. Aan de aanbodzijde ontstaat krapte doordat er beperkte vervanging beschikbaar is vanuit opleidingen. De instroom vanuit technische opleidingen is ontoereikend om in de toenemende vraag te voorzien. De grootste knelpunten zijn tot 2028 in de Industrie te verwachten bij ingenieurs, technici, operators, productieleiders, transportplanners en logistiek medewerkers. Daarentegen zijn vraag en aanbod beter in balans voor andere omvangrijke beroepsgroepen, zoals voor bedieners van machines en apparaten, hulpkrachten en softwareontwikkelaars.

Figuur S.1 De grootste knelpunten zijn te verwachten bij ingenieurs, productieleiders en technici



Bron: CBS Microdata, EBB, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: De horizontale as laat het aandeel dat een beroep inneemt in de werkgelegenheid zien, ten opzichte van het gemiddelde aandeel dat een beroep inneemt in de werkgelegenheid (afwijking in procentpunt). Hieruit blijkt in hoeverre beroepen op dit moment onder- of bovengemiddeld van belang zijn voor de sector. De verticale as laat de hoogte van de Indicator Toekomstige Knelpunten in de Personeelsvoorziening naar Beroep (ITKB) van ROA zien, t.o.v. de gemiddelde hoogte van de indicator van een beroepsgroep in Nederland. Naarmate de waarde lager ligt, zijn de verwachte knelpunten groter. De waarde ligt tussen de 0 en 1 en reflecteert de verwachte spanning naar beroep.

Arbeidsbesparende innovaties bieden een oplossing bieden voor arbeidsmarktcrachte in de energietransitie.

Deze innovaties nemen werk (taken) van mensen uit handen, of zorgen voor een slimmere organisatie van werk rondom de beschikbare menskracht. Dit omvat doorgaans vormen van robotisering, automatisering en digitalisering. Een voorbeeld van een potentieel arbeidsbesparende technologie is de introductie van de 3D-printer. 3D-printers kunnen vaak autonoom werken nadat het ontwerp is ingevoerd. Dit in tegenstelling tot traditionele productiemethoden waarbij meerdere stappen, handelingen en arbeidskrachten nodig zijn. Bovendien worden fouten door menselijk handelen voorkomen. Door de ontwikkeling en implementatie van arbeidsbesparende innovaties kunnen werkgevers de energietransitie realiseren met minder arbeidsinzet. Vooral bij arbeidsintensieve industrieën kan dit uitkomst bieden, zoals bij de verwerking van voedingsmiddelen.

Doel en aanpak

De Topsector Energie (TSE) wil bijdragen aan arbeidsbesparing met investeringen in innovaties. In samenwerking met het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft de TSE een programma opgezet dat gericht is op het bevorderen van arbeidsbesparende innovaties. Het doel is onder andere om het subsidie-instrumentarium meer te richten op het bevorderen van arbeidsbesparende maatregelen. Daarvoor is eerst onderzoek nodig naar de gevolgen van (gesubsidieerde) innovaties op de arbeidsvraag in de energietransitie.

De TSE heeft SEO Economisch Onderzoek gevraagd onderzoek te doen naar arbeidsbesparende innovaties.

Het onderzoek biedt inzicht in de mate waarin gesubsidieerde innovaties zorgen voor arbeidsbesparingen. Hierbij ligt de nadruk van dit sectorrapport op innovaties die een bijdrage leveren aan de energietransitie in de Industrie. Verder ligt de nadruk op technologische innovaties. Andere innovaties, zoals het anders organiseren van het werk (o.a. sociale innovatie) vallen buiten de scope van dit onderzoek.

SEO gebruikt een combinatie van onderzoeksmethoden in dit onderzoek. Eerst zijn de ontwikkelingen op de arbeidsmarkt in kaart gebracht op basis van deskresearch, prognoses, interviews en kwantitatieve registratiegegevens. Vervolgens is een online enquête uitgezet onder 1.289 innovatieontwikkelaars die subsidie krijgen vanuit regelingen die vallen onder de TSE. De enquête biedt inzicht in de gevolgen van deze innovaties op de arbeidsvraag in de energietransitie. In totaal hebben 327 innovatieontwikkelaars de enquête volledig ingevuld (responspercentage van 25 procent), waarvan 116 innovatieontwikkelaars zich richten op de sector Industrie. Tot slot is een enquête uitgezet onder 1.877 werkgevers die actief zijn in de Industrie. De enquête biedt inzicht in welke mate werkgevers, buiten de gesubsidieerde projecten om, bezig zijn met het ontwikkelen en implementeren van arbeidsbesparende innovaties. In totaal hebben 104 werkgevers de enquête volledig ingevuld (6 procent).

Resultaten

Bij innovatiesubsidies gericht op de energietransitie is arbeidsbesparing geen randvoorwaarde. De huidige gesubsidieerde innovaties lijken eerder de arbeidsvraag in de energietransitie te vergroten dan te verkleinen. Ongeveer 16 procent van de gesubsidieerde innovaties geeft aan arbeidsbesparingen te realiseren in het kader van de energietransitie. Voor de overige innovaties geldt dat ze de arbeidsvraag verder aanwakkeren (52 procent) of weinig impact hebben op de arbeidsvraag (30 procent). Een logische verklaring is dat nieuwe duurzame productieprocessen een intensievere arbeidsinzet vereisen dan traditionele, minder duurzame productie. Vrijwel alle gesubsidieerde innovaties verwachten vóór 2030 tot implementatie te komen. Na implementatie wordt naar verwachting een groter beroep gedaan op beroepsgroepen als engineers (zoals elektrotechnisch-, materiaal- en procesengineers), productieleiders en machinebedieners, waar nu al veel vraag naar is en waarbij de knelpunten

naar verwachting groot blijven (m.u.v. machinebedieners). Het huidige subsidie-instrumentarium bevordert dus slechts in beperkte mate arbeidsbesparende innovaties in de energietransitie.

Gesubsidieerde innovaties veranderen de vraag naar skills. Soft skills die complementair zijn aan de technologie winnen aan belang door de innovaties, waaronder probleemoplossend vermogen, aanpassingsvermogen, veiligheidsbewustzijn en verantwoordelijkheidsgevoel. Werknemers dienen adequaat te kunnen inspelen op beperkingen van technologieën, zoals een gebrek aan bewustzijn. Daarnaast krijgen zij meer verantwoordelijkheden doordat technologieën eenvoudige werktaken (gedeeltelijk) overnemen. Verder krijgen hard skills die nodig zijn om te kunnen werken met de nieuwe technologieën steeds meer gewicht, zoals kennis van robots en data- en computervaardigheden. Daarentegen zien we in de Industrie een afname in het belang van uithoudingsvermogen omdat het werk minder fysiek wordt. Op dit moment zijn er al tekorten aan probleemoplossend vermogen, aanpassingsvermogen en computervaardigheden. De innovaties lijken de tekorten eerder te vergroten dan verkleinen.

Kansen zijn er wel degelijk. Een toename van de arbeidsproductiviteit draagt bij aan het verminderen van de benodigde arbeidsinzet in de Industrie. Als de productiviteit van bestaande werknemers met 3 procent wordt verhoogd, dan zijn de benodigde 12 duizend extra banen in de Industrie als het ware vrijgespeeld. Verder bestaat het werk in de energietransitie nog veel uit routinematige taken die in de regel eenvoudiger te vervangen zouden moeten zijn door arbeidsbesparende technologieën. Denk hierbij aan energie-audits, het installeren van energiezuinige apparaten en machines en de installatie van duurzame energiebronnen. Het vervangen van alle routinematige taken door technologie zou op z'n minst 157 duizend voltijdequivalenten aan arbeidsinzet kunnen besparen. Het volledig vervangen van routinematige taken door technologie is op korte termijn niet te realiseren, maar de som geeft wel de potentie van arbeidsbesparende technologieën aan. Veel werkgevers zijn dan ook buiten de gesubsidieerde projecten om al bezig met het ontwikkelen en implementeren van arbeidsbesparende innovaties. In de Industrie gaat het om ongeveer de helft van de geënquêteerde werkgevers. Een aanzienlijk deel van hen is bezig met het ontwikkelen van technologieën die ook andere werkgevers in de toekomst kunnen toepassen. Daarmee zijn de technologieën breder toepasbaar, schaalbaar en vinden er mogelijke positieve kennis *spillovers* plaats als het gaat om het bevorderen van technologiediffusie en het verhogen van de productiviteit. Dat kan een reden zijn voor de overheid om deze werkgevers gericht te ondersteunen.

Handelingsperspectieven

Innovatiebeleid kan bijdragen aan het verminderen van de arbeidsvraag in de energietransitie. De beschikbaarheid van personeel is op dit moment een vertragende factor in het realiseren van de energietransitie. De arbeidsmarkt kan zich op termijn wel aanpassen, maar de urgentie van de energietransitie legitimeert ingrijpen. Hierbij zijn echter geen 'quick fixes' mogelijk. Het is belangrijk om te erkennen dat innovaties niet direct de arbeidsmarktproblematiek oplossen, maar op lange termijn wel van belang zijn voor het behalen van klimaatdoelen in 2030 en 2050. Uit het onderzoek komen twee handelingsperspectieven naar voren:

1. **Neem arbeidsmarktgevolgen op als randvoorwaarde in het subsidie-instrumentarium**

De bestaande subsidieregelingen richten zich hoofdzakelijk op het ontwikkelen van nieuwe duurzame producten en technologieën. Het is niet aan te raden om arbeidsbesparing op te nemen als een harde voorwaarde voor het verkrijgen van deze subsidies. In de regel gaat de ontwikkeling en implementatie van nieuwe duurzame producten en technologieën samen met inefficiënties in het productieproces. Hierdoor zal een poging om met één subsidie zowel CO₂- als arbeidsbesparing te bereiken, ervoor zorgen dat beiden suboptimaal worden gerealiseerd. Wel is het aan te raden om als randvoorwaarde op te nemen dat subsidie-

aanvragers inzichtelijk maken wat de gevolgen zijn van hun innovaties voor de arbeidsmarkt. Een middel hiervoor is om aanvragers te onderwerpen aan een 'arbeidsmarkttoets'. Dit kan bijvoorbeeld door aanvragers te stimuleren zwaar en gevaarlijk werk uit te sluiten, hen te laten aangeven hoe de innovatie de arbeidsvraag beïnvloedt op korte en lange termijn, en hoe ze omgaan met eventuele toekomstige knelpunten in de beschikbaarheid van personeel. Dergelijke informatie kan de overheid gebruiken om te bepalen waar verwachte knelpunten in de realisatie van de energietransitie gaan ontstaan en waar arbeidsbesparingen wenselijk zijn, om vervolgens gericht te sturen op het realiseren van deze arbeidsbesparingen;

2. **Ondersteun gericht arbeidsbesparende innovaties in de energietransitie**

Een nieuwe subsidieregeling vanuit de overheid kan helpen bij het stimuleren van arbeidsbesparende innovaties. Idealiter richt een dergelijke nieuwe subsidieregeling zich specifiek op de ontwikkeling van (i) schaalbare innovaties die (ii) zorgen voor een vermindering van de arbeidsvraag in de energietransitie (iii) binnen beroepsgroepen waarin toekomstige knelpunten te verwachten zijn. Hierbij is het van belang dat ontwikkelaars die kunnen onderbouwen dat ze op termijn arbeidsbesparingen opleveren, niet alleen op korte termijn toezeggingen ontvangen, maar ook financiële zekerheid hebben met betrekking tot subsidiëring op de lange termijn.

Tot slot is het van belang om randvoorwaarden te scheppen voor de totstandkoming van innovaties. Naast het innovatiebeleid zijn randvoorwaardelijke aspecten zoals rechtsorde, onderwijs, intellectuele eigendomsrechten, infrastructuur en mededingingsbeleid van cruciaal belang voor het tot stand komen van innovaties. Op dit moment zijn de randvoorwaarden niet optimaal. Innovatie-ontwikkelaars ervaren belemmeringen in de wet- en regelgeving, vergunningsprocedures en elektriciteitsinfrastructuur. Het vereist daarom gecoördineerde beleidsinspanningen om een omgeving te creëren die arbeidsbesparende innovatie bevordert.

Inhoudsopgave

Samenvatting		i
1	Inleiding en probleemstelling	1
	1.1 Probleemstelling	2
	1.2 Onderzoeksaanpak	2
	1.3 Leeswijzer	3
2	De arbeidsmarkt en de energietransitie	5
	2.1 Arbeidsmarktkrapte in de Industrie	5
	2.2 Arbeidsmarktkrapte in beroepen	7
	2.3 Arbeidsbesparend potentieel van productiviteitsgroei	10
	2.4 Technologische ontwikkelingen	12
	2.5 Technologische ontwikkelingen en werktaken	14
3	Conceptueel kader arbeidsbesparing door innovaties	18
4	Arbeidsbesparing gesubsidieerde innovaties	21
	4.1 Gevolgen innovaties op arbeidsvraag	21
	4.2 Arbeidsbesparende innovaties in ontwikkeling	24
	4.3 Verandering in belang skills door innovaties	27
5	Belemmeringen en kansen	30
	5.1 Belemmeringen van innovatie-ontwikkelaars	30
	5.2 Kansen bij werkgevers	31
6	Mogelijkheden voor innovatiebeleid	34
	6.1 De rol van de overheid bij innovaties	34
	6.2 Handelingsperspectieven voor innovatiebeleid	35
	6.3 Randvoorwaarden voor totstandkoming van innovaties	37
Referenties		39
Bijlage A	Verdiepende informatie	40
Bijlage B	Afbakening sector	43
Bijlage C	Overzicht arbeidsbesparende innovaties Industrie	44

1 Inleiding en probleemstelling

Dit sectorrapport biedt inzicht in de gevolgen van (gesubsidieerde) innovaties op de arbeidsvraag in de energietransitie. De focus ligt op innovaties die partijen ontwikkelen voor de Industrie.

De overgang naar hernieuwbare energiebronnen is cruciaal voor het beperken van de opwarming van de aarde. Het kabinet streeft naar een daling van 55 procent van de uitstoot van broeikasgassen in 2030 ten opzichte van 1990. Dit is al volop gaande: er worden grote windparken op zee gebouwd en burgers wekken hun eigen elektriciteit op met zonnepanelen. Met de daling van de uitstoot tot en met 2022 zijn we echter grofweg halverwege dit doel, terwijl de overgebleven tijd aanzienlijk is geslonken. Dat vraagt om een versnelling in het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen om de doelen te behalen.

De beschikbaarheid van personeel is een uitdaging om het doel van halvering van de uitstoot van broeikasgassen te behalen. Er zijn veel arbeidskrachten nodig, zoals elektriciens, installatie- en onderhoudsmonteurs, monteurs voor de (verzwaring van) elektriciteitsnetten en allerlei werknemers in de grond-, weg- en waterbouw om de energietransitie te realiseren. Uit onderzoek van TNO blijkt dat er ongeveer 39 tot 72 duizend banen bijkomen die uitvoering moeten geven aan het klimaatakkoord.¹

Het aanbod van specifieke vakmensen schiet al lange tijd tekort. Zo is het aanbod van vakmensen die helpen de energietransitie te bevorderen onvoldoende om de vervangingsvraag (door met name pensionering) en uitbreidingsvraag (door de aantrekkende economie, overheidsimpulsen en de energietransitie zelf) te compenseren. Over de hele linie van theoretisch en praktisch opgeleide professionals is daarom sprake van een forse mate van arbeidsmarktcrachte. Het jarenlange overheidsbeleid om het arbeidsaanbod in mensen en uren te vergroten is een groot succes, maar de rek lijkt er wel wat uit, zeker waar het gaat om vakmensen.²

Het ligt daarom voor de hand om de pijlen ook te richten op een verlaging van de vraag naar arbeid. Oplossingen voor krapte liggen immers niet alleen in het vergroten en beter benutten van arbeid (meer aanbod van arbeid), maar ook in een verhoging van de arbeidsproductiviteit door een slimmere en efficiëntere inzet van bestaande arbeid (minder vraag naar arbeid of een hogere productie met dezelfde vraag). Zeker gezien de beperkingen in het verder stimuleren van het arbeidsaanbod, is de groei van de arbeidsproductiviteit van belang om de energietransitie te realiseren.

Arbeidsbesparende technologische innovaties worden vaak genoemd als oplossing voor krapte. Deze innovaties nemen het werk van mensen uit handen, of zorgen voor een slimmere organisatie van werk rondom de beschikbare menskracht. Dit omvat doorgaans vormen van robotisering, automatisering en digitalisering. Een voorbeeld van een arbeidsbesparende technologie is de introductie van de 3D-printer. 3D-printers kunnen vaak autonoom werken nadat het ontwerp is ingevoerd. Dit in tegenstelling tot traditionele productiemethoden waarbij meerdere stappen, handelingen en arbeidskrachten nodig zijn. Bovendien wordt zo zwaar en gevaarlijk werk uitgevoerd door mensen voorkomen, waardoor zij langer inzetbaar blijven

¹ Het TNO-rapport is [hier](#) te vinden.

² Zie bijvoorbeeld het recente [SER-advies](#) over arbeidsmarktcrachte, waarin naast arbeidsaanbodbeleid ook nadrukkelijk wordt gewezen op de mogelijkheden om de vraagzijde te analyseren.

1.1 Probleemstelling

De Topsector Energie (TSE) wil met investeringen in innovaties bijdragen aan arbeidsbesparing. Het kabinet heeft met het Actieplan Groene en Digitale Banen al een eerste stap gezet in het verkleinen van de krapte op de arbeidsmarkt voor de klimaat- en energietransitie, onder andere via het vergroten van de instroom in technische opleidingen, het vergroten van de instroom vanuit de arbeidsmarkt, versterken van de governance en arbeidsproductiviteitsgroei. In het kader van het vergroten van de arbeidsproductiviteitsgroei heeft de TSE samen met het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) een programma opgezet dat zich richt op arbeidsbesparende innovaties. Het doel van dit programma is het realiseren van arbeidsbesparingen in de energietransitie, onder andere door het subsidie-instrumentarium meer te richten op het realiseren van arbeidsbesparingen in deze transitie. Een onderdeel van het programma betreft het in kaart brengen van de gevolgen van (gesubsidieerde) innovaties op de arbeidsvraag in de energietransitie.

Het doel van dit rapport is om inzichtelijk te maken in hoeverre door EZK gesubsidieerde innovaties zorgen voor arbeidsbesparingen. Hierbij ligt de focus op innovaties die een bijdrage leveren aan de energietransitie in de Industrie (zie Bijlage B voor een afbakening). Onder de Industrie valt in dit onderzoek de industriële vervaardiging van cokesovenproducten en aardolieverwerking, chemische productie, farmaceutische grondstoffen en producten, rubber en kunststof, overige niet-metaalhoudende minerale producten, metalen in primaire vorm en overige machines en apparaten.

Verder ligt de focus op technologische innovaties. Andere innovaties zoals het anders organiseren van het werk vallen buiten de scope. Dat geldt ook voor andere productiviteitsverhogende maatregelen, zoals het beter opleiden van mensen.

De hoofdvraag is als volgt geformuleerd:

In hoeverre dragen technologische innovaties nu en in de toekomst bij aan netto arbeidsbesparing voor het realiseren van een duurzaam energiesysteem?

Bij de hoofdvraag is een aantal deelvragen geformuleerd die in dit onderzoek worden beantwoord (zie Tabel 1.1)

1.2 Onderzoeksaanpak

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen hebben we eerst ontwikkelingen in arbeidsvraag- en aanbod geanalyseerd. Hiervoor hebben we deskresearch uitgevoerd waarin beleidsonderzoek, sectorstudies en ambtelijke documentatie zijn betrokken. Ook hebben we kwantitatieve databronnen ten aanzien van de vraag naar en het aanbod van arbeid geanalyseerd. Hierbij gaat het om gegevens over werkgelegenheid, vacatures, arbeidsproductiviteit en arbeidsmobiliteit afkomstig uit de CBS Microdata, CBS StatLine en UWV-dashboards. Daarnaast hebben we, met aanvullende openbare data, een prognose opgesteld van de krapte in beroepen met het oog op het realiseren van een duurzaam energiesysteem. Tot slot hebben we interviews afgenomen met wetenschappers, werkgevers, innovatieontwikkelaars en sectorvertegenwoordigers.

Tabel 1.1 Onderzoeksvragen en beantwoording

Onderzoeksvragen	Beantwoording
Wat is nu de stand van zaken met betrekking tot de arbeidsvraag, het -aanbod en het tekort? En in 2028?	Hoofdstuk 2
Welke verschuivingen vinden er plaats die van invloed zijn op de beschikbare arbeidscapaciteit in de energietransitie?	Hoofdstuk 2
Welke arbeidsbesparende innovaties zijn in ontwikkeling?	Hoofdstuk 4
Welke arbeidsbesparing kan worden gerealiseerd?	Hoofdstuk 4
Wat zijn de meest arbeidsintensieve activiteiten en worden deze vervangen door de hiervoor onderzochte innovaties (beoogd of in ontwikkeling zijnde)?	Hoofdstuk 4
Aan welke expertise en skills is het grootste tekort?	Hoofdstuk 4
Leveren de onderzochte innovaties een bijdrage aan arbeidsbesparing waarbij deze expertise en skills nodig zijn of doen zij er juist een groter beroep op?	Hoofdstuk 4
Om welke expertise en skills gaat het?	Hoofdstuk 4
Welke belemmeringen zijn er, naast de beschikbare arbeidscapaciteit, bij het uitrollen van deze innovaties en hoe kunnen deze worden weggenomen?	Hoofdstuk 5

Vervolgens hebben we een online enquête uitgezet onder gesubsidieerde innovatie-ontwikkelaars. We hebben alle innovatieontwikkelaars benaderd die subsidies hebben ontvangen vanuit regelingen die vallen onder de Topsector Energie, zoals de MOOI-regeling, DEI-regeling, HER-regeling en de VEKI-regeling (zie Box A.1 voor een toelichting). In totaal hebben we 1.289 innovatieontwikkelaars aangeschreven. Van deze groep hebben 327 innovatieontwikkelaars de enquête ingevuld (responspercentage 25 procent), waarvan 116 innovatieontwikkelaars zich richten op de sector Industrie. Het veldwerk vond plaats tussen oktober en december 2023. De enquêteresultaten bieden inzicht in de gevolgen van innovaties op de arbeidsvraag uitgedrukt in termen van beroepen, werktaken en vaardigheden.

Tot slot hebben we een online enquête uitgezet onder werkgevers in sectoren die relevant zijn voor de energietransitie. In totaal zijn er 4.404 werkgevers actief in de Industrie, zoals afgebakend in dit onderzoek. Van deze groep hebben we een willekeurige steekproef van 1.877 werkgevers benaderd per post, waarvan uiteindelijk 104 werkgevers de enquête hebben ingevuld (responspercentage van 6 procent). Het veldwerk vond plaats tussen november 2023 en februari 2024.³ De enquête biedt inzicht in welke mate werkgevers in de Industrie, buiten de gesubsidieerde projecten om, bezig zijn met het ontwikkelen en implementeren van arbeidsbesparende innovaties. Door het lage responspercentage zijn de resultaten uit dit onderdeel van het onderzoek met relatief veel onzekerheid omgeven.

1.3 Leeswijzer

De structuur van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 biedt een overzicht van ontwikkelingen op het gebied van arbeidsvraag- en aanbod binnen de Industrie. Hierbij besteden we aandacht aan zowel de algemene

³ Na de initiële uitnodiging is een herinneringsbrief verzonden naar werkgevers die de enquête nog niet hadden ingevuld. Vervolgens zijn werkgevers telefonisch benaderd met het verzoek om de enquête in te vullen.

ontwikkelingen in de sector als geheel, als aan specifieke knelpunten binnen bepaalde beroepsgroepen. In Hoofdstuk 3 presenteren we een conceptueel kader dat dieper inzicht verschaft in hoe innovaties kunnen bijdragen aan veranderingen in de arbeidsvraag. Hoofdstuk 4 geeft vervolgens inzicht in de verwachte impact van gesubsidieerde innovaties op de arbeidsvraag binnen de energietransitie, waarna het hoofdstuk dieper ingaat op de innovaties die zorgen voor arbeidsbesparingen in de energietransitie. Hoofdstuk 5 geeft een beeld van de belemmeringen die innovatie-ontwikkelaars ervaren in het ontwikkelen of implementeren van hun innovatie. Tot slot sluit Hoofdstuk 6 af met handelingsperspectieven voor de overheid.

2 De arbeidsmarkt en de energietransitie

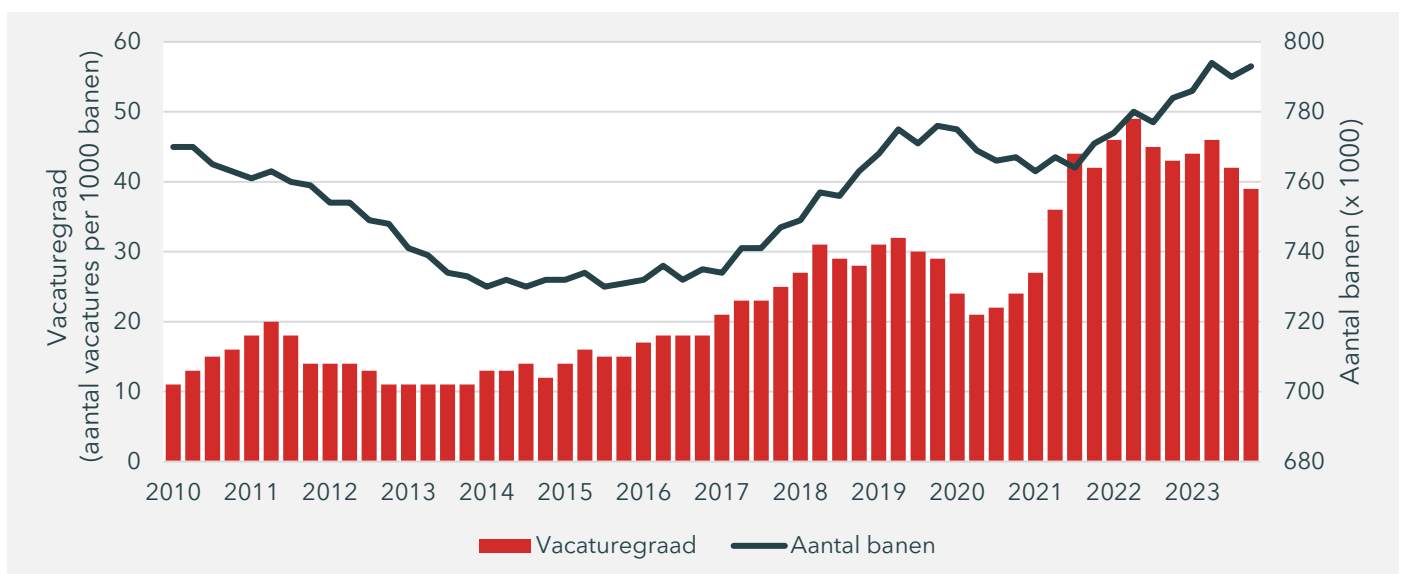
Mede door de energietransitie blijft de komende jaren de krapte in delen van de industrie groot. Qua beroepen is er met name aandacht nodig voor krapte onder ingenieurs, operators, logistiek medewerkers en (elektrotechnische) monteurs.

Dit hoofdstuk bevat een overzicht van ontwikkelingen op het terrein van arbeidsvraag en -aanbod in de industrie. Hierbij is aandacht voor ontwikkelingen in de sector als geheel, maar ook voor knelpunten bij specifieke beroepsgroepen.

2.1 Arbeidsmarktkrapte in de Industrie

Er is sprake van arbeidsmarktkrapte in de industrie. Dat houdt in dat het arbeidsaanbod moeite heeft om aan de vraag te voldoen, wat zich onder meer uit in een hoog aantal vacatures. Figuur 2.1 laat zien dat het aantal vacatures per 1.000 banen (de vacaturegraad) is toegenomen van zo'n 13 vacatures in 2010 tot 39 vacatures in 2023, wat een verdriedubbeling inhoudt. Tegelijkertijd neemt de werkgelegenheid in de sector steeds verder toe, onder meer door de aantrekkende economie en door de energietransitie. Het totaal aantal banen in de Industrie is de afgelopen jaren toegenomen tot zo'n 790 duizend. De laatste jaren zien we wel een afvlakking van de vacaturegraad, alhoewel het niveau historisch gezien nog steeds relatief hoog is.

Figuur 2.1 De vacaturegraad en het aantal banen in de industrie zijn vanaf 2015 sterk gestegen, met een korte onderbreking in 2020 wegens de coronapandemie



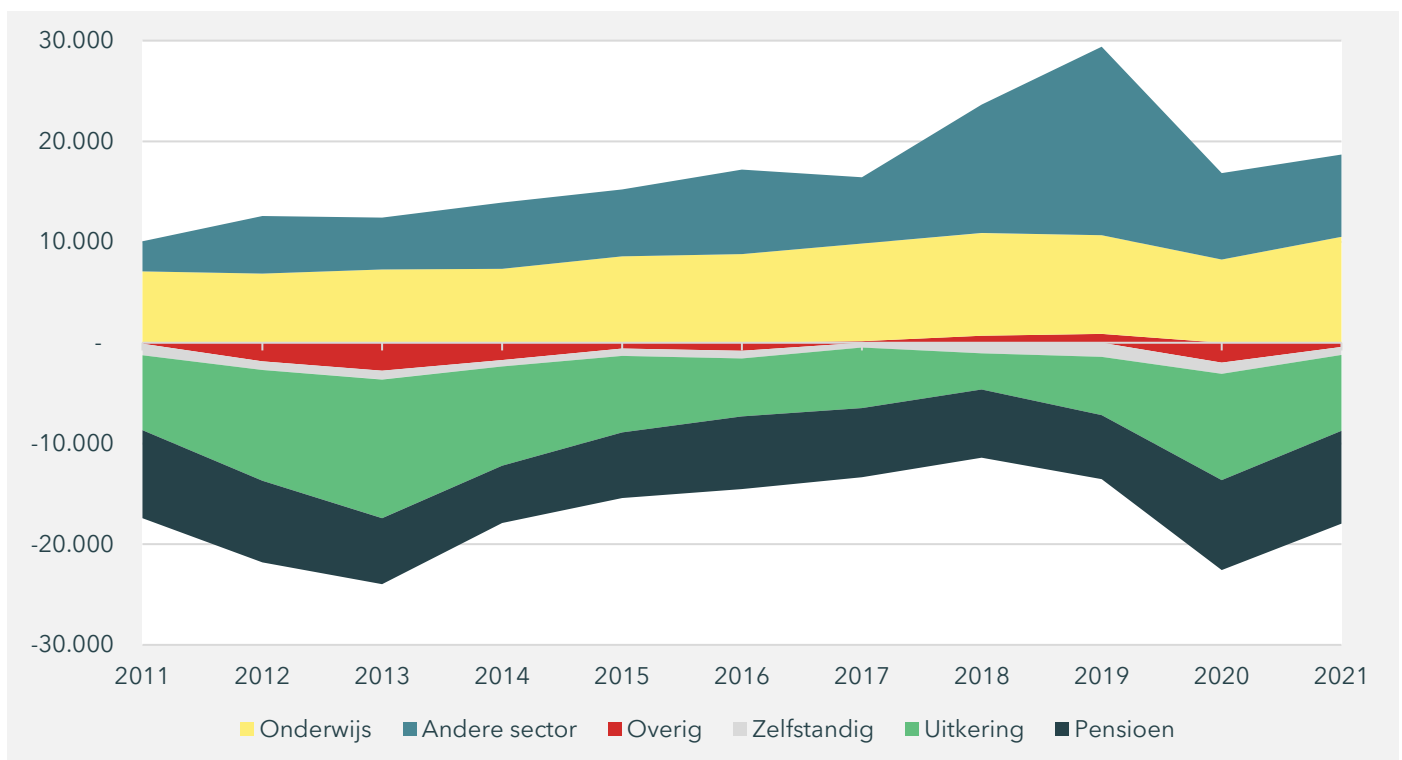
Bron: CBS StatLine, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: De figuur geeft de vacaturegraad en het aantal banen weer in de Industrie.

De arbeidsmarktkrapte in de industrie ontstaat aan de vraagkant doordat werkgevers behoefte hebben aan vervanging voor vertrekkend personeel. Ieder jaar verlaat een fors aantal werknemers de sector door pensionering, uitstroom naar uitkeringen en doordat werknemers voor zichzelf gaan beginnen (zie Figuur 2.2). Voor

deze werknemers moeten werkgevers op korte termijn vervanging vinden en kan pas op langere termijn de vraag worden aangepast. In de komende jaren is de verwachting dat de vervangingsvraag toeneemt. De industrie bestaat voor een steeds groter deel uit oudere werknemers. Het aandeel 60-plussers in de sector is toegenomen van ongeveer 5 procent in 2010 tot 13 procent in 2022 (zie Figuur A.1). Dit gaat in de komende jaren vermoedelijk leiden tot een grotere vervangingsvraag door uitstroom. Werknemers die nu 60 jaar of ouder zijn, bereiken in de komende jaren immers de pensioenleeftijd. Dat betekent dat de druk op de sector om personeel te behouden, aan te trekken of op te leiden verder toeneemt.

Figuur 2.2 De grootste netto instroom in de industrie komt vanuit andere sectoren en vanuit het onderwijs. Daarentegen stromen veel werknemers uit naar uitkeringen en naar pensioen



Bron: CBS Microdata, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: Voor ieder jaar is de netto instroom in de sector weergegeven per categorie. De netto instroom is positief als er meer mensen instromen dan uitstromen in de sector. De netto instroom is negatief als er minder mensen instromen dan uitstromen.

De Industrie heeft tevens te maken met een uitbreidingsvraag naar personeel in het kader van de energietransitie. De transformatie naar een CO₂-emissievrije en circulaire industrie heeft gevolgen voor de arbeidsvraag. Verschillende kennisorganisaties hebben een beeld proberen te schetsen van de omvang van deze uitbreidingsvraag. TNO (2019) schat in dat er zo'n 12 duizend voltijdsequivalenten nodig zijn aan extra werkgelegenheid tot en met 2030 om de energietransitie te volbrengen, Ecorys (2021) raamt rond de 7 duizend extra banen als gevolg van het klimaatakkoord. Daarbij past wel de kanttekening dat door klimaatbeleid ook banen verloren gaan in de Industrie (bijv. in fossielgeoriënteerde industrieën). Het gaat hier dus niet om netto, maar om bruto baancreatie. Het is goed mogelijk dat de Industrie als sector in z'n geheel een krimp doormaakt, waardoor er werkenden in delen van de industrie vrijkomen voor werk in het kader van de energietransitie. Zo raamt ROA (2023)

de komende jaren een krimp in werkgelegenheid van de voedings- en genotsmiddelenindustrie, chemische industrie, metaalindustrie en ook in overige delen van de industrie.

Arbeidsmarktkrapte ontstaat aan de aanbodkant doordat er beperkt vervanging beschikbaar is vanuit opleidingen. Zo laat Figuur 2.2. zien dat de instroom vanuit opleidingen in de Industrie onvoldoende is om de uitstroom te compenseren. In de afgelopen tien jaar is het aanbod vanuit opleidingen slechts licht gestegen, terwijl de vraag naar vakkrachten inmiddels aanzienlijk hoger is geworden. Ook komt het benutten van niet-werkenden maar moeizaam tot stand. Meer werknemers verlaten de sector richting een uitkeringssituatie dan dat de sector in staat is om uitkeringsgerechtigden aan te trekken. Voornamelijk in de nasleep van de economische crisis (2011-2014) zijn veel werknemers uit de Industrie beland in een werkloosheidsuitkering. De laatste jaren daalt de uitstroom naar een uitkering wel weer.

Ook in de komende jaren is de verwachting dat het aanbod vanuit opleidingen onvoldoende toeneemt om in de vervangings- en uitbreidingsvraag vanuit werkgevers te voorzien. Veel werkenden in de Industrie zijn afkomstig uit technische opleidingen. Echter is de instroom in technische opleidingen beperkt (zie Figuur A.2). Daarnaast geldt dat mensen die wel een technische opleiding hebben gevolgd en in principe geschikt zijn om een baan in een (energie)technische richting te verwerven, daar toch vaak niet voor kiezen (zie ook Heyma, Van Kesteren, Bakens, & Gerards, 2022 en SER, 2018). Vooral op mbo-niveau is een daling zichtbaar in de instroom in technische opleidingen. Dat suggereert dat er de komende jaren minder aanbod van mbo-afgestudeerden uit technische opleidingen beschikbaar komt, terwijl juist naar hen op dit moment veel vraag is.

Werkgevers zijn meer gebruik gaan maken van andere groepen op de arbeidsmarkt door de beperkte beschikbaarheid van technisch opgeleiden. Zo blijkt uit Figuur 2.2 dat werkgevers de laatste jaren meer zij-instromers zijn gaan aantrekken uit andere sectoren. Deze zij-instromers zijn vooral afkomstig uit de sectoren zakelijke dienstverlening, handel, bouw en vervoer en opslag (zie Tabel A.1). Werkgevers kunnen zij-instromers via om- en bijscholing klaarstomen voor een baan in de industrie. Op diverse plekken wordt al hard gewerkt om moeilijk vervulbare vacatures in de energietransitie te voorkomen, waardoor een groeiend aantal mensen werk vindt in banen die onderdeel zijn van de energietransitie.⁴

2.2 Arbeidsmarktkrapte in beroepen

De arbeidsvraag concentreert zich qua beroepen momenteel vooral bij bedieners van machines en apparaten, ingenieurs en hulpkrachten in de bouw en industrie. De werkgelegenheid is voor deze beroepsgroepen het hoogst (zie Tabel 2.1). Dit zijn ook beroepen waar relatief veel vacatures voor openstaan: voor bedieners van machines en apparaten staan zo'n 12 duizend vacatures open (december 2023), voor ingenieurs zo'n 11 duizend en voor hulpkrachten in bouw en industrie 7 duizend (zie Tabel 2.1). Deze vacatures bevinden zich niet alleen in de Industrie, maar ook in andere sectoren, die met elkaar concurreren om deze vakkrachten.

⁴ Zie bijvoorbeeld het rapport van de SER (2018) 'Energietransitie en de werkgelegenheid'.

Tabel 2.1 De grootste beroepsgroep in de industrie zijn bedieners van machines en apparaten, gevolgd door ingenieurs en hulpkrachten in de bouw en industrie.

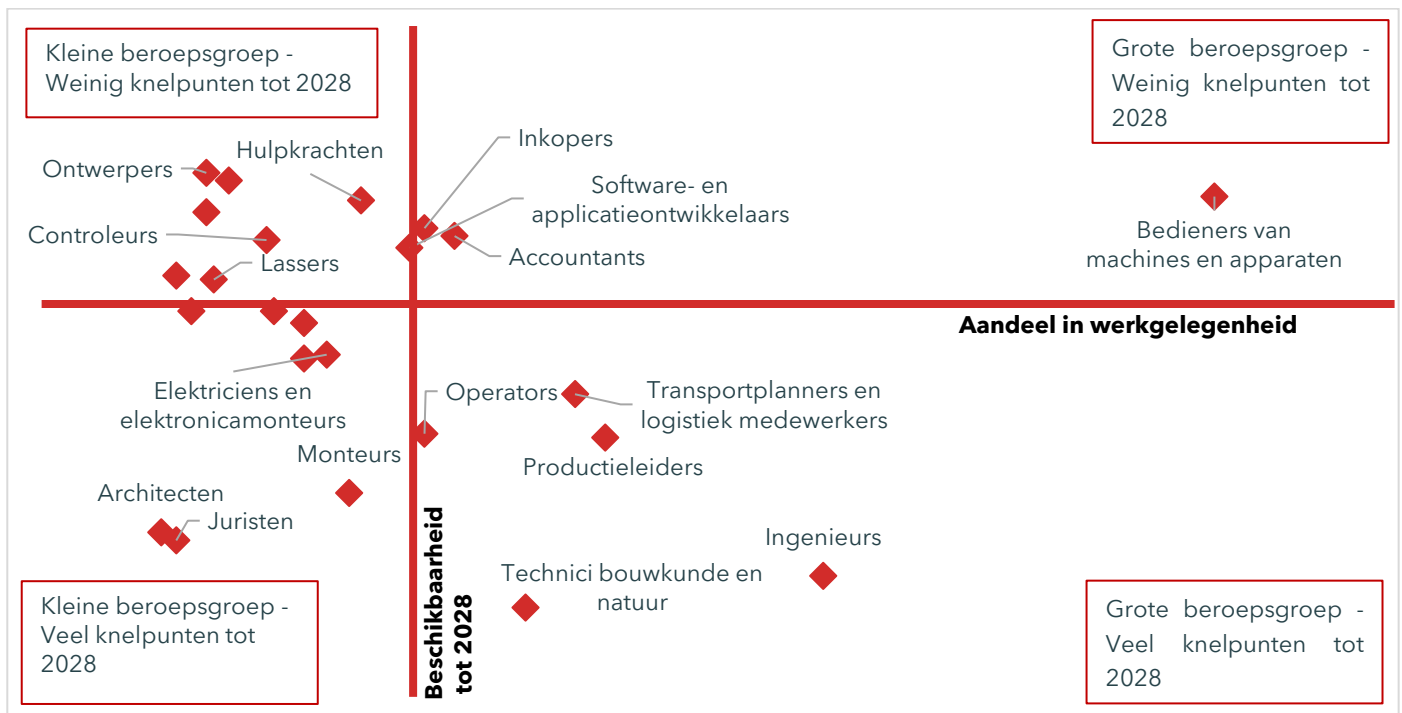
Beroepsgroep	Werkgelegenheid (personen)	Werkgelegenheid (fte)	% werkgelegenheid (fte)	Aantal vacatures	Knelpunt 2023- 2028
	Industrie	Industrie	Industrie	NL	NL
Bedieners van machines en apparaten	93.732	84.516	14,2%	12.174	Vrijwel geen
Ingenieurs	59.709	57.414	9,0%	11.380	Groot
Productieleiders	40.107	38.173	6,1%	3.681	Groot
Transportplanners en logistiek medewerkers	37.866	35.647	5,7%	712	Groot
Technici bouwkunde en natuur	31.482	28.366	5,0%	6.020	Groot
Accountants	26.828	22.701	4,1%	3.782	Vrijwel geen
Inkopers	24.764	23.676	3,7%	1.185	Vrijwel geen
Operators	24.727	22.232	3,7%	693	Groot
Software- en applicatieontwikkelaars	23.033	22.448	3,5%	9.146	Vrijwel geen
Monteurs	17.761	16.718	2,7%	15.325	Groot
Hulpkrachten bouw en industrie	19.943	16.059	2,9%	7.337	Vrijwel geen
Elektriciens en electronicamonteurs	16.078	15.306	2,4%	8.334	Groot
Metaalbewerkers en constructiewerkers	13.957	12.384	2,1%	3.805	Groot
Administratief medewerkers	13.564	10.578	2,1%	3.435	Enige
Assemblagemedewerkers	11.030	10.058	1,7%	2.070	Enige
Productcontroleurs	10.337	8.766	1,6%	507	vrijwel geen
Chauffeurs	7.519	6.758	1,1%	16.275	Geen
Lassers en plaatwerkers	5.826	5.549	0,9%	2.252	Enige
Ontwerpers	5.487	5.233	0,8%	563	Geen
Databank- en netwerkspecialisten	5.176	4.962	0,8%	4.285	Vrijwel geen
Economen	3.788	3.755	0,6%	674	Enige
Juristen	2.920	2.670	0,4%	1.336	Groot
Timmerlieden	2.672	2.650	0,4%	3.652	Enige
Architecten	1.406	1.210	0,2%	907	Groot

Bron: CBS Microdata, EBB, UWV en ROA, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: Gegevens over de werkgelegenheid in de Industrie zijn afkomstig uit de Enquête Beroepsbevolking en hebben betrekking op de werkgelegenheid in 2022. Door gebruik te maken van ophooggewichten, kunnen we een representatief beeld geven van de totale werkgelegenheid in de Industrie. De werkgelegenheid in voltijdequivalenten (fte) is berekend door de deeltijdfactor voor iedere werkende te berekenen, en vervolgens de deeltijdfactor voor alle werkenden in de Industrie te sommeren. De afbakening van de sector Industrie is weergegeven in Bijlage B. De vacaturegegevens zijn afkomstig uit het UWV-dashboard en hebben betrekking op december 2023. De knelpunten in de periode 2023-2028 zijn bepaald op basis van de ITKB-indicator van ROA (2023).

Er is in de periode 2023-2028 vooral aandacht nodig voor krapte onder ingenieurs, technici, productieleders transportplanners en operators. Dit zijn beroepen die om een relatief groot aandeel van de totale werkgelegenheid innemen en de arbeidsvraag voor een belangrijk deel bepalen. Tegelijkertijd zijn het beroepen waarvan werkgevers in de periode 2023-2028 naar verwachting relatief veel moeite ondervinden om geschikt personeel te vinden (zie Figuur 2.3). Daarom geldt specifiek voor deze beroepen dat er grote risico's zijn in de personeelsvoorziening voor de komende jaren. Vraag en aanbod zijn tot 2028 beter in balans voor andere beroepen, zoals voor machinebedieners, softwareontwikkelaars en accountants. Overigens valt niet uit te sluiten dat er in de komende jaren ook nieuwe beroepsgroepen ontstaan, waar we nu nog geen zicht op hebben, maar die ook kunnen zorgen voor knelpunten in de personeelsvoorziening.

Figuur 2.3 Er is in de periode 2023-2028 naar verwachting een groot tekort aan ingenieurs, operators, transportplanners en logistiek medewerkers, terwijl zij een belangrijk aandeel innemen in de werkgelegenheid van de industrie



Bron: CBS Microdata, EBB, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

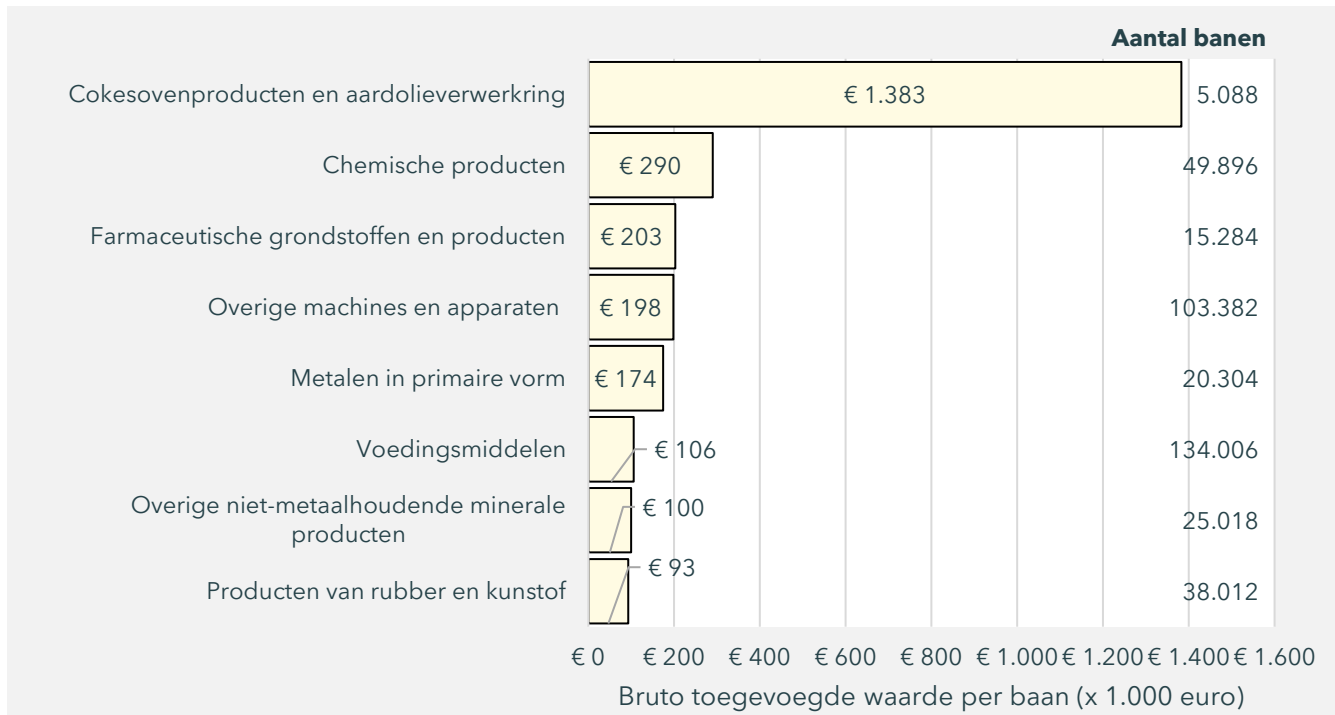
Noot: De horizontale as laat het aandeel dat een beroep inneemt in de werkgelegenheid zien, ten opzichte van het gemiddelde aandeel dat een beroep inneemt in de werkgelegenheid (afwijking in procentpunt). Hieruit blijkt in hoeverre beroepen op dit moment onder- of bovengemiddeld van belang zijn voor de sector. De verticale as laat de hoogte van de Indicator Toekomstige Knelpunten in de Personeelsvoorziening naar Beroep (ITKB) zien, ten opzichte van de gemiddelde hoogte van de indicator van een beroepsgroep in Nederland. Naarmate de waarde lager ligt, zijn de verwachte knelpunten groter. De waarde ligt tussen de 0 en 1 en reflecteert de verwachte spanning naar beroep. Monteurs zijn hier weergegeven in twee categorieën: electronicamonteurs en (overige) monteurs. Samen hebben monteurs een bovengemiddeld aandeel in de werkgelegenheid.

2.3 Arbeidsbesparend potentieel van productiviteitsgroei

Groei van de arbeidsproductiviteit kan uitkomst bieden voor het bij de arbeidsvraag achterblijvende arbeidsaanbod in de Industrie. Gegeven de toenemende vervangingsvraag door vergrijzing, de toenemende uitbreidingsvraag door de verschillende maatschappelijke opgaven en de moeizame weg om meer jongeren te interesseren voor de techniek, zal een deel van de krapte moeten worden opgelost door het verminderen van de vraag naar arbeid. De arbeidsvraag neemt onder andere af door een groei van de arbeidsproductiviteit. Door de arbeidsproductiviteit te verhogen, kunnen bedrijven dezelfde hoeveelheid werk uitvoeren met minder arbeidskrachten of meer werk met hetzelfde aantal werknemers. Zeker gezien de beperkingen in de mogelijkheden om het arbeidsaanbod te stimuleren, is de groei van de arbeidsproductiviteit van belang om de energietransitie te realiseren.

Niet alle onderdelen van de Industrie zijn even productief. Een bekende maatstaf voor het meten van arbeidsproductiviteit is de bruto toegevoegde waarde per baan of per gewerkt uur (zie Box 2.1). Dit is ook de maatstaf die in dit onderzoek gehanteerd wordt. Wanneer we deze maatstaf gebruiken, dan valt op dat de productie van cokesovenproducten en aardolieverwerking de hoogste arbeidsproductiviteit kent (zie Figuur 2.4). Daarentegen valt op dat de productie van rubber en kunststof de laagste arbeidsproductiviteit kent. Het is belangrijk om hierbij te zeggen dat dit overzicht er anders uit kan zien als we naar de totale maatschappelijke toegevoegde waarde van de werkzaamheden kijken, waarin ook andere maatschappelijke kosten en baten meegenomen zijn. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de ervaren overlast, veiligheidsrisico's en de milieuschade van productie. Naast dat de werkzaamheden voor de energietransitie economische toegevoegde waarde opleveren, is het ook belangrijk om te vermelden dat ze bijdragen aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen die op Europees niveau zijn vastgesteld.

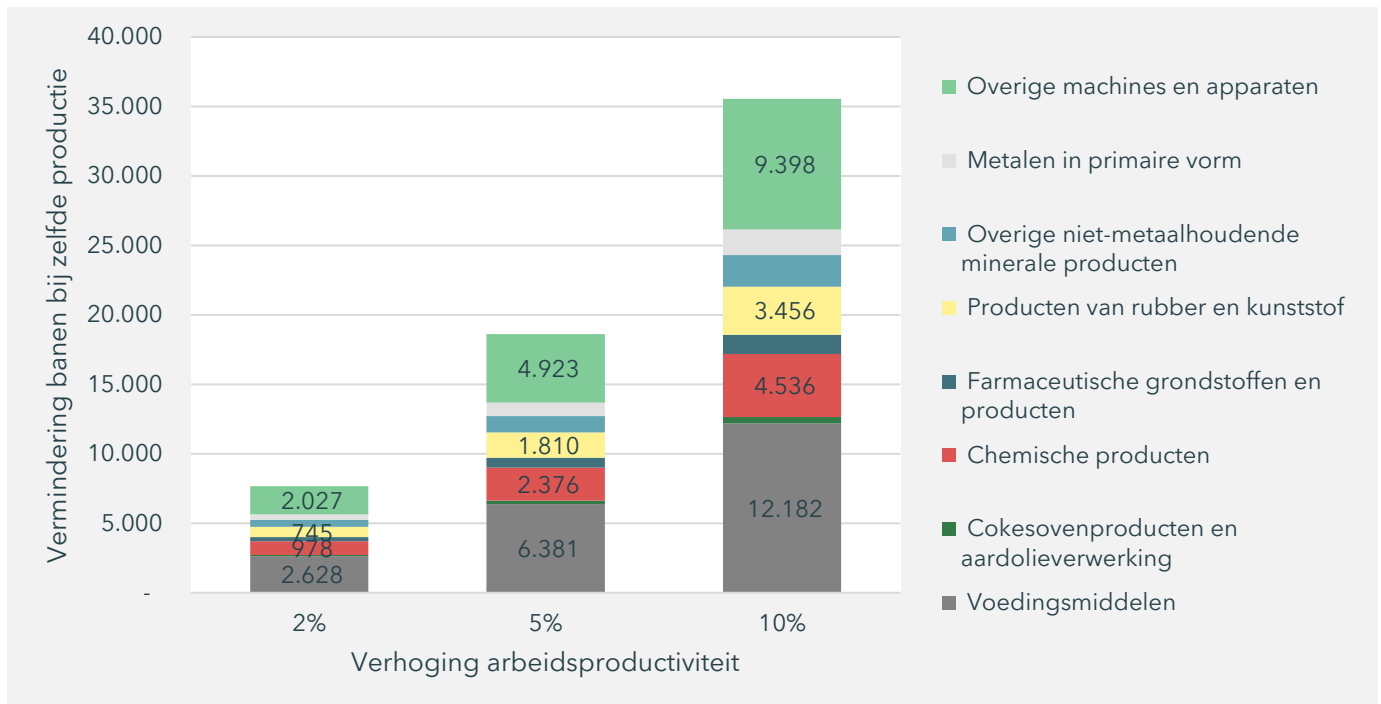
Figuur 2.4 De arbeidsproductiviteit is het laagst bij de productie van rubber en kunststof



Bron: LISA-databestand, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Een toename van de arbeidsproductiviteit draagt bij aan het verminderen van de benodigde arbeidsinzet in de Industrie. Eerder hebben we gezien dat door de energietransitie de vraag naar personeel in de Industrie toeneemt. De sector kan in deze arbeidsvraag voorzien door meer mensen aan te trekken, maar een alternatief is om de productiviteit van zittende werknemers te verhogen. Hierdoor komt in theorie meer productiecapaciteit beschikbaar voor andere werkzaamheden, zoals die binnen de energietransitie. Als de productiviteit van bestaande werknemers met 3 procent wordt verhoogd, dan komt er voldoende extra productiecapaciteit vrij voor de benodigde 12 duizend extra banen voor de verduurzaming van de Industrie. Met de beperkte groei in productiviteit van de afgelopen jaren is het een uitdaging om vóór 2030 voldoende productiviteitsgroei te realiseren. De jaarlijkse groei in productiviteit in de Industrie tussen 2008 en 2021 was gemiddeld 1,4 procent. Een lagere groei gaat nog steeds gepaard met besparingen, zij het in mindere mate. Bij een groei van 2 procent gaat het bijvoorbeeld om ongeveer 7 duizend banen (zie Figuur 2.5). Hierbij is het ook belangrijk om op te merken dat de extra productiecapaciteit niet direct beschikbaar komt voor de energietransitie. Het vergt op zijn minst aandacht voor omscholing, zijinstroom en matching om de extra productiecapaciteit te kunnen benutten voor werkzaamheden voor de energietransitie.

Figuur 2.5 Een 10 procent hogere arbeidsproductiviteit levert een besparing van zo'n 36 duizend banen op



Bron: Eigen berekeningen op basis van LISA-databestand, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Box 2.1 Bruto toegevoegde waarde per baan als maatstaf voor productiviteit

Een veelgebruikte indicator voor arbeidsproductiviteit is de bruto toegevoegde waarde per baan of per gewerkt uur. De bruto toegevoegde waarde vertegenwoordigt de totale economische waarde die door een bedrijf of sector wordt gegenereerd, exclusief de waarde van ingekochte goederen en diensten. De bruto toegevoegde waarde per baan biedt een indicatie van hoe efficiënt arbeid wordt ingezet om waarde te genereren. Een hogere bruto toegevoegde waarde per baan duidt erop dat een bedrijf meer waarde produceert met dezelfde hoeveelheid arbeid, wat wijst op een hogere arbeidsproductiviteit.

Hoewel deze maatstaf inzicht kan bieden in de efficiëntie van arbeid binnen een specifieke sector, heeft hij enkele beperkingen bij het vergelijken tussen sectoren en over de tijd. Een eerste beperking is dat alleen de economische toegevoegde waarde wordt meegenomen in de maatstaf, terwijl er ook toegevoegde waarde op andere terreinen kan zijn, zoals bijdragen aan milieubescherming, veiligheid, gezondheid en educatie. Het beeld is mogelijk anders als naar de totale toegevoegde waarde per baan wordt gekeken. Een andere beperking is dat productieprocessen en -eisen verschillen tussen sectoren. Sommige sectoren zijn meer kapitaalintensief (zoals verhuur van onroerend goed), terwijl andere intrinsiek meer afhankelijk zijn van arbeid (zoals afbouw en architectuur). Hierdoor worden de cijfers ook vaak gebruikt als maatstaf voor de arbeidsintensiviteit van een sector. Een andere beperking is dat als de marktprijzen dalen door een afname van de vraag naar producten en diensten, ook de toegevoegde waarde per baan daalt, terwijl de onderliggende productiviteit van arbeid niet noodzakelijkerwijs afneemt. Dit vormt een beperking in het vergelijken van de arbeidsproductiviteit over de tijd. Echter kan dit ondervangen worden door de toegevoegde waarde in reële termen uit te drukken. Tot slot biedt de maatstaf weliswaar inzicht in verschillen in de arbeidsproductiviteit en -intensiviteit tussen sectoren, maar niet binnen sectoren, terwijl juist de productiefste bedrijven binnen sectoren als best practice of voorbeeld kunnen dienen voor andere bedrijven.

2.4 Technologische ontwikkelingen

De implementatie van arbeidsbesparende technologieën kan beroepen productiever maken en daarmee de arbeidsvraag dempen. Deze technologieën zorgen er immers voor dat werkgevers eenzelfde hoeveelheid werk kunnen uitvoeren met minder arbeidsinzet. Nieuw ontwikkelde technologieën worden in toenemende mate in de energietransitie toegepast. Veel van deze technologieën vergemakkelijken taken van werknemers of nemen deze

zelfs volledig over. Hierdoor kunnen ze deels een oplossing vormen voor de arbeidsmarktkrapte binnen de energietransitie.

Van oudsher worden in de Industrie robots ingezet op de werkvloer. Met robots worden slimme machines met sensoren bedoeld, zoals assemblerobots om componenten samen te voegen en producten te monteren. In de Industrie worden robots op steeds meer plekken ingezet, zoals bij lassen, verpakken, transport, kwaliteitscontrole en het afwerken van producten. Hoewel de initiële kosten van robots vaak hoog zijn, leveren ze op termijn kostenbesparingen op. Robots verminderen de behoefte aan menselijke arbeid, en werken bovendien vaak consistent, preciezer en sneller dan mensen, waardoor robots zorgen voor een hogere productiviteit en minder kans op menselijke fouten.

Een opvallende ontwikkeling binnen de Industrie is het toenemende gebruik van Industrial Internet of Things. IIoT draait om het gebruik van internet verbonden apparaten en sensoren in de industrie. Deze apparaten verzamelen gegevens zoals temperatuur, druk en trillingen, die vervolgens worden geanalyseerd om processen te optimaliseren, onderhoud te voorspellen en efficiëntie te verbeteren. Door automatisering en real-time monitoring kunnen bedrijven hun productie verbeteren en kosten verlagen.

Een technologie die vaak wordt toegepast in combinatie met IIoT is edge computing. Edge computing brengt gegevensverwerking dicht bij de bron, waardoor de reactietijd en bandbreedte verminderen en de veiligheid en privacy van gegevens verbeteren. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld werknemers die op afstand machines en apparaten moeten controleren, nauwkeuriger bepalen of onderhoud of reserveonderdelen nodig zijn. Dit leidt tot kostenbesparing en een verhoogde productiviteit.

Een andere belangrijke technologische toepassing binnen de industrie is het gebruik van kunstmatige intelligentie (AI) en machine learning. Met behulp van deze technologieën kunnen patronen en trends in gegevens worden geïdentificeerd, waardoor werknemers het productieproces efficiënter kunnen controleren op kwaliteit en snel afwijkingen kunnen detecteren die bijvoorbeeld kunnen worden veroorzaakt door een defecte machine. Handmatige steekproeven zijn hierdoor niet meer nodig. Op dit moment is een beweging gaande naar meer zelfdenkende/zelfoptimaliserende fabrieken, waarbij er minder arbeidsinzet nodig is in de productie.

Ook additive manufacturing (AM), zoals 3D-printen, gaat in de industrie een steeds grotere rol spelen. AM is een productiemethode waarbij materiaallagen op elkaar worden gestapeld om driedimensionale objecten te creëren. Met 3D-printen is het bijvoorbeeld mogelijk om complexe geometrische modellen te maken, die met traditionele productiemethoden lastig gerealiseerd kunnen worden. 3D-printen wordt bijvoorbeeld ingezet in de Industrie voor het maken van prototypen en complexe kleine onderdelen. Ook zien we 3D-printers in de kledingindustrie, waar ze sneller en flexibeler kledingstukken ontwerpen en produceren. Omdat de productie van een 3D-printer vrijwel automatisch verloopt, is er beperkt handmatige arbeid nodig. Verder worden bij 3D-printers ook vaak duurzame producten gebruikt (biologisch afbreekbaar plastic, gerecyclede filamenten) en gaat 3D-printen in de regel gepaard met minder verspilling van grondstoffen omdat ze maatwerk leveren. Dat draagt ook bij aan energietransitie.

2.5 Technologische ontwikkelingen en werktaken

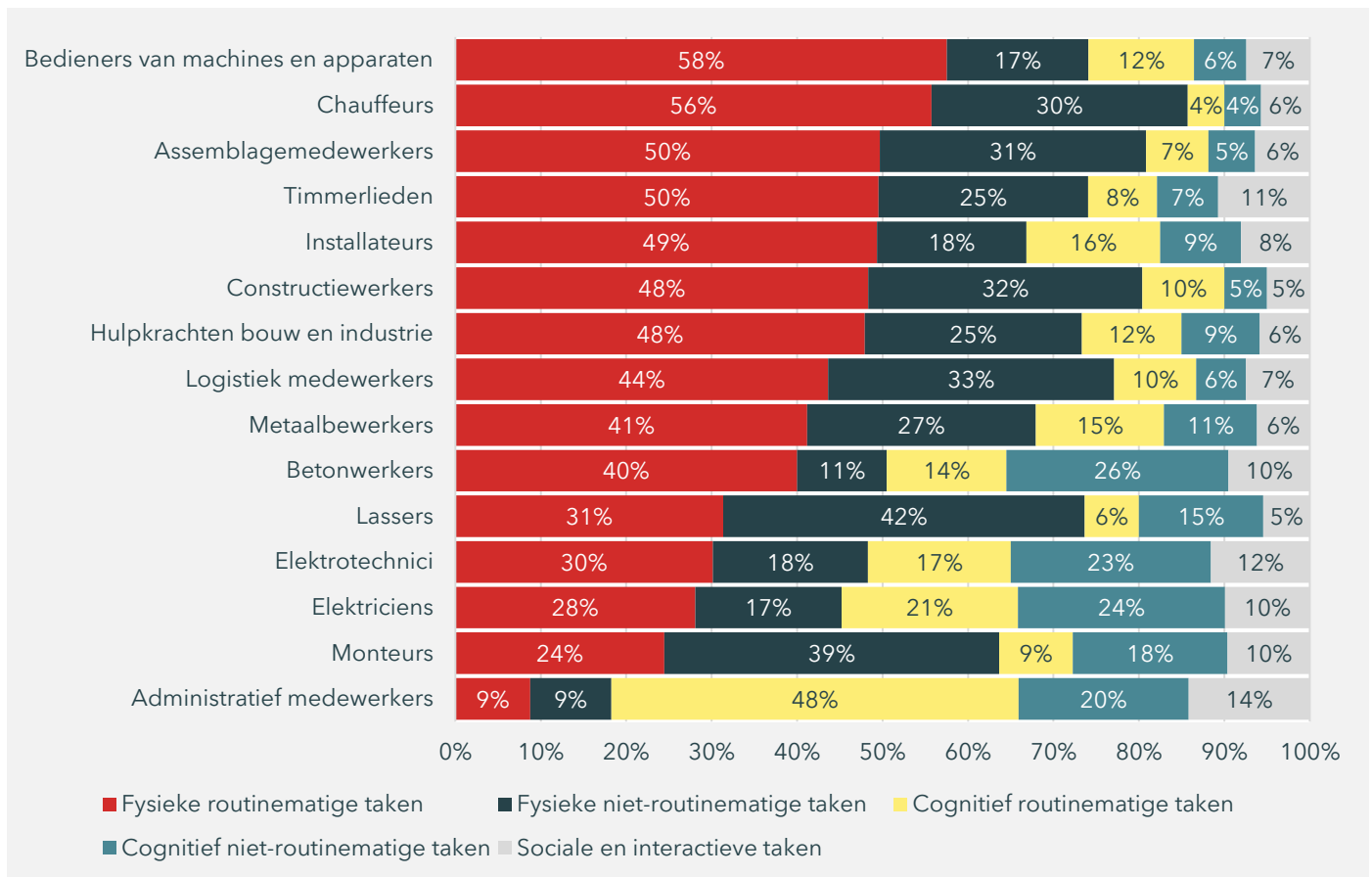
De invloed van technologieën verschilt echter tussen beroepen, omdat beroepen onderling sterk verschillen in de werktaken die werkenden moeten uitvoeren. Dit maakt dat technologie het ene beroep anders beïnvloedt dan het andere beroep. Economen beschouwen beroepen daarom vaak als bundels van werktaken, waarbij ze onderscheid maken tussen vijf verschillende werktaken:

Werktaken	Toelichting	Voorbeelden
Fysieke routinematige taken	Taken waarbij lichamelijke inspanning nodig is en waarin vaak dezelfde handelingen terugkomen	Machines bedienen en toezicht houden op processen
Fysieke niet-routinematige taken	Taken waarbij lichamelijke inspanning nodig is en waar weinig herhaling in zit omdat zich vaak nieuwe situaties voordoen	Besturen vervoersmiddelen en repareren machines
Cognitief routinematige taken	Taken die een beroep doen op het denkvermogen en waarin vaak dezelfde handelingen terugkomen	Vergaderingen inplannen en boekhouden
Cognitief niet-routinematige taken	Taken die een beroep doen op het probleemoplossend vermogen en waar weinig herhaling in zit	Onderzoek verrichten en interpreteren regels
Sociale en interactieve taken	Taken waarin contact met andere mensen noodzakelijk is	Aansturen van een team en onderwijzen of presenteren

Praktisch geschoolde vakkrachten spenderen doorgaans veel tijd aan fysieke taken, en zijn daarom qua werktaken vatbaar voor robotisering en automatisering Met name bedieners van machines en apparaten, chauffeurs, assemblagemedewerkers en timmerlieden voeren veel routinematige fysieke taken uit (zie Figuur 2.6). Dit zijn ook taken die in de regel vatbaar zijn voor robotisering en automatisering en de inzet van 3D-printers en IoT en edge computing, waardoor dit type technologieën in potentie delen van het werk kan overnemen (Acemoglu en Restrepo, 2019). Dat is moeilijker bij niet-routinematige fysieke taken, die belangrijk zijn voor beroepen als lassers, monteurs en logistiek medewerkers.

Administratief medewerkers vormen een uitzondering, omdat zij vooral cognitief werk verrichten. Daarom zijn zij vatbaarder voor robotisering en automatisering dan beroepen die meer cognitief niet-routinematige taken uitoefenen. Toepassingen als AI vervangen in de regel vooral de cognitief routinematige taken, omdat algoritmen de plaats kunnen innemen van het denkvermogen van werkenden, voor zover de taken een herhalend karakter hebben.

Figuur 2.6 Praktisch geschoolde werknemers spenderen doorgaans de meeste tijd aan fysieke routinematige en fysieke niet-routinematige taken

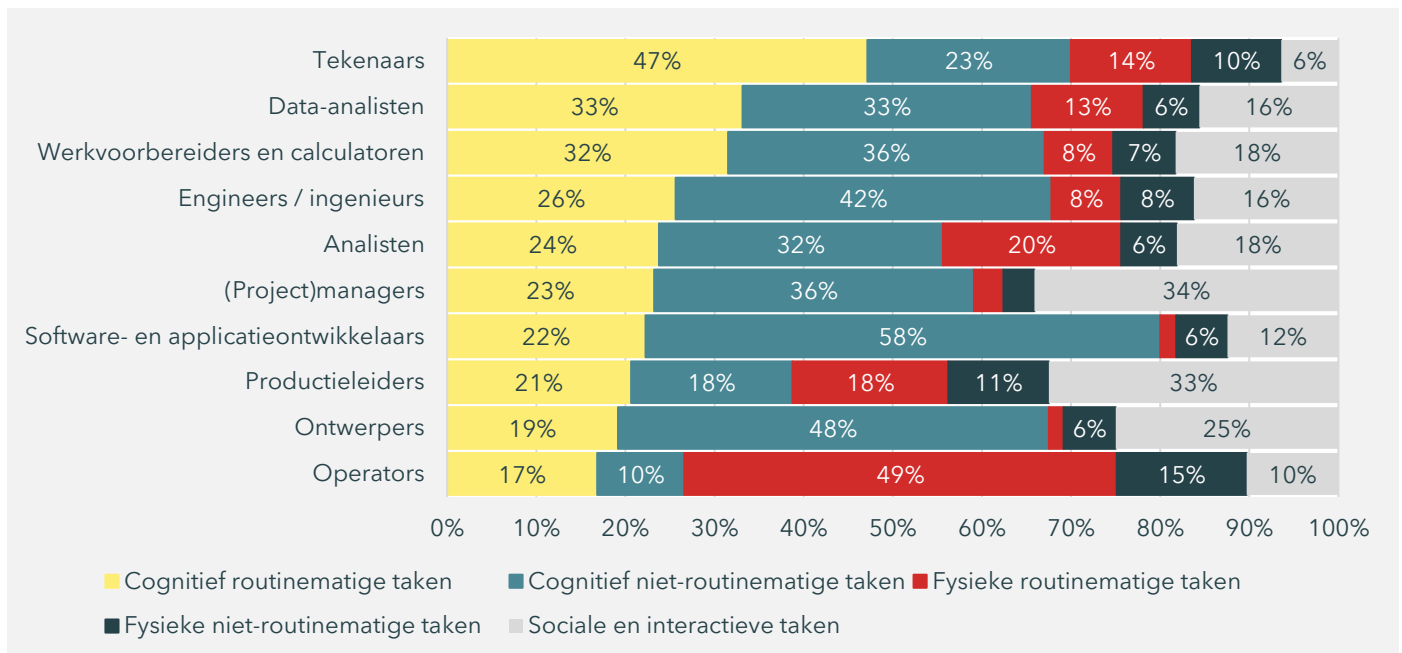


Bron: Enquête onder innovatieontwikkelaars en werkgevers, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: In de enquête is aan innovatie-ontwikkelaars en werkgevers gevraagd om aan te geven hoe de verdeling van werktaken eruitziet in een reguliere werkweek voor verschillende beroepen. Vervolgens is een ongewogen gemiddelde van de respons berekend. De resultaten zijn weergegeven voor alle beroepen waarvoor ten minste 5 werkgevers/innovatie-ontwikkelaars de verdeling naar werktaken hebben ingevuld.

Vooraf hbo- en wo-opgeleide vakkrachten zijn qua werktaken vatbaar voor ontwikkelingen op het terrein van kunstmatige intelligentie. Werkenden met hbo- en wo-beroepen verrichten vooral cognitieve taken (zie Figuur 2.5). Vooral tekenaars, data-analisten en werkvoorbereiders verrichten veel routinematige cognitieve taken die vatbaar zijn voor AI-toepassingen. Software- en applicatieontwikkelaars, ontwerpers en engineers besteden veel tijd aan niet-routinematige cognitieve taken die in de regel minder vatbaar zijn voor AI-toepassingen. Hierbij zij wel opgemerkt dat de ontwikkelingen in AI-toepassingen een hoog temp kennen, en het niet is uit te sluiten is dat (op termijn) ook niet-routinematige cognitieve taken vervangbaar zijn. Momenteel zorgen ontwikkelingen in generatieve kunstmatige intelligentie als ChatGPT, Dall-E 2 en Sora er bijvoorbeeld al voor dat werknemers bepaalde niet-routinematige taken efficiënter kunnen uitvoeren.

Figuur 2.7 Theoretisch geschoolde werknemers spenderen doorgaans de meeste tijd aan cognitief routinematige en cognitief niet-routinematige taken



Bron: Enquête onder innovatieontwikkelaars en werkgevers, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Het vervangen van routinematige taken kan bijdragen aan arbeidsbesparingen in sectoren die relevant zijn voor de energietransitie. Momenteel bestaat een aanzienlijk deel van het werk nog uit routinematige taken, waardoor er potentieel is om arbeidsbesparingen te realiseren door technologie in te zetten voor het vervangen van deze taken. Denk hierbij aan energie-audits, het installeren van energiezuinige apparaten en machines en de installatie van duurzame energiebronnen. Tabel 2.2 laat bijvoorbeeld zien dat als technologieën alle routinematige taken kunnen vervangen in de Industrie, er 157 duizend voltijdequivalenten aan arbeidsinzet minder nodig zijn om de huidige productie te kunnen realiseren. In de praktijk zal het echter vrijwel onmogelijk zijn om alle routinematige taken binnen een beroepsgroep te vervangen. Er zal altijd een minimum aan administratieve taken (zoals agenda-beheer) nodig blijven binnen iedere baan. Maar zelfs als technologieën slechts een deel van de routinematige taken overnemen, dan heeft dit al een aanzienlijke impact op de arbeidsvraag. Stel bijvoorbeeld dat het mogelijk is om met technologie 10 procent van de routinematige taken te vervangen, dan levert dit een besparing op van 16 duizend voltijdequivalenten, enkel in de twaalf beroepsgroepen uit Tabel 2.2. Dat is meer dan de 12 duizend benodigde geraamde extra arbeidsinzet voor de energietransitie binnen de Industrie (zie TNO, 2019). Dit benadrukt dat arbeidsbesparende technologieën veel potentie hebben om arbeidsinzet te verminderen in de energietransitie.

Tabel 2.2 In totaal kan er ongeveer 157 duizend fte worden bespaard aan arbeidsinzet bij vervanging van alle routinematige taken

	Besparing arbeidsinzet (fte) bij vervanging alle..		Totaal
	..fysiek routinematige taken	..cognitief routinematige taken	
Administratief medewerkers	928	5.044	5.972
Assemblagemedewerkers	4.995	733	5.728
Bedieners van machines en apparaten	48.617	10.435	59.052
Elektriciens	4.297	3.161	7.458
Hulpkrachten bouw en industrie	7.695	1.874	9.569
Ingenieurs	14.723	4.493	19.216
Metaalbewerkers en constructiewerkers	5.331	1.683	7.014
Monteurs	4.090	1.443	5.533
Ontwerpers	87	1.003	1.090
Operators	10.788	3.744	14.532
Productieleiders	6.680	7.873	14.553
Software- en applicatieontwikkelaars	408	5.000	5.408
Timmerlieden	1.313	214	1.527
Totaal	109.952	46.700	156.652

Bron: Enquête onder innovatieontwikkelaars en werkgevers & EBB, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

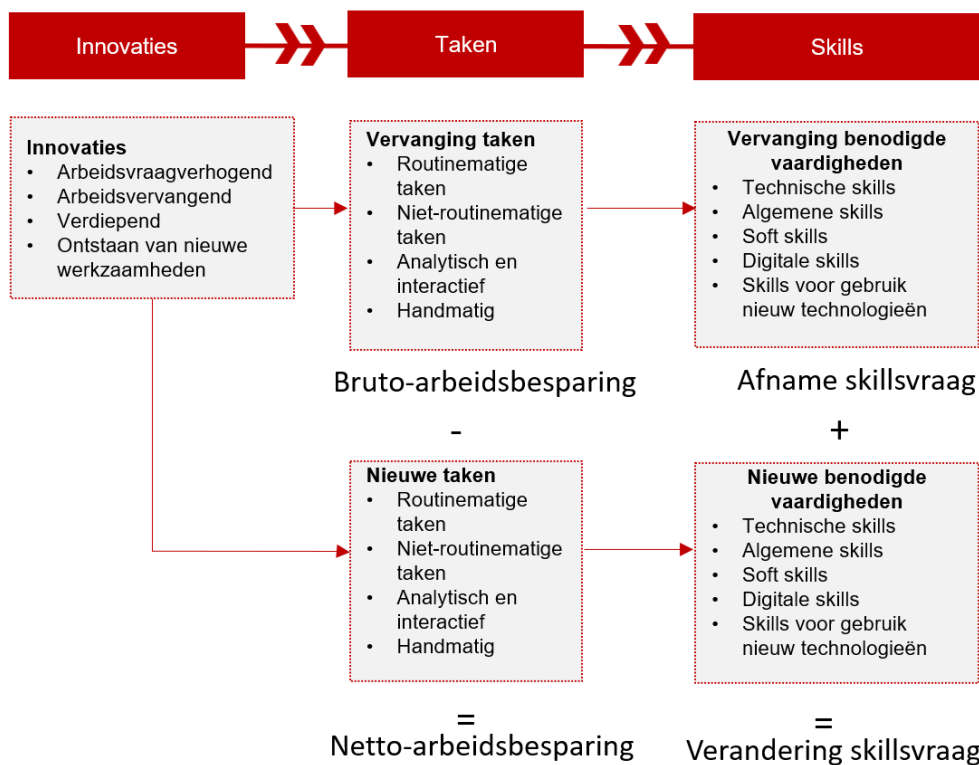
Noot: De cijfers over de werkgelegenheid binnen verschillende beroepen en de verdeling naar werktaken binnen die beroepen zijn gebruikt om een inschatting te maken van de besparing op arbeidsinzet als binnen al die beroepen de routinematige taken zouden worden vervangen.

3 Conceptueel kader arbeidsbesparing door innovaties

Technologie kan arbeid binnen bepaalde beroepen productiever maken, vervangen of zelfs overbodig maken, maar zorgt er tegelijkertijd voor dat nieuwe werktaken en andere beroepen in belang toenemen. Dit zorgt er ook voor dat de werktaken en benodigde skills en expertises voor beroepen veranderen.

We hebben een conceptueel kader opgebouwd om meer grip te krijgen op de wijze waarop technologie de arbeidsvraag verandert. De pijlen tussen de onderdelen geven aan hoe de onderdelen met elkaar zijn verbonden, en wat de oorzaak-gevolgrelaties zijn (zie Figuur 3.1). Het conceptueel kader vormt de basis voor het empirische onderzoek, waarin we de gevolgen van innovaties op banen, werktaken en skills meten.

Figuur 3.1 Conceptueel kader van het beoogde onderzoek



Technologie en innovatie beïnvloeden de vraag naar arbeid in de energietransitie op vier manieren. De eerste is dat het bestaande arbeid productiever maakt, doordat "mens en machine" beter gaan samenwerken (zie Tabel 3.2).⁵ Hierdoor gaat de vraag naar arbeid (of naar bepaalde types van arbeid) omhoog, omdat de producten en

⁵ Er is veel discussie over de effecten van nieuwe technologie op de vraag naar arbeid. Het gaat hierbij over robotisering, het toepassen van kunstmatige intelligentie en over grote transitie in het algemeen, zoals de energietransitie. In deze discussies is het vaak onduidelijk wat het effect van de technologie nu precies is op de vraag naar arbeid. [Ter Weel \(2018\)](#) zet de effecten op een rij. De indeling die we hier maken is gebaseerd op deze classificatie op basis van de wetenschappelijke literatuur.

diensten goedkoper en beter worden. De tweede manier is door het vervangen van arbeid. Innovaties leiden in dit geval tot nieuwe toepassingen die de inzet van mensen overbodig maakt, zoals door robotisering of het overnemen van gevaarlijk, saai/repeterend en zwaar werk (in fabrieken), etc. De derde manier waarop innovaties de vraag naar arbeid veranderen is door verbetering van de technologie, waardoor taken die “machines” al verrichten nog efficiënter worden uitgevoerd. Hierbij kan het gaan om bijvoorbeeld 3D-printers die met een hogere snelheid kunnen produceren, zonder dat er meer begeleiding en sturing van mensen nodig is. In het kader van de energietransitie kan het ook gaan om technologieën die zorgen voor een efficiëntere CO₂-reductie. Met eenzelfde hoeveelheid arbeidsinzet kan er dan meer CO₂ worden verminderd, wat de energietransitie minder arbeidsintensief maakt. Tot slot ontstaan er door innovaties nieuwe taken. De nieuwe technologie moet worden ontwikkeld en onderhouden, waardoor nieuwe taken ontstaan, bijvoorbeeld op het terrein van data science, 3D-ontwikkelingen en kunstmatige intelligentie. In sommige gevallen kunnen ook nieuwe beroepen ontstaan, zoals in de afgelopen decennia beroepen als blockchain-experts, VR-ontwikkelaars en waterstoftechnici zijn opgekomen.

Tabel 3.2 Effect innovaties op arbeidsvraag

Kenmerk van de innovatie	Effect op de arbeidsvraag			
		<u>Arbeid</u>	<u>Skills</u>	<u>Werktaken</u>
Arbeidsvraagverhogend	+	Hogere vraag naar arbeid door efficiëntere productie	De vraag naar skills die door de technologie productiever worden stijgt	Het gaat hier om grotere vraag naar niet-routinematige taken in het domein van analytische en interactieve taken
Arbeidsvervangend	-	Verlaagt de vraag naar arbeid door substitutie	Nadruk komt te liggen op skills die complementair zijn aan technologie	Het gaat hier om dalende vraag naar routinematige taken in het domein van handmatig uit te voeren taken
Verdiepend	-	Betere technologie maakt kapitaal productiever, waardoor deze intensiever wordt ingezet	Nadruk komt nog meer te liggen op skills die complementair zijn aan technologie	Het gaat hier om dalende vraag naar routinematige taken in het domein van analytische en interactieve taken
Ontstaan van nieuwe werkzaamheden	+	Door nieuwe technologie ontstaan nieuwe taken en nieuwe arbeidsvraag	‘Nieuwe’ skills winnen aan belang en ‘oude’ skills boeten aan belang in	Het gaat hier om grotere vraag naar niet-routinematige taken in het domein van zowel analytische en interactieve taken als handmatig uit te voeren taken

Innovaties leiden tot bruto-arbeidsbesparingen als zij bepaalde werktaken overnemen, overbodig of efficiënter maken. Dat kan op de *extensieve marge* door taken over te nemen en op de *intensieve marge* door bestaande technologie te verbeteren. Banen bestaan uit bundels van werktaken: als werktaken binnen een baan overbodig worden, hebben werknemers meer tijd over om zich te richten op andere werktaken waardoor bruto minder mensen nodig zijn om de energietransitie te realiseren. Nieuwe computertechnologie heeft bijvoorbeeld een deel van de routinematige taken van werknemers overgenomen op het terrein van archiveren, rekenen en administreren. Werknemers zijn zich daarom meer gaan richten op taken waarin zij een comparatief voordeel hebben ten opzichte van computers, zoals niet-routinematige taken. Doordat werktaken overbodig worden, veranderen ook de skills (in dit onderzoek: vaardigheden, expertise en competenties) die werknemers nodig hebben om het werk goed uit te voeren. Voor iedere taak zijn immers skills nodig: skills bepalen in hoeverre werknemers die taak efficiënt en effectief kunnen uitvoeren. Skills als communicatie en persoonlijke interactie blijken belangrijke comparatieve voordelen te zijn van werknemers ten opzichte van computertechnologie.

De netto arbeidsbesparingen zijn echter kleiner. De implementatie en het werken met arbeidsbesparende innovaties zorgt bijvoorbeeld voor het ontstaan van nieuwe taken. Zo hoeven monteurs door de introductie van slimme meters weliswaar minder handmatige meteropnames te doen, maar moeten zij wel nieuwe werktaken op het terrein van data-analyse uitvoeren. Met de veranderende werktaken verandert ook de vraag naar skills. Taken complementair aan de technologie en nieuwe taken winnen aan belang. Dat betekent dat niet-routinematige cognitieve en niet-cognitieve taken aan belang winnen. Het gaat dan bijvoorbeeld om analytisch vermogen, nieuwe technische vaardigheden en inlevingsvermogen en creativiteit. Het is echter ook zo dat nieuwe taken een meer handmatig karakter kunnen hebben, zoals het besturen van nieuwe machines. Deze taken zijn niet-routinematig van aard.

Tot slot kan technologie ook arbeidsondersteunend zijn. Technologische hulpmiddelen zorgen er dan voor dat het werk eenvoudiger wordt om uit te voeren. Hierdoor zijn er minder specialistische skills nodig om een beroep te kunnen uitoefenen. Dit leidt in principe niet tot arbeidsbesparingen, maar kan er wel voor zorgen dat functie-eisen veranderen waardoor het potentiële aanbod voor een vacature toeneemt. Job crafting als gevolg van nieuwe technologie is hiervan een voorbeeld. Werkgevers hebben dan een grotere pool van werknemers om uit te kunnen vissen, wat er mogelijk toe leidt dat krapteproblemen verminderen.

4 Arbeidsbesparing gesubsidieerde innovaties

De meeste gesubsidieerde innovatieprojecten zorgen voor een verhoging van de arbeidsvraag. Slechts 16 procent van de gesubsidieerde innovaties is naar verwachting arbeidsbesparend. Vooral binnen de beroepsgroepen machinebedieners, operators en engineers vinden arbeidsbesparingen plaats.

Dit hoofdstuk schetst een beeld van de gevolgen van gesubsidieerde innovaties voor de arbeidsvraag (in termen van beroepen, werktaken en skills). Hiervoor maken we gebruik van een online enquête uitgezet onder innovatie-ontwikkelaars die subsidie hebben ontvangen vanuit de MOOI-regeling, DEI-regeling, HER-regeling, de VEKI-regeling en andere subsidies die vallen onder de Topsector Energie (zie Box A.1 voor een toelichting van de regelingen). In totaal hebben 327 innovatie-ontwikkelaars de enquête ingevuld (responspercentage van 25 procent), waarvan 116 innovatie-ontwikkelaars zich richten op de sector Industrie.

4.1 Gevolgen innovaties op arbeidsvraag

De meeste gesubsidieerde innovaties verhogen de arbeidsvraag. Van de gesubsidieerde innovatieprojecten verwacht de helft (52 procent) te zorgen voor een netto verhoging van de arbeidsvraag in de energietransitie (zie Tabel 4.1). Deze innovaties zijn vooral gericht op het creëren van nieuwe producten of technologieën en niet zozeer op de efficiëntie van (arbeids)processen. Hierdoor zijn de benodigde nieuwe productieprocessen niet zo efficiënt als bestaande productieprocessen.

Tabel 4.1 De meeste innovaties (52 procent) zorgen voor een toename in de arbeidsvraag

Type innovatie	Aantal	Percentage
Totaal aantal innovaties	116	100%
• Netto arbeidsbesparende innovaties	18	16%
• Netto arbeidsvraagverhogende innovaties	60	52%
• Innovaties die geen invloed hebben op de arbeidsvraag	35	30%
• Onbekend	3	3%
Bruto arbeidsbesparende innovaties	24	21%

Bron: Enquête onder innovatie-ontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: Netto arbeidsbesparende innovaties = na volledige implementatie is naar verwachting minder arbeidsinzet nodig in de energietransitie. Netto arbeidsvraagverhogende innovaties = na volledige implementatie is naar verwachting meer arbeidsinzet nodig in de energietransitie. Bruto arbeidsbesparende innovatie = na volledige implementatie is naar verwachting binnen één of meerdere beroepen minder arbeidsinzet nodig in de energietransitie. Innovaties die geen invloed hebben op arbeidsvraag = na volledige implementatie is naar verwachting evenveel arbeidsinzet nodig in de energietransitie. Onbekend = de innovatie-ontwikkelaar kan geen inschatting maken van de gevolgen op de arbeidsinzet in de energietransitie van zijn/haar innovatie.

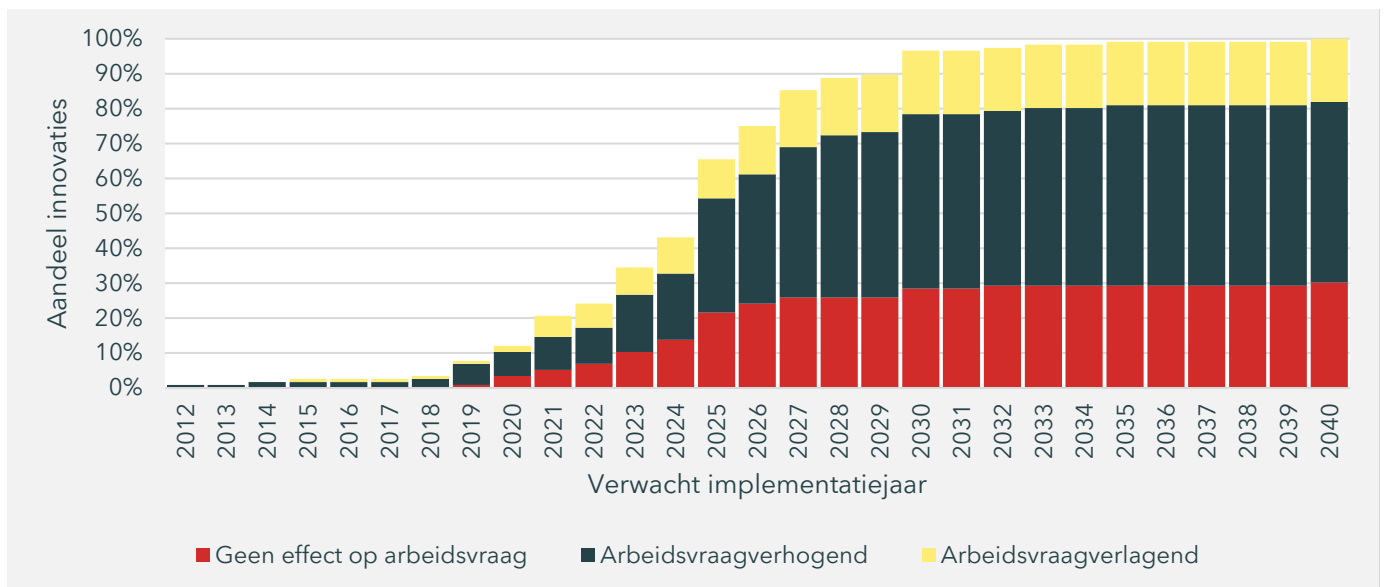
Een minderheid van de gesubsidieerde innovatie zorgt wel voor arbeidsbesparingen. Van de gesubsidieerde innovatieprojecten verwacht 21 procent te zorgen voor bruto arbeidsbesparingen. Dit betekent dat er na implementatie van de innovatie minder vraag is naar één of meerdere beroepen. Deze lagere arbeidsvraag leidt echter niet noodzakelijkerwijs tot netto arbeidsbesparingen, omdat de vraag naar andere beroepen juist toeneemt.

Slechts 16 procent van de gesubsidieerde innovatieprojecten verwacht ook netto arbeidsbesparend te zijn. Alleen deze innovaties zorgen ervoor dat na volledige implementatie minder arbeidsinzet nodig is in de energietransitie.

De meeste gesubsidieerde innovatieprojecten verwachten vóór 2030 tot volledige implementatie te komen.

In de fase vóór implementatie zijn alle innovatieprojecten arbeidsvraagverhogend, omdat ze nog geen bijdrage leveren aan de energietransitie, maar er wel arbeidsinzet nodig is voor het ontwikkelen en testen van de innovatie. De meeste gesubsidieerde innovatieprojecten bevinden zich op dit moment nog in deze fase. De verwachting is dat veel innovatieprojecten in de periode 2024-2030 tot implementatie komen. Slechts vier innovatieprojecten verwachten na 2030 tot implementatie te komen. Dat betekent dat de meeste arbeidsbesparingen, maar ook de verhogingen in arbeidsvraag, naar verwachting vóór 2030 plaatsvinden. Hierbij zij wel opgemerkt dat innovatieprocessen inherent onzeker zijn. Het gaat hier dus vooral om verwachtingen. In de praktijk kan de ontwikkel- of implementatiefase langer (korter) duren of kan een innovatie mislukken en/of niet op de markt komen.

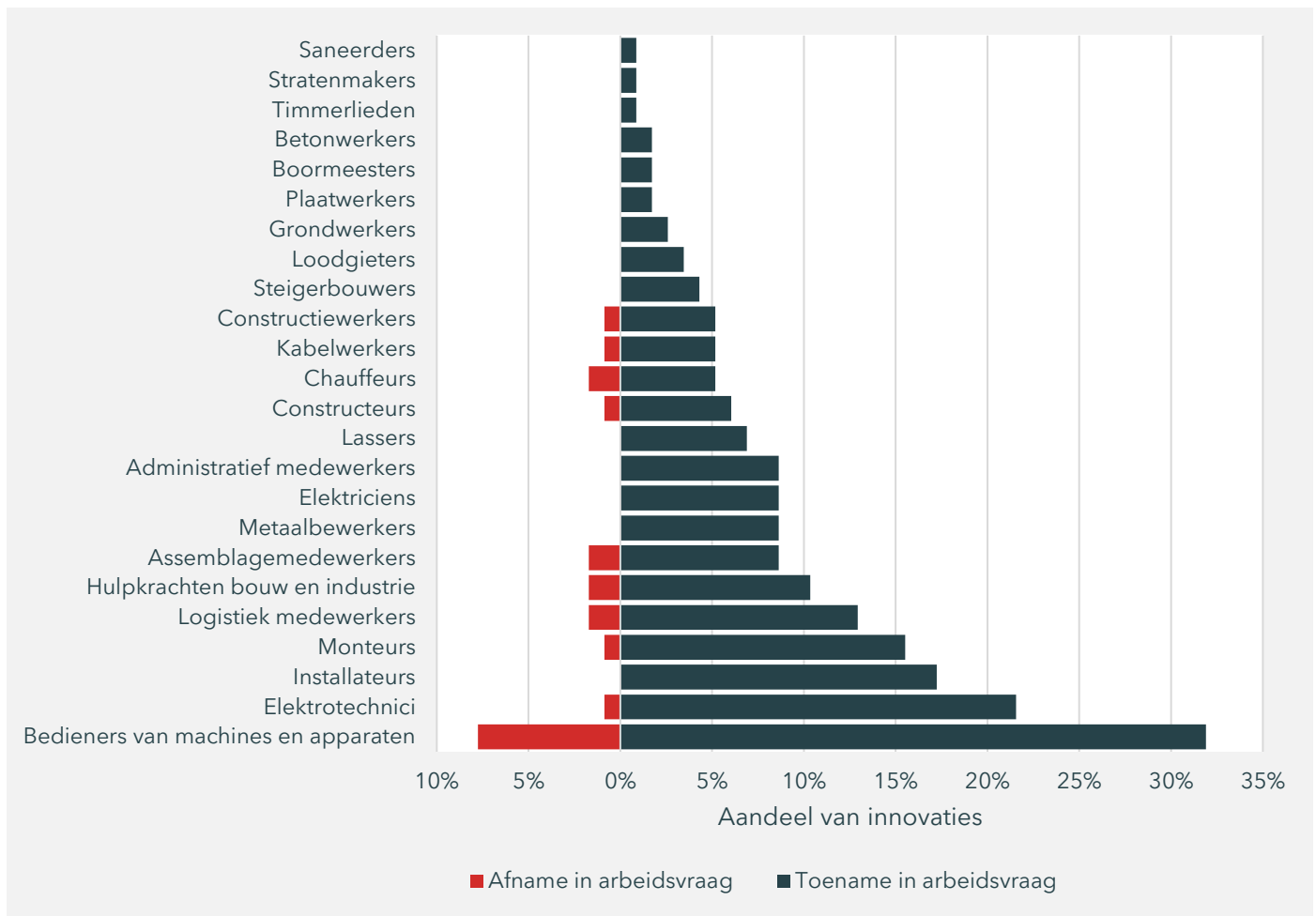
Figuur 4.1 De meeste innovatieprojecten verwachten vóór 2030 tot implementatie te komen



Bron: Enquête onder innovatieontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Arbeidsbesparingen in meer praktische beroepen vinden vooral plaats onder bedieners van machines en apparaten. Ontwikkelaars verwachten over het algemeen dat hun innovaties zullen leiden tot een toename in de vraag naar mbo-beroepen, eerder dan een afname. Dit patroon is waarneembaar binnen alle beroepsgroepen (zie Figuur 4.2). De arbeidsbesparende innovaties richten zich vooral op bedieners van machines en apparaten. Ongeveer 8 procent van de gesubsidieerde innovaties geeft aan te zorgen voor arbeidsbesparingen binnen deze beroepsgroep. Eerder zagen we al dat veel van het werk in deze beroepsgroep bestaat uit routinematige fysieke taken, die erg vatbaar zijn voor technologische innovaties. Het is dus niet verrassend dat veel ontwikkelaars technologieën inzetten die zorgen voor besparingen onder bedieners. Tegelijkertijd geven méér van de gesubsidieerde innovatieontwikkelaars (namelijk 30 procent) juist aan te zorgen voor een verhoging van de vraag naar bedieners van machines en apparaten. Ook dat is niet verrassend: veel technologische innovaties richten zich op machineren en robotiseren van productieprocessen, wat gepaard kan gaan met een toenemende vraag naar bedieners van die nieuwe machines en robots.

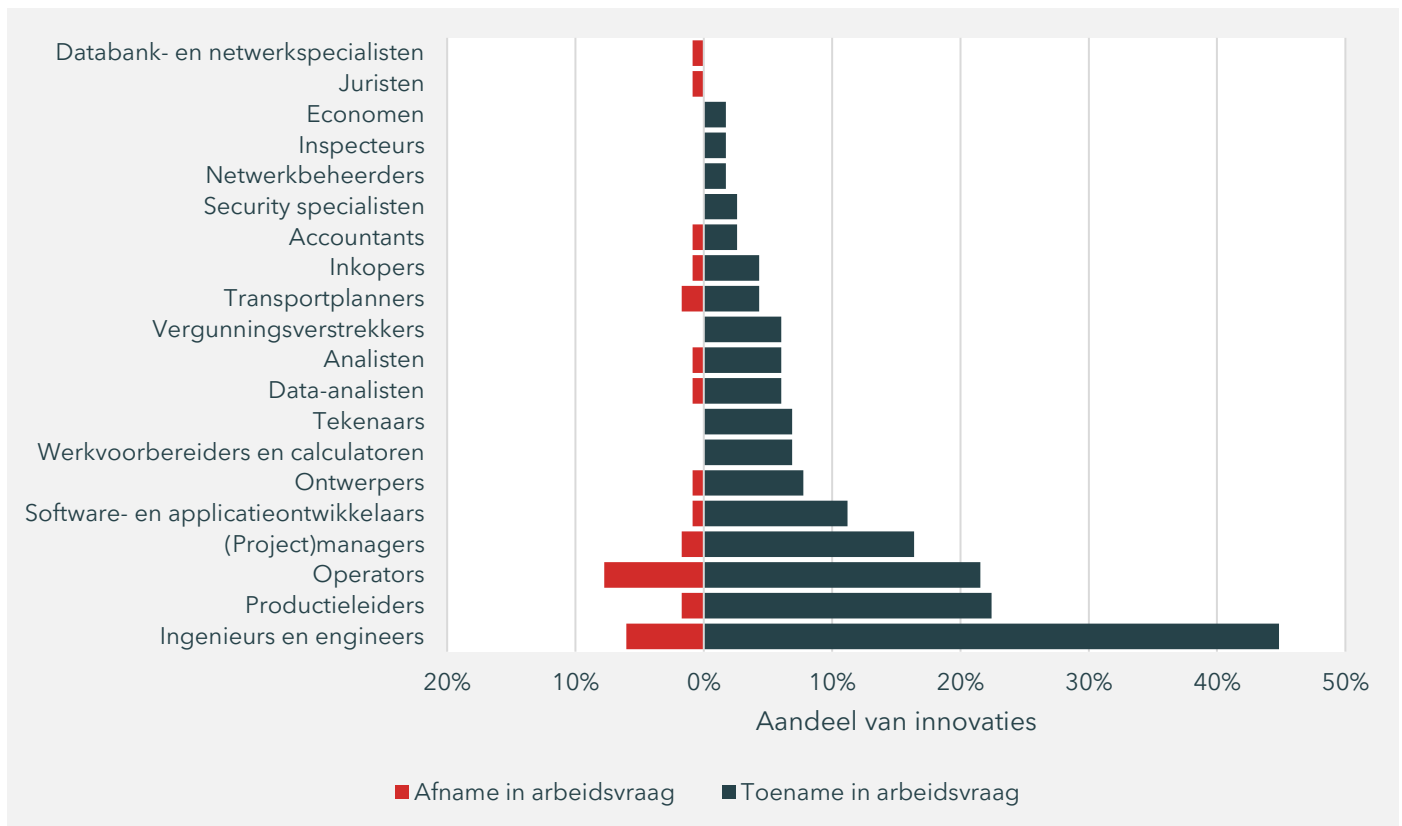
Figuur 4.2 Ruim 30 procent van de ondervraagde innovatie-ontwikkelaars geeft aan dat de vraag naar bedieners van machines en apparaten toeneemt



Bron: Enquête onder innovatie-ontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)
 Noot: De figuur geeft per beroepsgroep aan welk aandeel van de ondervraagde innovatieontwikkelaars verwacht dat de vraag door hun innovaties toeneemt, en welk aandeel verwacht dat de vraag afneemt. De overige innovatieontwikkelaars verwachten geen effect op de vraag naar de specifieke beroepsgroep.

Arbeidsbesparingen in meer theoretische beroepen vinden vooral plaats onder ingenieurs en operators. Ontwikkelaars verwachten dat hun innovaties leiden tot een toename van de vraag naar hbo- en wo-beroepen (zie Figuur 4.3). De innovaties die arbeid besparen, zijn vooral gericht op ingenieurs en operators. Met geavanceerde software- en automatiseringstools kunnen bepaalde ontwerptaken sneller en efficiënter worden uitgevoerd. Dit ontlast de ingenieur, zoals de werktuigbouwkundige, elektrotechnische en industriële ingenieur, in zijn/haar werkzaamheden. Aanvullend zijn technologieën steeds beter in staat zelf defecten te herkennen (met slimme sensoren) en op te lossen (met AI-toepassingen), waardoor ook een deel van de werktaken van procesoperators wegvalt. Tegelijkertijd denken veel van de gesubsidieerde ontwikkelaars juist te zorgen voor een verhoging van de vraag naar ingenieurs en operators. Ook dat is niet verwonderlijk: veel van de technologische innovaties richten zich op het opzetten van nieuwe productieprocessen of fabrieken, zoals een duurzame staalfabriek, waar in beginsel juist meer ingenieurs en operators voor nodig zijn. Gezien de huidige en verwachte knelpunten onder operators en ingenieurs (zie Paragraaf 2.2) is het een uitdaging voor ontwikkelaars om de nieuwe productieprocessen daadwerkelijk van de grond te krijgen.

Figuur 4.3 Ruim 40 procent van de ondervraagde innovatie-ontwikkelaars geeft aan dat de vraag naar engineers toeneemt



Bron: Enquête onder innovatieontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

4.2 Arbeidsbesparende innovaties in ontwikkeling

Hieronder volgt een aantal voorbeelden van gesubsidieerde arbeidsbesparende innovaties in de Industrie. Deze innovaties ontvangen niet primair subsidie vanwege de arbeidsbesparingen die ze opleveren, maar voornamelijk vanwege hun bijdrage aan het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen. Een bijkomend voordeel is dat ze ook leiden tot arbeidsbesparingen. Bijlage C bevat een volledig overzicht van arbeidsbesparende innovaties in de Industrie.

Veel van de arbeidsbesparende innovaties in de Industrie richten zich primair op het sluiten van de energiekringloop. Een voorbeeld hiervan is een technologie die restwarmte van een fabriek opslaat en deze restwarmte vervolgens opnieuw gebruikt voor de verwarming van de fabriek. Een ander voorbeeld is een droogtechnologie die natte biomassa op een energiezuinige wijze te drogen zodat de houdbaarheid wordt verlengd (zie Box 4.1). Bijvangst van deze technologieën is dat ze arbeidsbesparend zijn doordat ze geautomatiseerde toepassingen bevatten (zoals slimme sensoren en communicerende apparaten en systemen, ook wel *internet of things* genoemd). Hierdoor is er minder tijd nodig voor het afstellen en onderhouden van de machines of producten, waardoor bedieners en monteurs hier minder tijd aan hoeven te besteden.

Box 4.1 Energie- en arbeidsefficiëntie drogers

Een innovatieproject ontwikkelt een energiezuinige droger. Deze innovatie maakt het mogelijk om natte biomassa op een energiezuinige wijze te drogen met behulp van laagwaardige restwarmte. Hierdoor wordt de houdbaarheid van de biomassa verlengd, wat het potentieel als waardevolle grondstof vergroot. De droger draagt bij aan energiebesparing, vermindering van CO₂-uitstoot en verhoogde circulariteit van grondstoffen. Bovendien leidt de droger ook tot een afname in de vraag naar ingenieurs en bedieners van machines en apparaten, doordat de innovatie werktaken van deze vakkrachten vervangt. Op dit moment zijn er continu gespecialiseerde ingenieurs nodig voor het afstellen van de drooginstallaties, vanwege variërende atmosferische omstandigheden en producteigenschappen. Met de energiezuinige droger is voortdurende afstelling niet langer vereist doordat dit wordt geautomatiseerd. Het gevolg: ingenieurs in dit werkveld besparen in een doorsnee werkweek gemiddeld zo'n 20 uur en kunnen zich daarom meer richten op andere werkzaamheden. Door het wegvallen van afstellingstaken verandert ook de vraag naar skills van ingenieurs: er is minder kennis nodig van afstellingstechnieken en software, maar meer van duurzaamheid en circulariteit. Ook bedieners van machines en apparaten hoeven na implementatie van de droger minder routinematig te monitoren en instellingen aan te passen. Gemiddeld zullen zij naar verwachting 25 uur per werkweek besparen door te werken met de innovatie. Het werk wordt daarmee minder routinematig voor bedieners van machines en apparaten: zij hoeven minder routinematig te controleren, maar moeten wel beter om kunnen gaan met software en duurzaamheidsprotocollen.

Andere arbeidsbesparende innovaties richten zich primair op het hergebruiken en te recyclen van materialen. Voorbeelden betreffen het omzetten van afgedankte bollennetten naar kunststofkorrels, het gebruik van recyclebare verpakkingsmaterialen en het recyclen van textielproducten (zie Box 4.2). De innovaties maken vaak gebruik van recycling- en sorteerrobots die in staat zijn om afvalmaterialen te sorteren en recyclen. Deze robots kunnen verschillende soorten werktaken overnemen, zoals het identificeren, scheiden en klaarmaken voor hergebruiken. Ook gebruiken ze vaak afvalbeheersystemen waarmee het mogelijk is om afval te monitoren, geautomatiseerde meldingen voor ledging te ontvangen en inzamelroutes te optimaliseren. Dergelijke technologieën zorgen niet alleen voor een efficiënter gebruik van materialen, maar besparen ook arbeidsinzet in het recyclingproces.

Box 4.2 Circulair textiel

Een innovatieproject 'upcyclet' textiel uit lokale afvalstromen en maakt het vervolgens geschikt voor lokale productie van kleding en andere textiele eindproducten. Het doel van de innovatie is om de CO₂-uitstoot, het waterverbruik en de vervuiling in de textiel- en mode-industrie zowel nationaal als wereldwijd te verminderen. Bovendien leidt de innovatie tot arbeidsbesparing, doordat er minder assemblagemedewerkers, operators, analisten en productieleiders nodig zijn voor de energietransitie. Zo worden bepaalde werktaken van assemblagemedewerkers door de innovatie vervangen, en kunnen ze werktaken sneller uitvoeren. Voorheen moesten assemblagemedewerkers handmatig het textiel sorteren en vuil verwijderen, terwijl dit nu machinaal gebeurt. Dit bespaart assemblagemedewerkers in een reguliere werkweek ongeveer 32 uur aan werk, waardoor bepaalde skills, zoals duurzaamheidsbewustzijn, probleemoplossend vermogen en materiaalkennis, minder belangrijk zijn geworden. Andere skills worden juist belangrijker in het werk van assemblagemedewerkers. Het gaat dan bijvoorbeeld om technologische vaardigheden als computervaardigheden, data-vaardigheden, kennis van nieuwe technologieën en kennis van robots of andere complexe apparaten. Maar ook andere skills als sociale en communicatieve vaardigheden, bedrijfskundige kennis en kennis van wetgeving en procedures worden belangrijker. Ook vervangt de innovatie alle eerdere werktaken van operators, maar zij krijgen er wel nieuwe werktaken bij. Door de innovatie moeten zij equipment aan gaan sturen en gaan plannen vanuit specifieke software. Als gevolg hiervan besparen operators gemiddeld 20 uur in een reguliere werkweek door te werken met de innovatie. Door de verandering in werktaken zijn skills als aanpassingsvermogen, leidinggeven, kennis over techniek, materiaalkennis en programmeren en modelleren minder belangrijk geworden in het werk van operators. Andere skills zijn juist belangrijker geworden, zoals een aantal technologische vaardigheden, creativiteit, probleemoplossend vermogen en bedrijfskundige kennis. Naast dat de innovatie leidt tot een lagere arbeidsvraag naar eerder genoemde beroepen, is de vraag naar bedieners van machines en apparaten, elektriciens, data-analisten en (project)managers juist toegenomen. Dit komt doordat er naast de reeds bestaande equipment, nieuwe equipment is geïnstalleerd. Ondanks dat de arbeidsvraag naar deze beroepen is toegenomen, leidt de innovatie netto wel tot arbeidsbesparing.

Tot slot zijn er arbeidsbesparende innovaties die zich richten op het vergroten van de efficiëntie van industriële productieprocessen. Robots en automatiseringstoepassingen kunnen repetitieve en arbeidsintensieve taken overnemen, wat resulteert in arbeidsbesparingen. Een voorbeeld betreft het opzetten van een

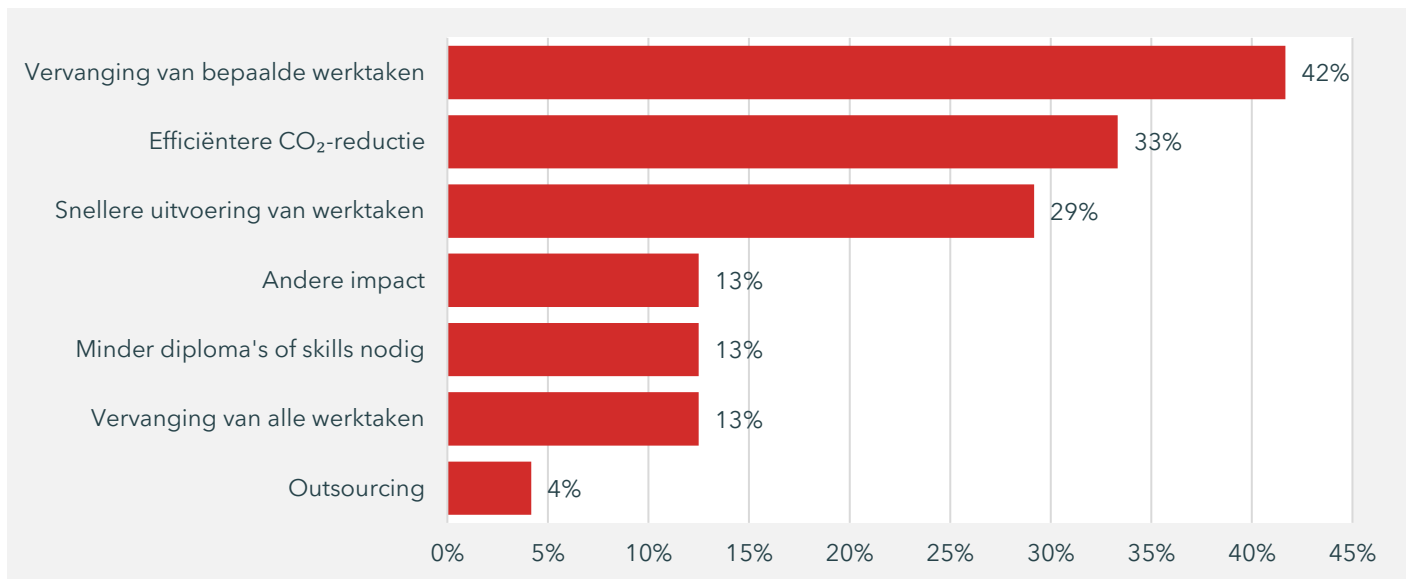
milieuvriendelijke staalfabriek waarin minder arbeidsinzet nodig is in het afstellen van machines, minder onderhouds- en vervangingswerkzaamheden hoeven te worden verricht door het gebruik van duurzame materialen en het zware en gevaarlijke werk niet langer door mensen hoeft te worden verricht. Dergelijke innovaties realiseren arbeidsbesparingen in verschillende beroepen, zoals onder anderen machinebedieners en andere fabrieksmedewerkers. Een ander voorbeeld betreft een nieuwe productiemethode voor melkzuur waarbij bijna geen afvalproducten worden geproduceerd, zoals kalk en zwavelzuur. Dat scheelt arbeidsinzet in het opslaan en wegwerken van afvalproducten.

Box 4.3 Duurzame staalproductie

Een voorbeeld van een procesinnovatie betreft de realisatie van een nieuwe staalproductiefabriek die voldoet aan de hoogste duurzaamheidsnormen en technologische mogelijkheden. De fabriek zal niet alleen hoogwaardig staal produceren, maar ook een voorbeeld zijn van duurzame en milieuvriendelijke staalproductie, waarbij wordt gestreefd naar aanzienlijke emissiereducties. De introductie van automatisering en robotisering in de nieuwe fabriek leidt tot een vermindering in de vraag naar bedieners van machines en apparaten. Dit komt doordat er minder machines hoeven te worden afgesteld, er minder slijtonderdelen moeten worden verwisseld en er minder activiteiten met een verhoogd risico worden uitgevoerd. Al met al besparen bedieners van machines en apparaten gemiddeld zo'n 20 uur per werkweek. Waar zij in een huidige staalfabriek voornamelijk fysieke routinematige taken uitvoeren, zullen zij zich in de nieuwe staalfabriek vooral bezig gaan houden met cognitief routinematige taken. Daarnaast zorgt de innovatie voor een efficiëntere CO₂-reductie, waardoor met hetzelfde aantal bedieners méér CO₂-reductie kan worden gerealiseerd. Ook zijn er minder specifieke diploma's of skills nodig, waardoor er minder gekwalificeerde bedieners nodig zijn. Doordat de werkzaamheden van bedieners veranderen, worden bepaalde skills belangrijker in het werk. Zo worden aanpassingsvermogen, veiligheidsbewustzijn en verantwoordelijkheid belangrijker. Maar ook kennis van robots, andere complexe apparaten en specifieke software worden belangrijk om te kunnen werken met de nieuwe robots en machines. De hoge mate van automatisering maakt het mogelijk efficiënter te produceren en het energieverbruik en het verbruik van grond- en hulpstoffen te reduceren. Dit behoeft echter ook veel data-analyse en -verwerking, waardoor er ook meer data-analisten nodig zijn in de nieuwe fabriek. Ook de vraag naar elektrotechnici en engineers zal toenemen. Alles samen genomen leidt de fabriek naar verwachting netto wel tot arbeidsbesparing.

Arbeidsbesparingen zijn vooral het gevolg van vervanging van werktaken en minder arbeidsintensieve CO₂-reductie. De arbeidsbesparingen worden voornamelijk gerealiseerd door innovaties die traditionele werktaken vervangen (zie Figuur 4.4). Deze innovaties resulteren in nieuwe toepassingen die menselijke inzet overbodig maken, zoals bijvoorbeeld robotisering of de overname van gevaarlijk en zwaar werk, met name in fabrieken. Bovendien verbeteren innovaties de productiviteit van bestaande arbeid. Door een betere samenwerking tussen mens en machine kunnen werknemers taken sneller en efficiënter uitvoeren. Ten slotte dragen innovaties vaak bij aan een effectievere CO₂-reductie. Met dezelfde hoeveelheid arbeidsinspanning kan er meer CO₂ worden verminderd, wat de energietransitie minder arbeidsintensief maakt. Ook in dit geval kan gesproken worden van een arbeidsbesparing.

Figuur 4.4 De meeste arbeidsbesparende innovaties (ruim 40 procent) zorgen voor een lagere arbeidsvraag doordat ze bepaalde werktaken vervangen



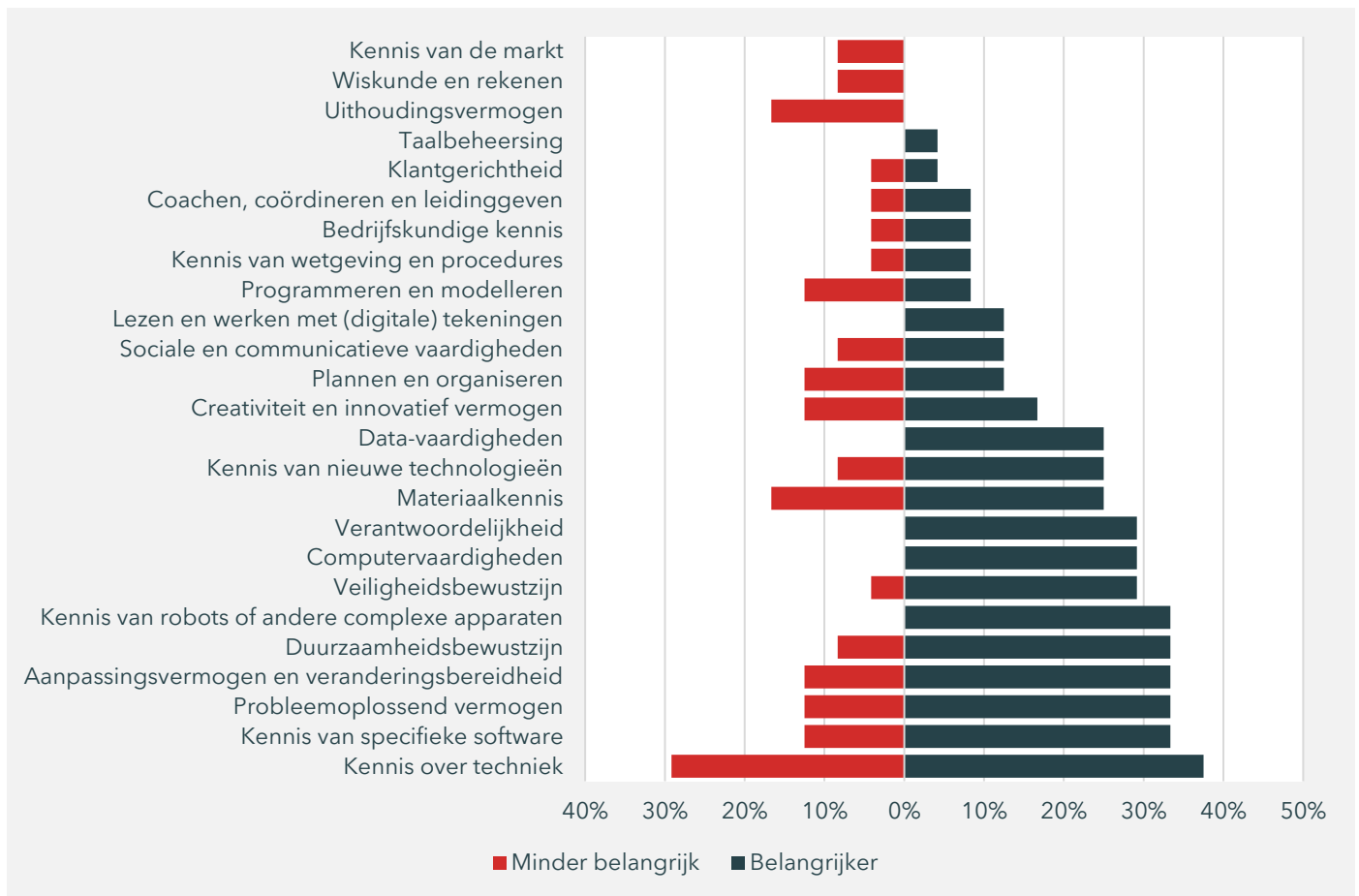
Bron: Enquête onder innovatieontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

4.3 Verandering in belang skills door innovaties

Skills complementair aan de technologie en nieuwe taken winnen aan belang. Dan gaat het om soft skills als probleemoplossend vermogen, aanpassingsvermogen, veiligheidsbewustzijn, duurzaamheidsbewustzijn en verantwoordelijkheidsgevoel (zie Figuur 4.5). Werknemers moeten in staat zijn om flexibel om te gaan met veranderende omstandigheden en kunnen inspelen op beperkingen van technologieën (zoals een gebrek aan bewustzijn). Verder zijn nieuwe technologieën vaak complex en geavanceerd. Het begrijpen van de risico's en mogelijke gevaren die gepaard gaan met deze technologieën maakt het essentieel om veiligheidsmaatregelen te kunnen implementeren.

Verder krijgen hard skills die werknemers in staat stellen om te werken met de nieuwe technologieën steeds meer gewicht. Specifiek gaat het dan om kennis over techniek, robots, complexe apparaten, evenals vaardigheden in het omgaan met specifieke software en data- en computervaardigheden. Het vermogen om de nieuwe technologieën te begrijpen en te gebruiken wordt steeds belangrijker in de Industrie. Daarentegen zien we een afname in het belang van skills zoals uithoudingsvermogen omdat het werk minder fysiek wordt. Eveneens vermindert de noodzaak van het kunnen verrichten van (routinematige) berekeningen. Dit is een taak die steeds vaker door computers wordt uitgevoerd.

Figuur 4.5 De innovaties zorgen vooral voor een veranderende vraag naar hard skills als kennis over techniek en specifieke software, en soft skills als probleemoplossend vermogen en aanpassingsvermogen



Bron: Enquête onder innovatieontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: De figuur geeft per skill aan welk aandeel van de ondervraagde innovatieontwikkelaars verwacht dat deze skill door hun innovaties in belang toeneemt, en welk aandeel verwacht dat het belang afneemt. De overige innovatieontwikkelaars verwachten geen effect op de vraag naar de specifieke skill.

De innovaties doen een groter beroep op skills waar nu ook al een tekort aan is. Om te achterhalen aan welke skills nu al een tekort is, maken we gebruik van de enquête onder werkgevers. Hieruit blijkt dat werknemers volgens werkgevers nu al onvoldoende beschikken over probleemoplossend- en aanpassingsvermogen (zie Tabel 4.2). Ook zijn er tekorten op het terrein van het verantwoordelijkheidsgevoel en computervaardigheden. Uit de enquête onder innovatie-ontwikkelaars blijkt dat de gesubsidieerde innovaties die in ontwikkeling zijn, deze tekorten eerder vergroten dan dat ze een oplossing vormen voor deze tekorten.

Tabel 4.2 De grootste skills tekorten bevinden zich momenteel op het terrein van probleemoplossend vermogen en aanpassingsvermogen.

	Belangrijkste skills	% werkgevers	Skills die in onvoldoende mate worden beheerst	% werkgevers
Praktische beroepen				
1	Veiligheidsbewustzijn	70%	Probleemoplossend vermogen	15%
2	Probleemoplossend vermogen	61%	Aanpassingsvermogen	8%
3	Verantwoordelijkheid	57%	Computervaardigheden	8%
4	Kennis over techniek	54%	Kennis over techniek	8%
5	Aanpassingsvermogen	46%	Sociale /communicatieve vaardigheden	8%
Theoretische beroepen				
1	Probleemoplossend vermogen	55%	Aanpassingsvermogen	11%
2	Kennis over techniek	49%	Kennis over techniek	9%
3	Verantwoordelijkheid	45%	Sociale / communicatieve vaardigheden	8%
4	Veiligheidsbewustzijn	39%	Probleemoplossend vermogen	7%
5	Aanpassingsvermogen	38%	Verantwoordelijkheid	7%

Bron: Enquête onder werkgevers, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: Werkgevers mochten tien skills selecteren die het belangrijkste waren voor werknemers binnen hun bedrijf. De 5 meest aangekruiste skills zijn hierboven weergegeven. Vervolgens moesten werkgevers aangegeven welk van deze belangrijke skills werknemers onvoldoende beheersen. De 5 meest aangekruiste skills zijn hierboven weergegeven.

5 Belemmeringen en kansen

Ongeveer de helft van de geënquêteerde werkgevers is, buiten de gesubsidieerde projecten om, bezig met het ontwikkelen en implementeren van arbeidsbesparende technologieën. Daar liggen kansen, onder meer omdat andere werkgevers deze technologieën kunnen toepassen in hun productieprocessen. Innovatie-ontwikkelaars ervaren, naast de beschikbare personeelscapaciteit, belemmeringen in wet- en regelgeving, financiële middelen en netcongestie.

Dit hoofdstuk biedt inzicht in de belemmeringen die gesubsidieerde innovatie-ontwikkelaars, naast beschikbare personeelscapaciteit, ervaren in het ontwikkelen en implementeren van hun innovatie (Paragraaf 5.1). Verder biedt dit hoofdstuk inzicht in welke mate werkgevers, buiten de gesubsidieerde projecten om, bezig zijn met het ontwikkelen en implementeren van arbeidsbesparende innovaties (Paragraaf 5.2).

5.1 Belemmeringen van innovatie-ontwikkelaars

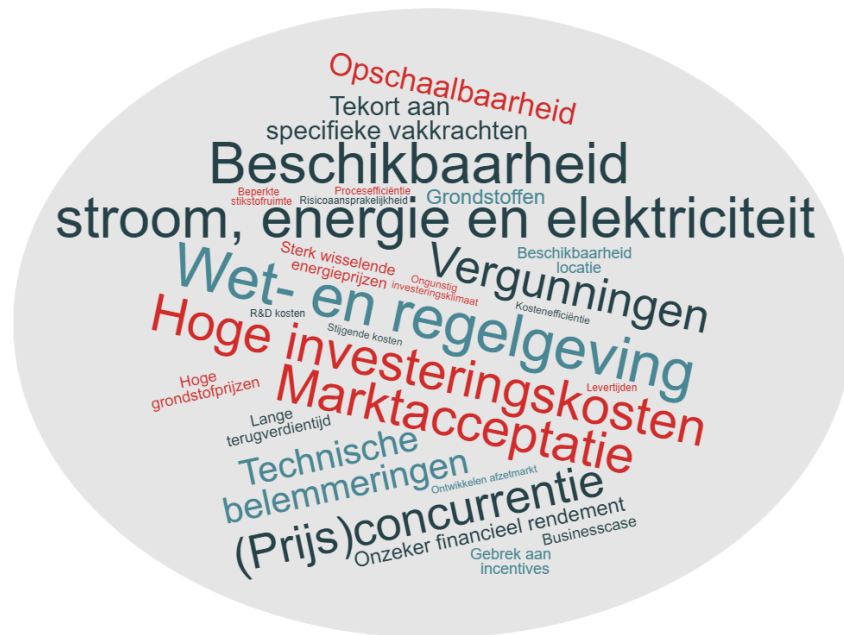
Innovatie-ontwikkelaars ervaren belemmeringen in de elektriciteitsinfrastructuur. Ze ondervinden belemmeringen als gevolg van netcongestie, wat verwijst naar overbelasting of capaciteitsproblemen in het elektriciteitsnetwerk. Wanneer innovatieprojecten, zoals nieuwe industriële productieprocessen, worden geïmplementeerd, kan dit leiden tot een toename van de belasting op het netwerk. Als de bestaande infrastructuur niet voldoende capaciteit heeft, kan dit leiden tot congestie en beperkingen voor nieuwe projecten. Hierdoor is het voor ontwikkelaars steeds moeilijker om hun innovatie tot implementatie te brengen.

Daarnaast noemen innovatie-ontwikkelaars de wet- en regelgeving als belemmering. Veelal is voor innovatieve producten of productieprocessen nieuwe of aangepaste wet- en regelgeving nodig. Het proces van het opstellen en wijzigen van wet- en regelgeving kan tijdrovend zijn. Hierdoor loopt de regelgeving vaak achter op de snel veranderende technologische ontwikkelingen. Dit kan innovatieprojecten vertragen, omdat de benodigde goedkeuringen mogelijk nog niet beschikbaar zijn. In de Industrie richten veel innovatieprojecten zich bijvoorbeeld op het hergebruiken van materialen die voorheen als afval werden beschouwd. Vaak wordt dit juridisch nog steeds als afval beschouwd, waardoor de verwerking van afvalproducten aan veel regels is gebonden. Het inzamelen, sorteren en transporteren van afval wordt volgens innovatie-ontwikkelaars bemoeilijkt door wet- en regelgeving, waardoor innovaties moeilijker tot implementatie komen.

“Het verwerken van afval is gebonden aan zeer veel regels. Dit maakt het inzamelen van afval, het sorteren en het transporteren over grenzen erg lastig.”

“Het afval dat wij verwerken blijft juridisch afval totdat het tegendeel bewezen is (en het dus weer een product/grondstof is). Echter, dit bewijzen is zeer lastig en er zijn bijna geen (overheids)instanties die hier iets van begrijpen of die kunnen bevestigen dat een product einde-afval is.”

Figuur 5.1 Veelgenoemde belemmeringen zijn wet- en regelgeving en hoge investeringskosten



Bron: Enquête onder innovatie-ontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: Hoe groter de belemmering is weergegeven, des te vaker hebben innovatie-ontwikkelaars de belemmering genoemd in de enquête.

Tot slot noemen ontwikkelaars financiële belemmeringen. Innovaties vereisen vaak aanzienlijke investeringen in onderzoek, ontwikkeling en implementatie. Financiële onzekerheid kan ontwikkelaars ontmoedigen om deze kosten op zich te nemen, vooral als ze niet zeker zijn van de terugverdientijd of de rendabiliteit van hun investeringen. Innovaties op het terrein van duurzaamheid hebben vaak een langere terugverdientijd dan traditionele, minder duurzame initiatieven, zeker als het gaat om industriële productie. Bovendien kunnen zij in prijs nog niet altijd concurreren met minder duurzame alternatieven. De prijzen van duurzame materialen liggen bijvoorbeeld relatief hoog door de langere productietijd. Hierdoor is het voor innovatie-ontwikkelaars lastig om te concurreren met andere aanbieders.

“Het bouwen van een procesinstallatie voor het chemisch recyclen van plastic is erg kapitaal intensief met een doorlooptijd van een aantal jaar voordat er inkomsten gegenereerd worden.”

“De subsidiëring van andere duurzame alternatieven vormt een belemmering. Dit omdat onze technologie niet kan concurreren zonder diezelfde subsidie, en daarvoor behoorlijk gelobbyd moet worden.”

5.2 Kansen bij werkgevers

Veel werkgevers ontwikkelen en implementeren arbeidsbesparende innovaties buiten subsidieprojecten om. Uit een enquête onder werkgevers in de Industrie blijkt dat 56 procent van de geënquêteerde werkgevers momenteel bezig is met het ontwikkelen of implementeren van arbeidsbesparende innovaties. Van deze groep investeert ongeveer één op de drie in het ontwikkelen van een schaalbare technologie die ook andere organisaties

in de toekomst zouden kunnen gebruiken in hun productieproces. De overige werkgevers ontwikkelen nieuwe bedrijfsspecifieke technologieën, die alleen binnen hun eigen bedrijf toepasbaar zijn, of maken gebruik van al bestaande technologieën die zij implementeren binnen hun eigen arbeidsproces. Door het lage aantal respondenten zijn de resultaten uit de enquête wel met veel onzekerheid omgeven en vraagt de interpretatie om enige voorzichtigheid.

Tabel 5.1 56 procent van de geënquêteerde werkgevers in de Industrie is bezig met het ontwikkelen of implementeren van arbeidsbesparende innovaties

Type innovatie	Aantal	Percentage
Geen arbeidsbesparende innovaties	47	44%
Arbeidsbesparende innovatie(s)	57	56%
• Nieuwe schaalbare technologie	18	32%
• Nieuwe technologie voor eigen bedrijf	21	37%
• Bestaande technologie	40	70%
Totaal	104	100%

Bron: Enquête onder werkgevers, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Box 5.1 Drie voorbeelden van arbeidsbesparende innovaties die buiten de gesubsidieerde projecten om worden ontwikkeld

Een voorbeeld van een arbeidsbesparende innovatie is de toepassing van augmented reality (AR) in de fabriek. Door gebruik te maken van deze technologie hoeven monteurs niet meer handmatig smeerpunten in een fabriek te controleren, maar kan dit veel makkelijker en sneller doordat met AR de precieze locatie van deze smeerpunten achterhaald kan worden. De technologie minimaliseert het risico op stilstand aanzienlijk en zorgt ervoor dat vrijwel iedereen de fabriek ingestuurd zou kunnen worden om het werk uit te voeren. Er is daardoor een veel grotere pool aan potentiële werknemers, waaronder scholieren en mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt. Hoewel deze innovatie niet direct leidt tot netto arbeidsbesparing, vormt het wel een oplossing voor de arbeidsmarktcrisis doordat een bedrijf niet langer afhankelijk is van een specifieke groep vakkrachten.

Een ander voorbeeld is de ontwikkeling van een 3D-betonprinter. Hierdoor zal de toekomstige vraag naar constructeurs, metselaars, timmerlieden, productieleders en tekenaars afnemen. Werknemers hoeven door de 3D-printer namelijk geen fysiek werk meer te doen, maar hoeven slechts de machine te controleren.

Een ander voorbeeld van een bedrijf dat bezig is met de ontwikkeling van arbeidsbesparende innovaties is een producent van transportbanden. In het bedrijf werken met name administratief medewerkers, bedieners van machines en apparaten en monteurs. De fabrikant is echter bezig met het automatiseren van machineprocessen, wat zal leiden tot een afname in de vraag naar bedieners van machines en apparaten, doordat er door de automatisering geen operatorhandelingen meer nodig zijn. Tegelijkertijd zal de toekomstige vraag naar elektrotechnici en ingenieurs toenemen.

Deze werkgevers ervaren belemmeringen in de ontwikkeling en implementatie van technologieën die de overheid deels zou kunnen wegnemen. De meest genoemde belemmering is bijvoorbeeld de beschikbaarheid van financiële middelen om de ontwikkeling en implementatie van arbeidsbesparende innovaties mee te kunnen financieren. Aanvullend noemen werkgevers netcongestie, wet- en regelgeving en lange vergunningsprocedures als beperkingen voor het uitrollen van de innovaties.

Figuur 5.2 Netcongestie, wet- en regelgeving en financiële middelen beperken werkgevers in het ontwikkelen en implementeren van arbeidsbesparende innovaties



Bron: Enquête onder werkgevers, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

6 Mogelijkheden voor innovatiebeleid

Het innovatiebeleid kan bijdragen aan het verminderen van de arbeidsvraag in de energietransitie door het opnemen van arbeidsmarktgevolgen als randvoorwaarde in het subsidie-instrumentarium en gerichte ondersteuning voor het ontwikkelen van arbeidsbesparende innovaties.

Dit hoofdstuk bevat een beschouwing over de rol van de overheid in het stimuleren van arbeidsbesparende innovaties (Paragraaf 6.1) Verder bevat dit hoofdstuk een aantal aanbevelingen voor innovatiebeleid in het wegnemen van belemmeringen en het realiseren van arbeidsbesparende innovatie (Paragraaf 6.2). Tot slot bevat dit hoofdstuk inzicht in randvoorwaardelijk beleid dat van belang is voor de totstandkoming van innovaties (Paragraaf 6.3).

6.1 De rol van de overheid bij innovaties

Het Nederlandse innovatiebeleid richt zich traditioneel op het voorkomen en oplossen van marktfalen.

Marktfalen ontstaat bijvoorbeeld wanneer innovatie-ontwikkelaars minder investeren in innovatie dan maatschappelijk gezien wenselijk is, wat vaak het gevolg is van *kennis spillovers*. Kennis spillovers doen zich voor wanneer de voordelen van innovaties bij andere partijen terechtkomen, zonder dat de innovatie-ontwikkelaar daarvan profiteert.⁶ Bij de ontwikkeling van schone productietechnieken profiteren bijvoorbeeld andere bedrijven van de opgedane kennis en de maatschappij van een schoner milieu. Omdat ontwikkelaars weten dat andere (concurrerende) bedrijven de kennis kunnen kopiëren, zijn ze terughoudend met het investeren in het ontwikkelen van innovaties.⁷ Als gevolg hiervan wordt er minder geïnvesteerd in innovatie dan vanuit maatschappelijk oogpunt wenselijk is. Het private rendement is met andere woorden lager dan het maatschappelijke rendement. Met innovatiebeleid kunnen innovatie-ontwikkelaars voor het verschil tussen het maatschappelijke en private rendement worden gecompenseerd via subsidies en belastingvoordelen.

Later is het innovatiebeleid zich ook gaan richten op het beperken van systeemfalen. Systeemfalen ontstaat wanneer de samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen en (semi)publieke instellingen tekortschiet waardoor innovaties maatschappelijk gezien onvoldoende tot stand komen. Innovatiebeleid richt zich dan op het bevorderen van samenwerking, zoals in het Topsectorenbeleid, waar de overheid als netwerkpartner partijen mobiliseert en ideeën en investeringen richting geeft en katalyseert. Bij zowel de bestrijding van markt- als systeemfalen dienen de baten van overheidsingrijpen afgewogen te worden tegen de kosten (zoals uitvoeringskosten) en dient gewaakt te worden voor overheidsfalen.

In de afgelopen jaren is het beperken van transitiefalen onderdeel geworden van het innovatiebeleid.

Transities zoals de energietransitie kunnen falen doordat ze te traag plaatsvinden en daardoor momentum missen om de gewenste omslag te bewerkstelligen. Ook kunnen ze in het geheel uitblijven of marktpartijen kunnen zelfs de andere kant op bewegen.⁸ In dat geval kan de overheid ingrijpen. De overheid stuurt hierbij op de richting van

⁶ Onder andere beschreven in CPB (2016) 'Kansrijk innovatiebeleid'.

⁷ Zie onder andere het rapport van CPB (2024) 'Publieke projectfinanciering: wanneer en hoe?'

⁸ Zie onder andere het rapport van de Commissie evaluatiemethoden systeem- en transitiebeleid 'Durf te leren, ga door met meten'.

transities en de tijdigheid ervan. In het kader van de energietransitie biedt de overheid bijvoorbeeld met het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) een stip op de horizon en geeft ze actoren een ontwikkelrichting voor het energiesysteem tot 2050. Een ander voorbeeld betreft het Missiegedreven Topsectoren en Innovatiebeleid. Met dit innovatiebeleid richt de overheid zich op het gehele proces van onderzoek, innovatie en toepassing, met het ondersteunen van onderzoeks- en innovatie-ecosystemen, met als doel om de klimaatdoelen tijdig te realiseren.

Een vorm van transitiefalen is de beperkte beschikbaarheid van personeel om de energietransitie te volbrengen. De beschikbaarheid van personeel is op dit moment een vertragende factor in het realiseren van de energietransitie. Hierdoor ondervinden bedrijven, maar ook huishoudens, vertragingen in het maken van de transitie. De arbeidsmarkt kan zich op termijn wel aanpassen, maar de urgentie van de energietransitie legitimeert ingrijpen. Dit vergt gecoördineerde beleidsinspanningen, waarbij niet alleen aandacht is voor het vergroten van het aanbod binnen beroepen (zoals via scholingsbeleid en participatiebeleid) en de match tussen vraag en aanbod (LLO-beleid), maar juist ook voor het verminderen van de arbeidsvraag in de energietransitie. Hierin speelt onder andere het innovatiebeleid een belangrijke rol.

6.2 Handelingsperspectieven voor innovatiebeleid

Innovatiebeleid kan bijdragen aan het verminderen van de arbeidsvraag in de energietransitie. Op basis van het huidige onderzoek zijn er mogelijkheden om arbeidsbesparingen in de energietransitie te realiseren door middel van innovatiebeleid. Daarvoor presenteren we twee handelingsperspectieven (zie hieronder). Hierbij past wel een aantal disclaimers. Ten eerste moet worden vastgesteld dat innovaties niet op korte termijn de arbeidsmarktcrachten in de energietransitie kunnen oplossen en de arbeidsproductiviteit stimuleren. Het doorwerken van innovatie kost in de regel jaren en vooral ook forse investeringen, die dan niet op andere plekken in de economie gedaan kunnen worden. Met het oog op de klimaatdoelen van 2030 en 2050 blijven de investeringen wel relevant, maar er zijn geen 'quick fixes' in innovatiebeleid die een directe en aanzienlijke arbeidsbesparende werking hebben in de energietransitie. Ten tweede zijn de handelingsperspectieven volledig gebaseerd op de verzamelde kennis en het gezonde verstand van het onderzoeksteam. Dat betekent ook dat alleen de onderzoekers verantwoordelijk zijn voor de genoemde perspectieven en alleen zij daarop kunnen worden aangesproken.

1. *Neem arbeidsmarktgevolgen als randvoorwaarde op in huidige subsidie-instrumentarium*

De meeste gesubsidieerde innovaties lijken eerder de arbeidsvraag in de energietransitie te vergroten dan te verminderen. Voor meer dan drie kwart van de gesubsidieerde innovatieprojecten geldt dat ze de arbeidsvraag naar eigen zeggen verder aanwakkeren (52 procent) of weinig impact hebben op de arbeidsvraag (30 procent). Een logische verklaring is dat veel van hen zich richten op de ontwikkeling van nieuwe duurzame producten en technologieën die nog niet zo arbeidsextensief worden geproduceerd als traditionele, minder duurzame producten. Dat is ook het hoofddoel waarvoor ze subsidies ontvangen.

Het is niet aan te raden om arbeidsbesparing op te nemen als een harde voorwaarde voor het verkrijgen van subsidie. Het is van belang dat schaalbare technologieën die de grootste bijdrage leveren aan de klimaatdoelen ondersteuning ontvangen vanuit de overheid. Zij beperken CO₂-emissies (negatieve externaliteiten) en zorgen voor *spillovers* (positieve externaliteiten). Dit zullen niet altijd technologieën zijn die bijdragen aan arbeidsbesparingen in de energietransitie. In de regel gaat de ontwikkeling en implementatie van nieuwe innovatieve technologieën samen met inefficiënties in het productieproces. Hierdoor zal een poging om met één subsidieregeling zowel CO₂- als arbeidsbesparing te bereiken, ervoor zorgen dat beide suboptimaal worden gerealiseerd.⁹ Het is daarom goed

⁹ Dit wordt ook wel de Regel van Tinbergen genoemd (Tinbergen, 1956).

dat de bestaande subsidieregelingen zich hoofdzakelijk richten op het ontwikkelen van nieuwe duurzame producten en technologieën.

Wel is het aan te raden om als randvoorwaarde op te nemen dat subsidieontvangers inzichtelijk maken wat de gevolgen zijn van hun innovaties voor de arbeidsmarkt. Een middel hiervoor is om aanvragers te onderwerpen aan een 'arbeidsmarkttoets'. Dit kan bijvoorbeeld door subsidieontvangers te stimuleren om zwaar en gevaarlijk werk uit te sluiten, hen te laten aangeven hoe de innovatie de arbeidsvraag beïnvloedt op korte en lange termijn, en hoe ze omgaan met eventuele toekomstige knelpunten in de beschikbaarheid van personeel. Zoals uit dit onderzoek blijkt, doen innovatieprojecten vaak een groter beroep op beroepen waar de krapte nu en in de toekomst al groot is, zoals engineers en uitvoerende technici. Dat heeft consequenties voor de arbeidsvraag en de uitvoerbaarheid van het innovatieproject. Dergelijke informatie kan de overheid gebruiken om te bepalen waar arbeidsbesparingen wenselijk zijn, om vervolgens gericht te sturen op het realiseren van deze arbeidsbesparingen.

2. Ondersteun gericht arbeidsbesparende innovaties in de energietransitie

Een eerste inventarisatie leert dat ongeveer de helft van de werkgevers in de Industrie bezig is met arbeidsbesparende innovaties. Een aanzienlijk deel van hen is bezig met het ontwikkelen van arbeidsbesparende innovaties die ook andere werkgevers in de toekomst kunnen toepassen. Daarmee zijn de technologieën breder toepasbaar, schaalbaar en vinden er mogelijke positieve kennis *spillovers* plaats als het gaat om het bevorderen van technologiediffusie en het verhogen van de productiviteit. Juist deze procesinnovaties kunnen helpen bij het vergroten van de efficiëntie van de productie van duurzame producten en technologieën. Dat vermindert niet alleen knelpunten op de arbeidsmarkt, maar draagt ook bij aan de mate waarin deze producten en technologieën concurrerend kunnen zijn met minder duurzame (koolstofrijke) producten en technologieën. Het is van belang dat hun inspanningen worden beloond. Zoals eerder beschreven, is dat juist door *spillovers* niet gegarandeerd waardoor er maatschappelijk gezien te weinig wordt geïnvesteerd in innovaties. Financiële ondersteuning met innovatiesubsidies door de overheid helpt dan om dat externe effect te internaliseren.

Een nieuwe subsidieregeling van de overheid kan helpen bij het stimuleren van arbeidsbesparende innovaties die cruciaal zijn voor het bevorderen van de energietransitie. Idealiter richt een dergelijke nieuwe subsidieregeling zich specifiek op (i) schaalbare innovaties die (ii) zorgen voor een vermindering van de arbeidsvraag in de energietransitie (iii) binnen beroepsgroepen waarin toekomstige knelpunten te verwachten zijn. Hiervoor biedt de Indicator Toekomstige Knelpunten in de Personeelsvoorziening naar Beroep (ITKB) van ROA een nuttig hulpmiddel. Een inherent nadeel aan een dergelijke regeling is wel dat subsidieverstrekking op korte termijn de arbeidsvraag alleen maar zal verhogen. In de fase vóór implementatie verhogen immers alle innovaties de arbeidsvraag. Het is daarom van cruciaal belang dat ontwikkelaars die kunnen onderbouwen dat ze op termijn arbeidsbesparingen opleveren, niet alleen op korte termijn toezeggingen ontvangen, maar ook financiële zekerheid hebben met betrekking tot subsidiëring op de lange termijn. Op deze manier durven zij eerder investeringen te doen die zich pas op lange termijn uitbetalen in grotere arbeidsbesparingen.

Verder kan de overheid met coördinerende werkzaamheden een cruciale rol spelen in het maximaliseren van arbeidsbesparingen in de energietransitie. Momenteel worden er in de Industrie, Gebouwde omgeving en Energiesector allerlei activiteiten ondernomen die bijdragen aan de energietransitie. Binnen de waardeketen is de coördinatie over het algemeen goed, maar tussen de ketens valt nog winst te behalen. Vandaar dat de overheid een belangrijke rol heeft in de systeemintegratie in het kader van de energietransitie. Een praktisch voorbeeld van hoe de overheid kan coördineren in het realiseren van arbeids- en kostenbesparingen, is door bij infrastructurele werkzaamheden voor de energietransitie zoals het leggen van bekabeling, ook andere noodzakelijke taken, zoals funderingsversterking, te integreren. Door deze coördinatie kunnen niet alleen schaalvoordelen in de arbeidsinzet

worden gerealiseerd, maar het kan ook helpen bij het minimaliseren van de verstoring van de omgeving. De overheid kan hierbij als bemiddelaar optreden, dergelijke synergiën identificeren en samenwerkingsverbanden tussen betrokken partijen faciliteren.

6.3 Randvoorwaarden voor totstandkoming van innovaties

Naast innovatiebeleid is randvoorwaardelijk beleid van belang voor de totstandkoming van innovaties.

Onder randvoorwaardelijk beleid vallen instrumenten die de omstandigheden voor innovatie verbeteren zonder rechtstreeks in te grijpen. Denk daarbij aan rechtsorde, onderwijs, intellectuele-eigendomsrechten, infrastructuur, mededingingsbeleid, buitenlands economisch beleid en tegenwoordig ook netneutraliteit, privacyregels en beleid gericht op cyberveiligheid. Innovatiebeleid alleen is daarom niet genoeg. Het vergt gecoördineerde beleidsinspanningen om een economie te creëren die innovatie bevordert.

Het randvoorwaardelijk beleid voor de totstandkoming van innovaties is op dit moment niet optimaal.

Innovatie-ontwikkelaars ondervinden belemmeringen in de randvoorwaarden die de overheid schept voor de totstandkoming van innovaties. De meest genoemde belemmeringen voor het ontwikkelen en implementeren van innovaties zijn de wet- en regelgeving en de elektriciteitsinfrastructuur.

1. *Wet- en regelgeving*

Een belangrijke randvoorwaarde voor een innoverende economie is passende en flexibele wet- en regelgeving. De wet- en regelgeving heeft tot doel bepaalde publieke belangen te beschermen, zoals veiligheid, kwaliteit en toegankelijkheid. Innovaties brengen bestaande publieke belangen niet in twijfel, maar wel de manier waarop deze belangen worden gewaarborgd. Het kan zijn dat bestaande wet- en regelgeving overbodig wordt of aan effectiviteit verliest. Als deze niet worden aangepast, kunnen ze een obstakel vormen voor vernieuwing.

Het vinden van een balans tussen het bevorderen van innovaties en de borging van publieke belangen is een voortdurende uitdaging. Uit dit onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat langzame procedures en verouderde of gefragmenteerde wet- en regelgeving de ontwikkeling van duurzame (arbeidsbesparende) innovaties belemmeren. Er is daarom behoefte aan meer flexibiliteit in wet- en regelgeving. Hiervoor is het van belang dat wet- en regelgeving inhoudelijk gericht is op het bereiken van klimaatdoelen en het waarborgen van publieke belangen, in plaats van strikte voorschriften en procedures op te leggen. Dit benadrukt – in lijn met het transitiedenken – het belang van een langetermijnvisie en het vermogen om af te wijken van specifieke voorschriften.

2. *Elektriciteitsinfrastructuur*

Een andere belangrijke randvoorwaarde voor innovaties is een goede en toegankelijke elektriciteitsinfrastructuur. De huidige schaarste op het elektriciteitsnet zorgt ervoor dat partijen niet altijd direct kunnen aansluiten op het net als ze willen verduurzamen. Ook netbeheerders kampen met personeelskrapte waardoor projecten vertraagd worden omdat de aansluitingen niet op tijd kunnen worden gerealiseerd (naast woonwijken geldt dit ook voor windmolens en zonneweides) maar er ook risico's ontstaan op uitval van netten. Specifiek duurzame energiebronnen, zoals wind- of zonne-energie, zijn vaak geconcentreerd op afgelegen locaties waardoor het moeilijk kan zijn om de opgewekte energie efficiënt naar de vraagcentra te transporteren.

Oplossingen liggen in het prioriteren van de aansluiting van projecten op het elektriciteitsnetwerk die bijdragen aan het realiseren van de energietransitie, ofwel door arbeidsbesparende procesinnovaties, ofwel door productinnovaties. Ook kunnen netbeheerders, die ook kampen met problemen op het terrein van

personeelscapaciteit, kijken naar creatieve manieren om netverzwaring uit te kunnen voeren (meer met prefab of robots). Dit vergroot niet alleen de toegankelijkheid van het elektriciteitsnetwerk, maar helpt ook bij het realiseren van arbeidsbesparingen in de energietransitie.

Referenties

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and New Tasks: How Technology displaces and reinstates labor.
- Bolhuis, W. (2023). Beleidseconomen moeten weten wat transitiefalen is. ESB.
- CPB. (2016). Kansrijk innovatiebeleid. Den Haag: Centraal Planbureau.
- CPB (2024). Publieke projectfinanciering: wanneer en hoe? Den Haag: Centraal Planbureau
- Commissie evaluatiemethoden systeem- en transitiebeleid (2022). *Durf te leren, ga door met meten*. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.
- Ecorys. (2021). Klimaatbeleid en de arbeidsmarkt. Rotterdam: Ecorys.
- Heyma, A., Van Kesteren, J., Bakens, J., & Gerards, R. (2022). Arbeidsmarktkrapte technici. Amsterdam: SEO Economisch Onderzoek..
- ROA. (2023). De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 2028. Maastricht: ROA.
- Ter Weel, B. (2018). Nieuwe technologie transformeert de vraag naar arbeid. Amsterdam: ESB.
- Tinbergen, J. (1956). Economic policy: principles and design. Amsterdam: North-Holland.
- TNO. (2019). Verkenning werkgelegenheidseffecten van klimaatmaatregelen. Amsterdam: TNO.

Bijlage A Verdiepende informatie

Box A.1 Subsidieregelingen Topsector Energie

Missiegedreven Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie (MOOI)

De MOOI-subsidie richt zich op consortia die gezamenlijk werken aan innovaties ter bevordering van de energie- en klimaatdoelen, specifiek gericht op elektriciteit, gebouwen of industrie.

Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+)

De DEI+-subsidie biedt ondernemers de mogelijkheid om energiebesparing in productieprocessen te realiseren of technologieën voor CO₂-reductie te testen. Ondernemers die hun energieverbruik willen verminderen kunnen gebruikmaken van deze subsidie om hun ideeën te testen en te demonstreren.

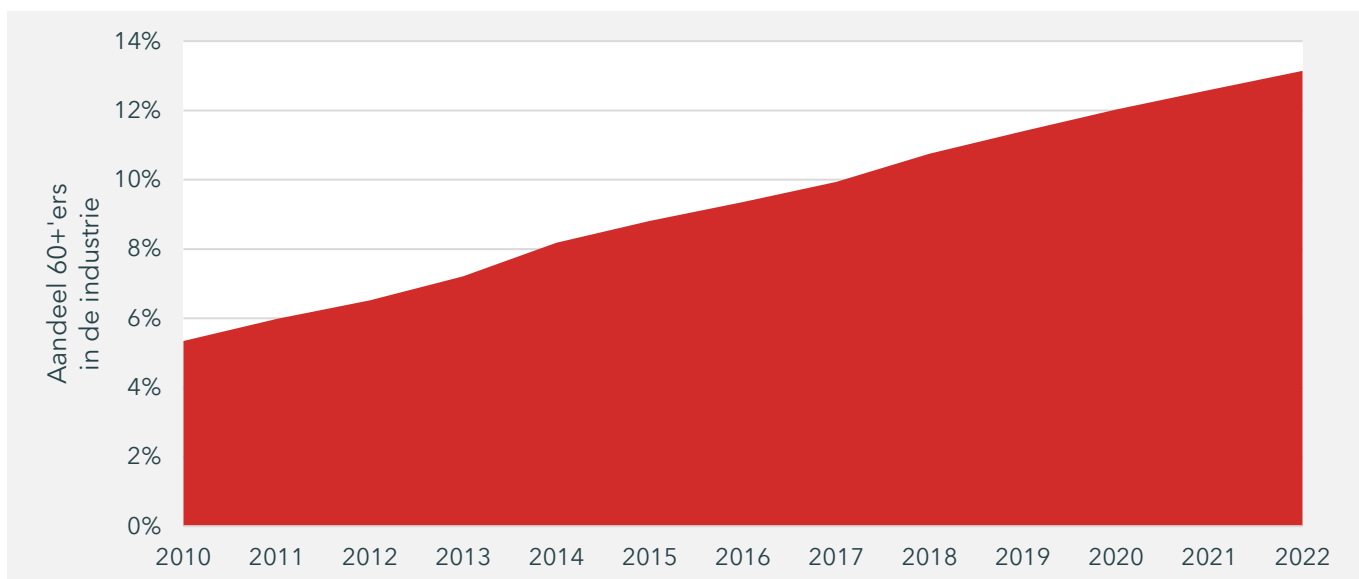
Hernieuwbare Energietransitie (HER)+

De HER+-subsidie is gericht op innovatieprojecten die de CO₂-uitstoot verminderen door het gebruik van hernieuwbare energiebronnen of door het toepassen van CO₂-besparende technieken. Belangrijk is dat de innovatie leidt tot CO₂-vermindering in 2030, waarmee wordt bijgedragen aan het behalen van klimaatdoelstellingen.

Versnelde klimaatinvesteringen industrie (VEKI)

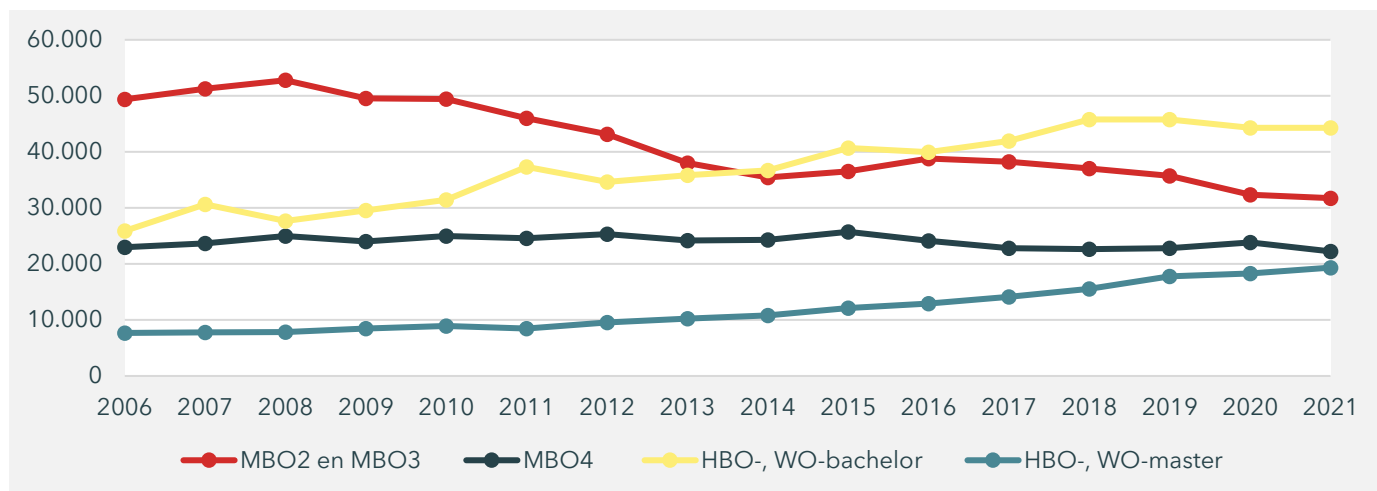
De VEKI-subsidie is bedoeld voor bedrijven in de industrie die bewezen effectieve CO₂-besparende maatregelen willen nemen. Ondernemers die deze maatregelen op eigen rekening en risico willen implementeren, maar aanlopen tegen hoge investeringskosten met een terugverdientijd van meer dan vijf jaar, kunnen gebruikmaken van de subsidie.

Figuur A.2 Het aandeel 60+'ers in de industrie is in de afgelopen jaren sterk gestegen, van 5 procent in 2010 naar 13 procent in 2022



Bron: CBS StatLine, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Figuur A.3 Aantal onderwijsinschrijvingen stijgt in hogere technische opleidingen en daalt in middelbare technische opleidingen



Bron: CBS Microdata, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

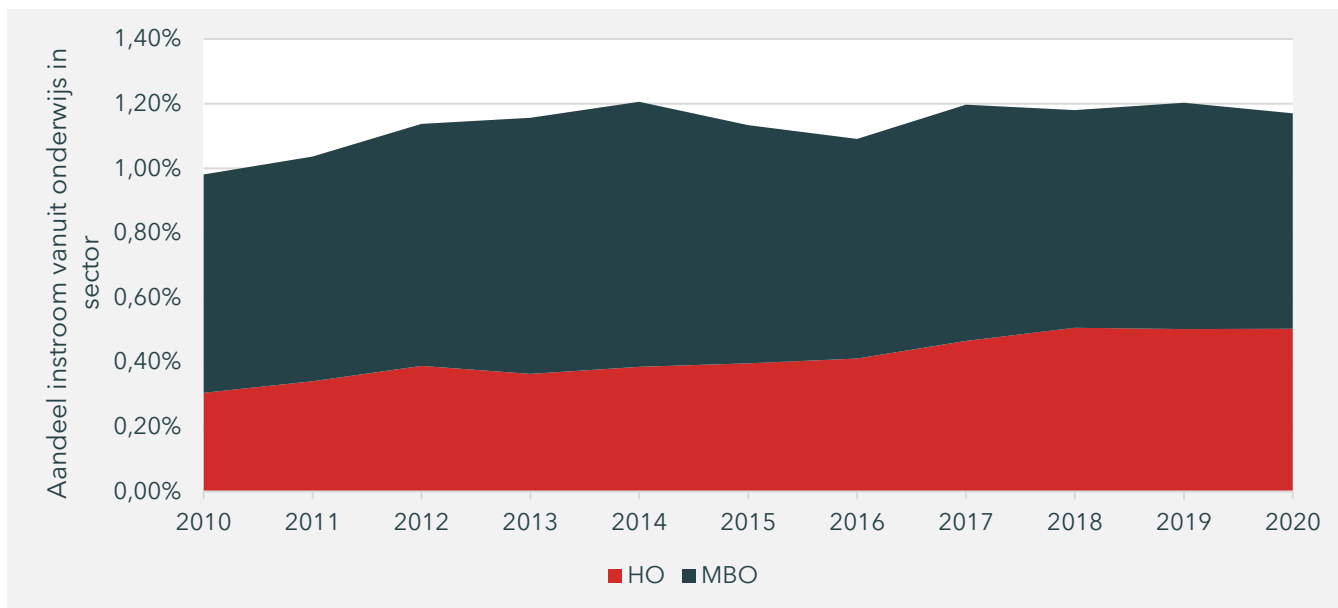
Noot: Voor de periode 2006-2021 zijn alle nieuwe inschrijvingen in technische opleidingen weergegeven. Het jaartal geeft het startjaar van de nieuwe inschrijving weer. Technische opleidingen zijn afgebakend conform het Techniekpact.

Tabel A.1 De meeste werknemers die overstappen naar de industrie, komen vanuit de sector Verhuur en overige zakelijke diensten

Sector	Aantal zij-instromers in 2021 (in fte)	Sector	Aantal zij-uitstromers in 2021 (in fte)
Verhuur en overige zakelijke diensten	19.681	Handel	10.812
Handel	9.713	Verhuur en overige zakelijke diensten	9.041
Specialistische zakelijke diensten	5.007	Specialistische zakelijke diensten	4.622
Bouwnijverheid	2.352	Bouwnijverheid	2.747
Vervoer en opslag	1.561	Openbaar bestuur en overheidsdiensten	2.114

Bron: CBS Microdata, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Figuur A.4 Instroom in Industrie vanuit het onderwijs is stabiel over de tijd



Bron: CBS Microdata, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Bijlage B Afbakening sector

SBI-code	Deelsector
19	Vervaardiging van cokesovenproducten en aardolieverwerking
20	Vervaardiging van chemische producten
21	Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen en producten
22	Vervaardiging van producten van rubber en kunststof
23	Vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten
24	Vervaardiging van metalen in primaire vorm
28	Vervaardiging van overige machines en apparaten

Bijlage C Overzicht arbeidsbesparende innovaties Industrie

Type innovatie	Omschrijving	Implementatie-jaar	Type innovatie	Innovatiethema
Ontwikkeling van expertsysteem membraantechnologie	Wereldwijd bruikbaar systeem voor industrieel relevante scheidingen met membraantechnologie	2024	Ontwikkeling nieuwe technologie	Warmte en koude
Circulaire koffiebranderij	Koffiebranderij die biogas gebruikt uit vergisting van koffiedik. Verwachte productiegroei van koffiedik creëert een surplus aan biogas voor andere toepassingen, zoals in het gasnet	2021	Geheel nieuw productieproces	Circulariteit
Duurzaam alternatief afvalbranding	Duurzaam alternatief voor afvalbranding en plaatmaterialen door omzet regionale reststromen in ECOR-materiaal	2015	Geheel nieuw productieproces	Circulariteit
Milieuvriendelijke staalfabriek	Oprichting van een milieuvriendelijke staalfabriek met focus op duurzaamheid en CO ₂ -reductie	2026	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces	Procesinnovatie
Energiebesparing bietverwerking	Implementatie van damprecompressie om CO ₂ te besparen bij suikerbietverwerking	2028	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Energie-efficiency
Circulaire visverpakkingen	Vervanging traditionele verpakkingsmaterialen voor circulaire PP-verpakkingen	2021	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Circulariteit
Reductie gasverbruik door warmteterugwinning	Vastlegging restwarmte fabriek en restwarmte effectief opnieuw gebruiken van restwarmte voor verwarming gebouwen.	2024	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Energie-efficiency
Duurzame zandverdeling	Upgrade van zandverdelingsinstallatie met efficiëntere ontwatering	2021	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Energie-efficiency

Energieoptimalisatie machine met minder verhitting	Overstap naar Ferlin-machines, waardoor grondstoffen slechts één keer verhit hoeven te worden en minder onderhoud.	2021	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Energie-efficiency
Waterzuivering met biogasproductie	Implementatie van anaerobe waterzuivering en UCT-proces voor CO ₂ -vermindering en biogasproductie	2027	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Procesinnovatie
Restwarmte koffiebranderij gebruiken voor koeling	Implementatie techniek voor thermo-akoestisch koelen met industriële restwarmte, waarmee restwarmte efficiënter kan worden omgezet in koude en gebruikt kan worden voor verwarming.	2020	Geheel nieuw productieproces	Energie-efficiency
Circulair textiel	Postconsumermateriaal uit lokale afvalbergen hoogwaardig upcyclen voor de lokale productie van kleding en andere textiele eindproducten	2022	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Circulariteit
Schaalvergroting duurzame koffieproductie	Opschaling van technologie die productie van instantkoffie maakt met een aanzienlijke vermindering van de CO ₂ -voetafdruk. De technologie maakt instantkoffie met minder machine, koffiebonen en verpakkingsmateriaal, en gebruikt de restwarmte weer in de verwerking van nieuwe instantkoffie.	2025	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Energie-efficiency
Productie van melkzuur met minder gips en zwavelzuur en kalk als bijproduct	De productie van melkzuur heeft als bijproduct gips en grote hoeveelheden zwavelzuur en kalk. De alternatieve productiemethode heeft geen gips als bijproduct en verlaagt de CO ₂ -footprint in de hele supply chain, door gebruik te maken van alternatieve suikers, groene elektriciteit en waterstof/biogas	2030	Geheel nieuw productieproces, verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Procesinnovatie
Duurzame havermelkproductie	Geëlektrificeerd energiesysteem voor havermelkproductie, zonder gebruik van aardgas voor warmte- en koudeproductie	2023	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een	Energie-efficiency

			bestaande technologie	
Verduurzaming van energie- en voedselproductie	Modulair, circulair systeem voor de productie van groene waterstof, duurzaam vervaardigde kunstmest, flexibiliteitsdiensten voor het elektriciteitsnetwerk, circulair bodemmanagement en stikstofreductie in de bodem.	2026	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces	Procesinnovatie
Productie van bio-based alternatieven voor polyacrylaten	Elektrochemisch geproduceerde bio-based alternatieven voor polyacrylaten, die leiden tot minder CO ₂ -uitstoot en afvalproductie.	2033	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Circulariteit
Productie van bio-based chemicaliën en biofuels uit levulinezuur	Versnellen van de adoptie van bio-based levulinezuur op de markt	2030	Geheel nieuw productieproces	Duurzame energieopwekking
Groene formalineproductie	Vaststellen van voorwaarden waarbij grootschalige afvang van CO ₂ en conversie naar groene formaline aantrekkelijk wordt voor industriële spelers of consortia.	2027	Ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	CO ₂ -afvang en hergebruik
Energie-efficiëntie bij gieterij	Stroomverbruik van gieterij verminderen	2021	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces	Energie-efficiency
Ontwikkeling droger voor bierbrouwers	Droogtechnologie voor bierbrouwers	2024	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces	Energie-efficiency
Recycling afgedankte bollennetten	Recycling afgedankte bollennetten om een gesloten kringloop te creëren	2023	Geheel nieuw productieproces	Circulariteit
Productie hoogwaardige kunststofkorrels	Afgedankte bollennetten omzetten in hoogwaardige kunststofkorrels voor hergebruik	2027	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Circulariteit
Ontwikkeling van Iron Fuel Technology van TRL 5 naar TRL 7	Ontwerpen, realiseren en valideren van een TRL 7 iron fuel boiler systeem en een iron fuel productiesysteem	2026	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Warmte en koude



“De wetenschap dat het goed is.”

SEO Economisch Onderzoek doet onafhankelijk toegepast onderzoek in opdracht van overheid en bedrijfsleven. Ons onderzoek helpt onze opdrachtgevers bij het nemen van beslissingen. SEO Economisch Onderzoek is gelieerd aan de Universiteit van Amsterdam. Dat geeft ons zicht op de nieuwste wetenschappelijke methoden. We hebben geen winstoogmerk en investeren continu in het intellectueel kapitaal van de medewerkers via promotietrajecten, het uitbrengen van wetenschappelijke publicaties, kennisnetwerken en congresbezoek.

SEO-rapport 2024-46

ISBN 978-90-5220-399-7

Informatie & Disclaimer

SEO Economisch Onderzoek heeft op de verkregen informatie en data geen onderzoek uitgevoerd dat het karakter draagt van een accountantscontrole of due diligence. SEO is niet verantwoordelijk voor fouten of omissies in de verkregen informatie en data.

Copyright © 2024 SEO Amsterdam.

Alle rechten voorbehouden. Het is geoorloofd gegevens uit dit rapport te gebruiken in artikelen, onderzoeken en collegesyllabi, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld. Gegevens uit dit rapport mogen niet voor commerciële doeleinden gebruikt worden zonder voorafgaande toestemming van de auteur(s). Toestemming kan worden verkregen via secretariaat@seo.nl.

Roetersstraat 29
1018 WB Amsterdam

+31 20 399 1255
secretariaat@seo.nl
www.seo.nl