

ARBEIDSBESPARENDE INNOVATIES IN DE GEBOUWDE OMGEVING

ONDERZOEK NAAR DE GEVOLGEN VAN INNOVATIES OP DE
ARBEIDSVRAAG IN DE GEBOUWDE OMGEVING

SECTORRAPPORT GEBOUWDE OMGEVING

seo • economisch onderzoek

AUTEURS

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

IN OPDRACHT VAN

TOPSECTOR ENERGIE

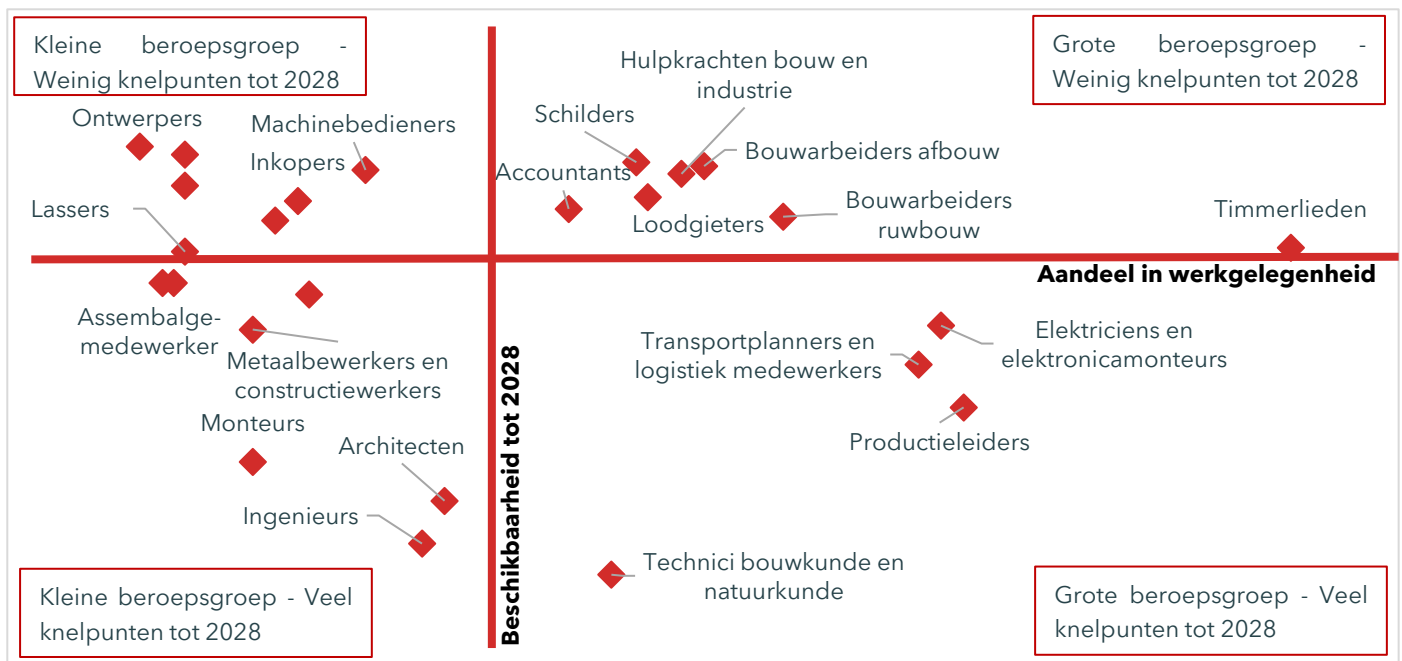
AMSTERDAM, APRILI 2024

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 op dit moment 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 tot 2030 rond de 5 duizend extra banen in de Gebouwde omgeving en 14 duizend voor geothermie en warmtenetten nodig zijn. 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 in de Gebouwde omgeving zijn tot 2028 te verwachten bij technici, productieleders, transportplanners en elektriciens. 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 in de personeelsvoorziening zijn te verwachten bij productieleders, technici bouw, elektriciens en transportplanners



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, 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, op basis van een raming van de ontwikkeling in arbeidsvraag naar, en arbeidsaanbod binnen, de beroepsgroep.

Arbeidsbesparende innovaties bieden een oplossing voor arbeidsmarktkrapte in de Gebouwde omgeving.

Deze innovaties nemen werk(taken) van mensen uit handen, of zorgen voor een slimmere organisatie van werk rondom de beschikbare menskracht. Het gaat hier doorgaans over vormen van robotisering, automatisering en digitalisering. Een voorbeeld van een arbeidsbesparende technologie is de introductie van de *slimme meter* waardoor minder handmatige meteropnames 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 onderdelen van de Gebouwde omgeving kan dit uitkomst bieden, zoals bij (af)bouwwerkzaamheden als metselen, stuken, schilderen, monteren en installeren.

Doel en aanpak

De Topsector Energie (TSE) wil investeren in innovaties om arbeidsbesparing te bevorderen. 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 meer 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.

TSE heeft SEO Economisch Onderzoek (SEO) 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 Gebouwde omgeving. 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 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 innovatie-ontwikkelaars de enquête volledig ingevuld (responspercentage van 25 procent), waarvan 54 innovatie-ontwikkelaars zich richten op de Gebouwde omgeving. Tot slot is een enquête uitgezet onder 1.941 werkgevers die actief zijn in de Gebouwde omgeving. 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 63 werkgevers de enquête volledig ingevuld (3 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 28 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 naar eigen zeggen verhogen (31 procent) of weinig impact hebben op de arbeidsvraag (31 procent). Een logische verklaring is dat de productie van nieuwe duurzame productieprocessen een intensievere arbeidsinzet vereist dan traditionele, minder duurzame productie. Vrijwel alle gesubsidieerde innovaties verwachten vóór 2030 tot implementatie te komen. Na implementatie verwachten innovatieprojecten een groter beroep te moeten doen op beroepsgroepen als engineers en installateurs, waar nu al veel vraag naar is en waarbij de knelpunten naar verwachting groot blijven.

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, waaronder verantwoordelijkheidsgevoel, veiligheids- en duurzaamheidsbewustzijn.. 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 nieuwe technologieën, techniek en datavaardigheden. Daarentegen neemt het belang van probleemoplossend vermogen af doordat nieuwe technologieën steeds beter in staat zijn zelf problemen te detecteren en op te lossen. Daarmee vormen innovaties een oplossing voor het bestaande tekort aan probleemoplossend vermogen. Tegelijkertijd doen innovaties een groter beroep op skills die nu al schaars zijn, bijvoorbeeld als het gaat om technische kennis en verantwoordelijkheidsgevoel.

Kansen zijn er wel degelijk. Een toename van de arbeidsproductiviteit draagt bij aan het verminderen van de benodigde arbeidsinzet in de Gebouwde omgeving. Als de productiviteit van bestaande werknemers met 4 procent wordt verhoogd, dan zijn de benodigde 19 duizend extra banen voor de Gebouwde omgeving (inclusief geothermie en warmtenetten) 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. Het vervangen van alle routinematige taken door technologie zou op z'n minst 162 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 Gebouwde omgeving gaat het om iets minder dan de helft van de ge-enquêteerde 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 *spill-overs* 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 subsidie. 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, er vermoedelijk voor 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 in de Gebouwde omgeving 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
	1.1	Onderzoeksaanpak	2
	1.2	Leeswijzer	3
2	Arbeidsvraag in de energietransitie	5	
	2.1	Arbeidsmarktkrapte in de Gebouwde omgeving	5
	2.2	Arbeidsmarktkrapte in beroepen	8
	2.3	Arbeidsbesparend potentieel van productiviteitsgroei	10
	2.4	Technologische ontwikkelingen	13
	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	32
6	Mogelijkheden voor innovatiebeleid	35	
	6.1	De rol van de overheid bij innovaties	35
	6.2	Handelingsperspectieven voor innovatiebeleid	36
	6.3	Randvoorwaarden voor totstandkoming van innovaties	38
Referenties		39	
Bijlage A	Verdiepende informatie	40	
Bijlage B	Afbakening sector	43	
Bijlage C	Overzicht arbeidsbesparende innovaties Gebouwde omgeving	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 Gebouwde omgeving.

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: burgers en bedrijven wekken hun eigen elektriciteit op met zonnepanelen en investeren in warmtepompen. 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-, wege- 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 Specifiek in de Gebouwde omgeving gaat het om 5 duizend banen en voor geothermie en warmtenetten om zo'n 14 duizend extra banen.

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 en digitalisering. Een voorbeeld van een arbeidsbesparende innovatie in de Gebouwde omgeving is de introductie van de slimme meters die gegevens over het elektriciteitsverbruik automatisch verzenden, waardoor de noodzaak van handmatige meteruitlezing verdwijnt en arbeidsuren worden bespaard.

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 Gebouwde omgeving (zie Bijlage B voor een afbakening). De Gebouwde omgeving bevat de waardeketen van de bouw: van de vervaardiging van bouwmaterialen en -producten, de verkoop van bouwmaterialen via groothandels en winkels, werkzaamheden van architecten, de bouwwerkzaamheden zelf tot de verhuur van gebouwen.

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).

1.1 Onderzoeksaanpak

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen hebben we eerst de 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, innovatie-ontwikkelaars 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 innovatie-ontwikkelaars 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 innovatie-ontwikkelaars aangeschreven. Van deze groep hebben 327 innovatie-ontwikkelaars de enquête ingevuld (responspercentage 25 procent), waarvan 54 innovatie-ontwikkelaars zich specifiek richten op de Gebouwde omgeving. 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 9.016 werkgevers actief in de Gebouwde omgeving, zoals afgebakend in dit onderzoek. Van deze groep hebben we een willekeurige steekproef van 1.941 werkgevers benaderd per post, waarvan uiteindelijk 63 werkgevers de enquête hebben ingevuld (responspercentage van 3 procent). Het veldwerk vond plaats tussen november 2023 en februari 2024.³ De enquête biedt inzicht in welke mate werkgevers in de Gebouwde omgeving, 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.

1.2 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 Gebouwde omgeving. 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 arbeidsbesparende innovaties. 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 Arbeidsvraag in de energietransitie

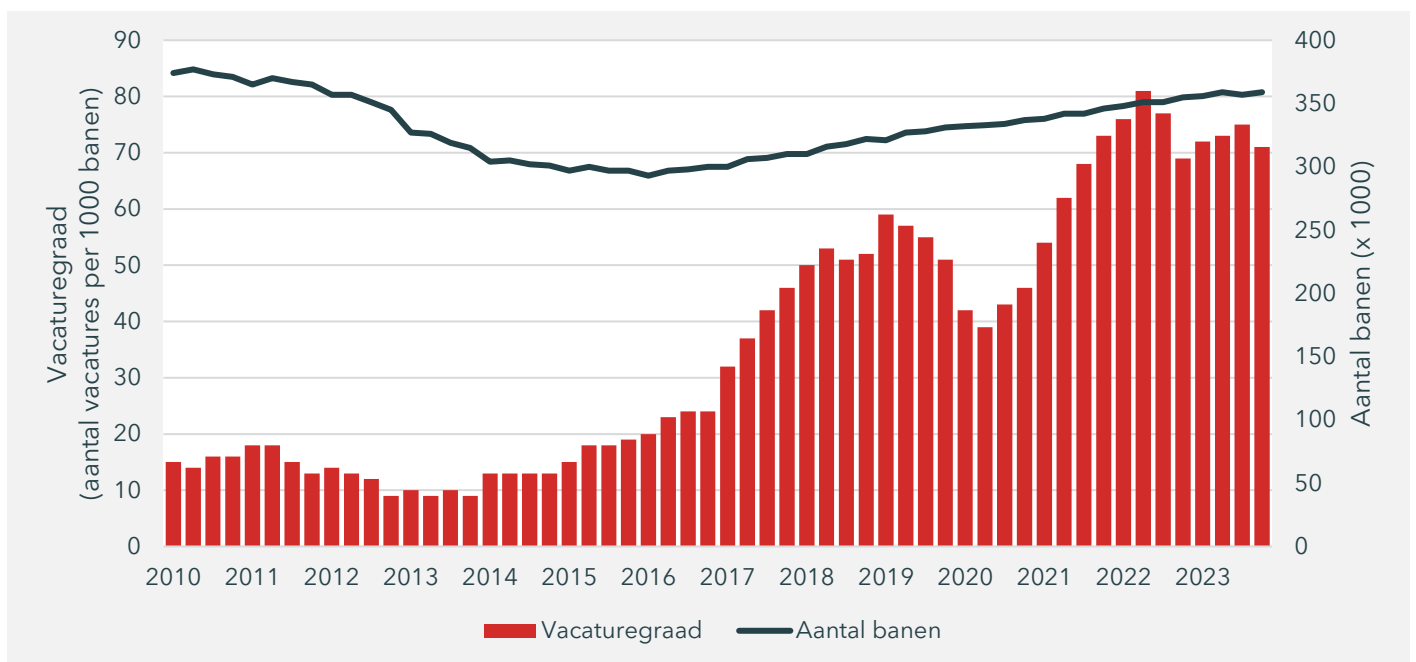
Mede door de energietransitie blijft de komende jaren de krapte in delen van de Gebouwde omgeving groot. Qua beroepen is er met name aandacht nodig voor krapte onder productieleiders, (elektronica)monteurs, transportplanners en logistiek medewerkers.

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

2.1 Arbeidsmarktkrapte in de Gebouwde omgeving

Er is sprake van arbeidsmarktkrapte in de bouwsector. Dat houdt in dat het arbeidsaanbod moeite heeft om aan de vraag te voldoen, wat zich onder meer uit in een hoog aantal openstaande vacatures. Figuur 2.1 laat zien dat het aantal vacatures per 1000 banen (de vacaturegraad) is toegenomen van zo'n 14 vacatures in 2010 tot 71 vacatures in 2023, wat meer dan een verviervoudiging 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 Gebouwde omgeving is de afgelopen jaren toegenomen tot zo'n 300 duizend. De laatste jaren zien we wel een afvlakking van de vacaturegraad, al hoewel het niveau historisch gezien nog steeds relatief hoog is.

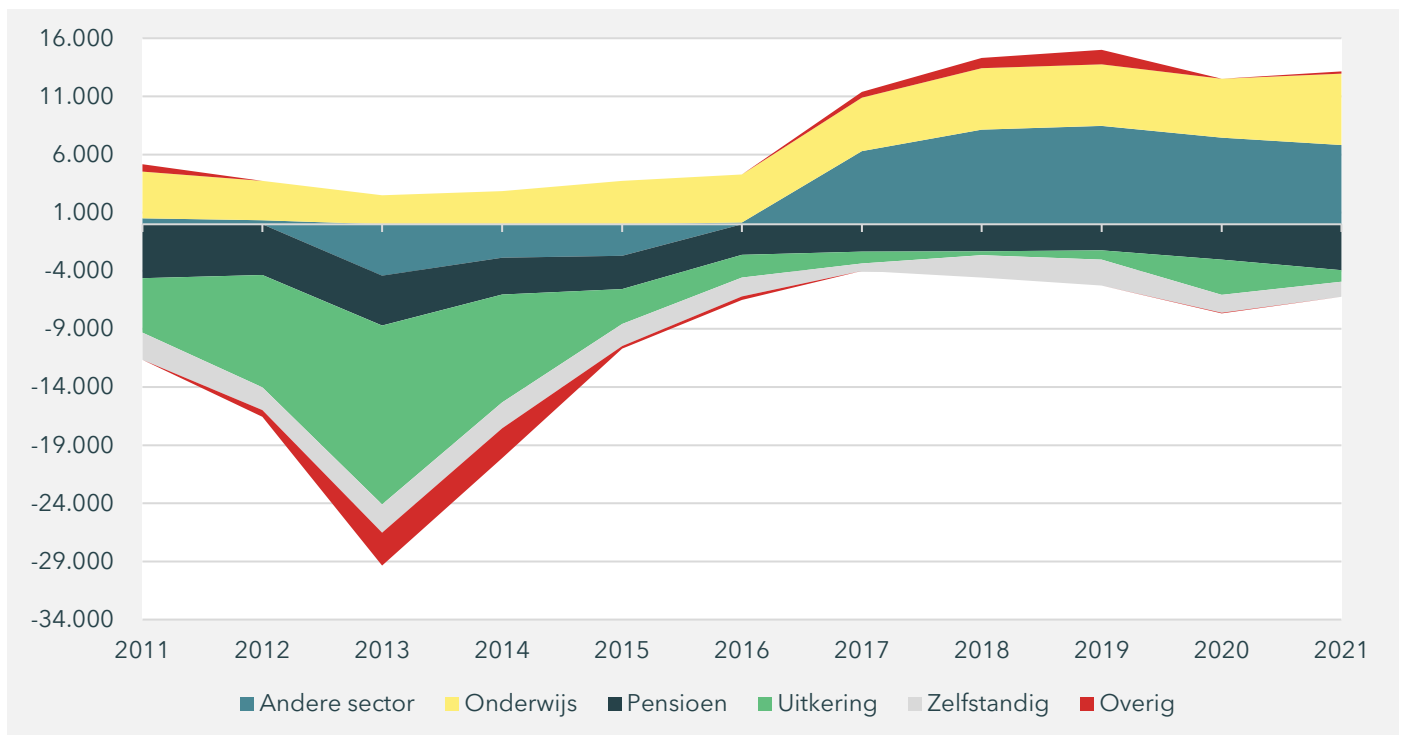
Figuur 2.1 De vacaturegraad en het aantal banen in de bouw is vanaf 2015 sterk gestegen, met een korte onderbreking in 2020 wegens de coronapandemie.



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

De arbeidsmarktkrachte in de Gebouwde omgeving ontstaat aan de vraagkant doordat werkgevers behoefte hebben aan vervanging voor vertrekkend personeel. Figuur 2.2 laat zien dat de bouwsector hard geraakt is door de financiële crisis. Hierdoor hebben in de periode 2011-2015 veel werknemers de sector verlaten. Velen van hen kwamen terecht in een uitkering, verruilden de bouw voor een andere sector of gingen met pensioen. In de economische voorspoed van de recente jaren is de vraag naar vakkrachten in de bouw weer toegenomen. Dit resulteert in een positieve netto instroom: er komen meer werknemers de sector binnen dan dat er uitstromen. Toch is er ook een substantieel deel van de werknemers dat de sector verlaat vanwege pensionering, uitstroom naar uitkeringen en zelfstandig ondernemerschap. Voor deze werknemers moeten werkgevers over het algemeen vervanging vinden. Ook in de komende jaren is de verwachting dat de vervangingsvraag toeneemt. De bouw bestaat voor een steeds groter deel uit oudere werknemers. Het aandeel 60-plussers in de sector is toegenomen van ongeveer 4 procent in 2010 tot 10 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 Vanwege de financiële crisis vond er in 2013 veel uitstroom plaats uit de bouwsector, met name naar uitkeringen. Vanaf 2017 is de netto-instroom weer positief, met veel instroom vanuit andere sectoren en het onderwijs



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

De bouwsector heeft tevens te maken met een uitbreidingsvraag naar personeel in het kader van de energietransitie. Zo zullen bouwbedrijven de komende jaren veel woningen en gebouwen beter moeten isoleren, en huishoudens moeten ondersteunen bij de transitie van gas naar duurzame warmte- en energiebronnen. Verschillende kennisorganisaties hebben een beeld proberen te schetsen van de omvang van deze uitbreidingsvraag. TNO (2019) schat in dat er rond de 5 duizend voltijdsequivalenten nodig zijn aan extra werkgelegenheid tot en met 2030 om de energietransitie te volbrengen. Als ook geothermie en warmtenetten mee

worden genomen, dan komen daar nog eens 14 duizend banen bij. Ecorys (2021) raamt ongeveer 7 duizend extra banen binnen de Gebouwde omgeving als gevolg van het klimaatakkoord. Een recente prognose van ROA (2023) verwacht tot 2028 ongeveer 4 duizend extra banen als gevolg van uitbreidingsvraag in de bouwnijverheid. Daarbij past wel de kanttekening dat door klimaatbeleid ook banen verloren gaan in de Gebouwde omgeving. Denk hierbij aan producenten, distributeurs of installateurs van niet-duurzame bouwmaterialen of bouwmachines, zoals tropisch hardhout, traditioneel beton en dieselgeneratoren. Het gaat hier dus niet om netto, maar om bruto baancreatie als gevolg van de uitbreidingsvraag. Echter wijzen de ramingen van ROA (2023) erop dat ook netto de uitbreidingsvraag toeneemt, met ongeveer 4 duizend banen voor de gehele bouwnijverheid.⁴

De arbeidsmarktkrachte 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 bouwsector niet is meegegroeid met de toegenomen vraag. In de afgelopen tien jaar is het aanbod vanuit opleidingen slechts licht gestegen, terwijl de vraag naar vakkrachten in de bouw 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 tijdens de financiële crisis zijn veel werknemers uit de bouw in een uitkering beland. De laatste jaren is de uitstroom flink afgenomen, met een tijdelijke verhoogde uitstroom naar uitkeringen in 2020 vanwege de coronapandemie.

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 Gebouwde omgeving 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, industrie en onderwijs (zie Tabel A.1). Werkgevers kunnen zij-instromers via om- en bijscholing klaarstomen voor een baan in de bouw. Op diverse plekken wordt al hard gewerkt om moeilijke vervulbare vacatures in de energietransitie te voorkomen, waardoor een groeiend aantal mensen werk vindt in banen die onderdeel zijn van de energietransitie.⁵

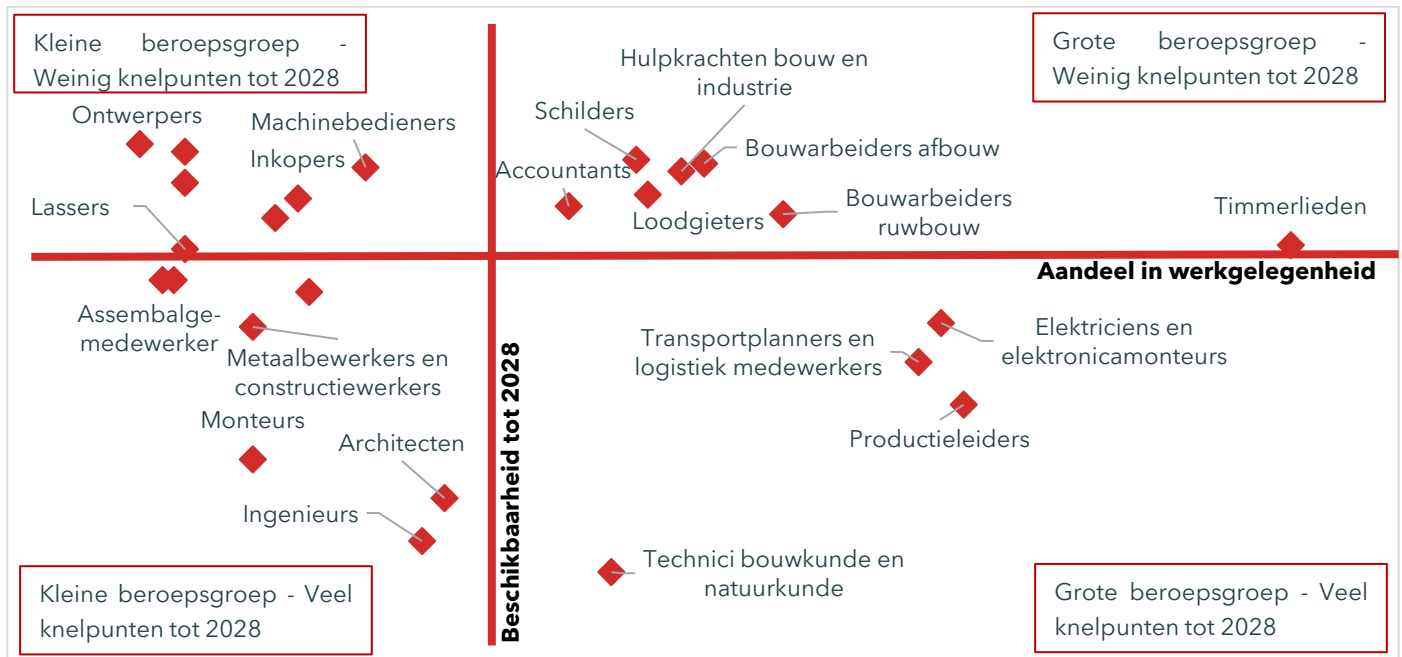
⁴ De Bouwnijverheid overlapt grotendeels de Gebouwde omgeving (zie Bijlage B voor de afbakening). De gebouwde omgeving kent een iets bredere afbakening doordat ze ook groothandels en architecten bevat, die niet vallen onder de Bouwnijverheid.

⁵ Zie bijvoorbeeld het rapport van de SER (2018) 'Energietransitie en de werkgelegenheid'.

2.2 Arbeidsmarktkrapte in beroepen

Het arbeidsaanbod concentreert zich qua beroepen momenteel vooral bij timmerlieden, productieiders en elektriciens en elektronicamonteurs. Dit zijn ook beroepen waar relatief veel vacatures voor openstaan: voor timmerlieden en productieiders staan zo'n 4 duizend vacatures open (december 2023) en voor elektriciens en elektronicamonteurs ruim 8 duizend (zie Tabel 2.1). Deze vacatures bevinden zich niet alleen in de Gebouwde omgeving, maar ook in andere sectoren, die met elkaar concurreren om deze vakkrachten.

Figuur 2.3 De grootste knelpunten zijn te verwachten bij technici en productieiders



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: elektronicamonteurs en (overige) monteurs. Samen hebben monteurs een bovengemiddeld aandeel in de werkgelegenheid.

Er is in de periode 2023-2028 vooral aandacht nodig voor krapte onder ingenieurs, technici, productieiders 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 is tot 2028 beter in balans voor andere beroepen, zoals voor machinebedieners, hulpkrachten in de bouw en industrie, accountants en inkopers. 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. In het kennisdossier

'veranderende rollen in de gebouwde omgeving door de energietransitie' worden bijvoorbeeld energiemakelaars, warmteservice-providers en congestiemanagers genoemd als potentiële nieuwe beroepen.

Tabel 2.1 De grootste beroepsgroepen zijn timmerlieden, productieleiders en elektriciens

Beroepsgroep	Werkgelegenheid (personen)	Werkgelegenheid (fte)	% werkgelegenheid (fte)	Aantal vacatures NL	Knelpunt 2023- 2028 NL
Timmerlieden	98.840	94.592	10%	3.652	Enige
Productieleiders	69.332	67.698	8%	3.681	Groot
Elektriciens en elektronica-monteurs	69.741	66.207	7%	8.334	Groot
Transportplanners en logistiek medewerkers	68.630	64.094	7%	712	Groot
Bouwarbeiders ruwbouw	57.297	53.221	6%	1.610	Vrijwel geen
Bouwarbeiders afbouw	50.355	47.619	5%	3.531	vrijwel geen
Loodgieters	44.162	42.199	5%	5.044	Vrijwel geen
Schilders en metaalspuiters	47.119	41.363	5%	2.444	geen
Technici bouw	41.804	39.720	4%	6.020	Groot
Accountants	47.219	36.213	4%	3.782	Vrijwel geen
Architecten	28.893	26.448	3%	907	Groot
Ingenieurs / engineers	25.652	24.561	3%	11.380	Groot
Bedieners machines en apparaten	20.742	19.923	2%	12.174	Vrijwel geen
Administratief medewerkers	22.438	15.616	2%	3.435	Enige
Inkopers	15.535	14.798	2%	1.185	Vrijwel geen
Software- en applicatieontwikkelaars	13.093	12.738	1%	9.146	Vrijwel geen
Monteurs	12.169	11.147	1%	15.325	Groot
Metaalbewerkers en constructiewerkers	11.172	10.812	1%	3.805	Groot
Hulpkrachten bouw en industrie	8.451	5.520	1%	7.337	Vrijwel geen
Chauffeurs	6.095	5.716	1%	16.275	Geen
Lassers en plaatwerkers	5.947	5.713	1%	2.252	Enige
Databank- en netwerkspecialisten	6.006	5.561	1%	4.285	Vrijwel geen
Assemblagemedewerkers	4.750	4.573	1%	2.070	Enige

Bron: Enquête Beroepsbevolking, UWV en ROA, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)⁶

⁶ Gegevens over de werkgelegenheid in de Gebouwde omgeving zijn afkomstig uit de EBB 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 Gebouwde omgeving. De werkgelegenheid in voltijdequivalenten (fte) is

2.3 Arbeidsbesparend potentieel van productiviteitsgroei

Groei van de arbeidsproductiviteit kan uitkomst bieden voor het bij de arbeidsvraag achterblijvende arbeidsaanbod in de Gebouwde omgeving. 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 arbeidskrachten uitvoeren. 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.

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.

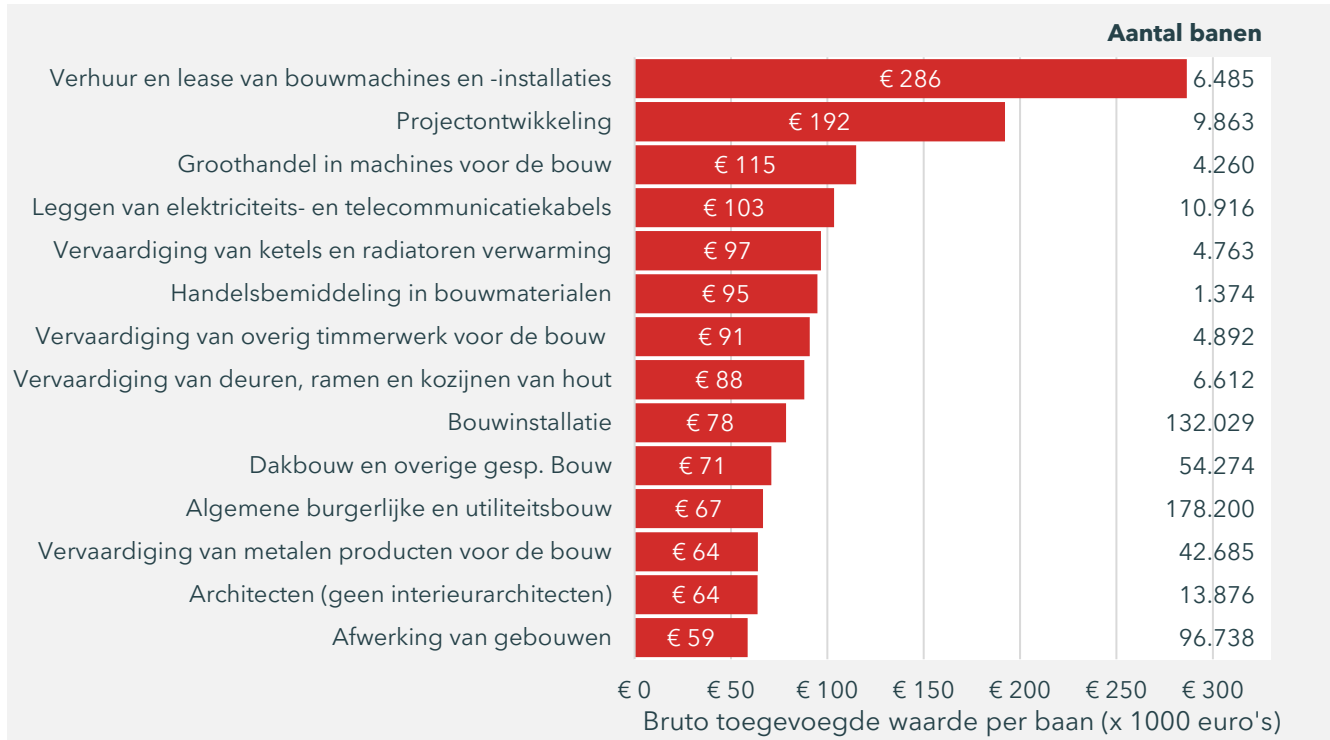
Hoewel deze maatstaf inzicht kan bieden in de efficiëntie van arbeid binnen een specifieke sector, heeft die ook enkele beperkingen bij het vergelijken tussen sectoren en over de tijd. Een eerste beperking is dat alleen de economische toegevoegde waarde wordt meegenomen in de maatstaf, terwijl er ook toegevoegde waarde op andere terreinen kan zijn, zoals bijdragen aan het terugdringen van klimaatverandering, milieubescherming, veiligheid, gezondheid en educatie. Het concept arbeidsproductiviteit is mogelijk anders als naar de totale toegevoegde waarde per baan wordt gekeken. Een tweede beperking is dat productieprocessen en -eisen tussen sectoren verschillen. Sommige sectoren zijn meer kapitaalintensief (zoals verhuur van onroerend goed), terwijl andere intrinsiek meer afhankelijk zijn van arbeid (zoals afbouw en architectuur). Hierdoor wordt de gebruikte maatstaf voor arbeidsproductiviteit ook vaak gebruikt als maatstaf voor de arbeidsintensiviteit van een sector. Een andere beperking is dat, wanneer 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 arbeidsproductiviteit in reële termen uit te drukken. Dit houdt in dat in een vergelijking van de arbeidsproductiviteit over de tijd wordt gecorrigeerd voor inflatie, waardoor een algemene daling of stijging in marktprijzen beperkte invloed heeft op de ontwikkeling in arbeidsproductiviteit.

Niet alle onderdelen van de Gebouwde omgeving 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 arbeidsproductiviteit het laagst ligt bij de afwerking van gebouwen (waaronder stuken, schilderen, monteren en installeren), gevolgd door het vervaardigen van metalen producten voor de bouw (zoals metaalcoating, metaalassemblage en metaalbewerking voor deuren, ramen, trappen en daken). Daarentegen ligt de arbeidsproductiviteit relatief hoog bij de verhuur en lease van bouwmachines- en installaties, projectontwikkeling en de groothandel voor machines voor de bouw. 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 vervuiling, uitstoot van broeikasgassen en het woonplezier dat mensen ervaren in gerenoveerde woningen. Naast dat de werkzaamheden voor de energietransitie economische toegevoegde waarde opleveren, is het ook belangrijk om

berekend door de deeltijdfactor voor iedere werkende in de Gebouwde omgeving te sommeren. 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).

te vermelden dat ze bijdragen aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen die op Europees niveau zijn vastgesteld.

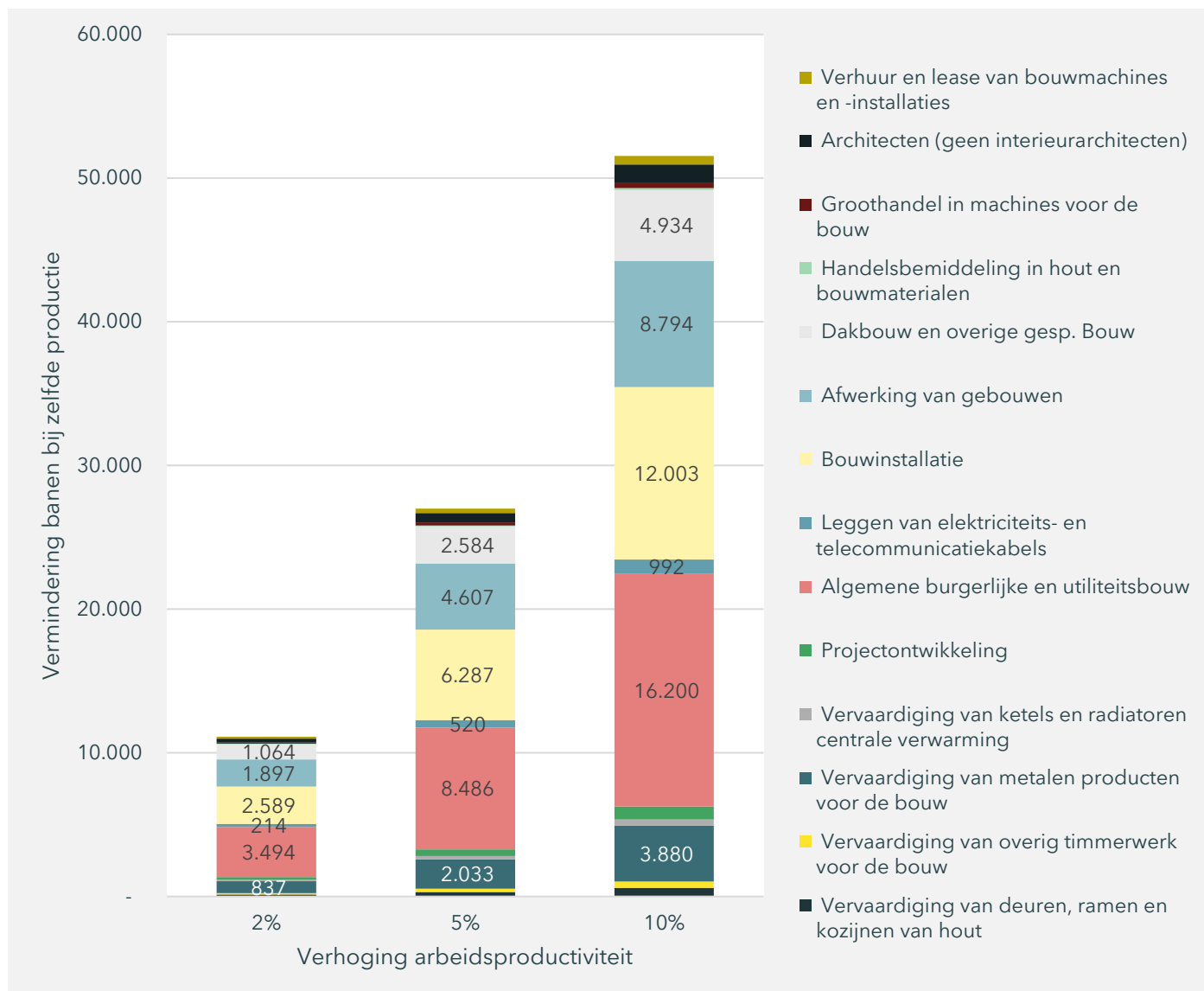
Figuur 2.4 De arbeidsproductiviteit verschilt per sector en type werkzaamheden



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

Een toename van de arbeidsproductiviteit draagt bij aan het verminderen van de benodigde arbeidsinzet in de Gebouwde omgeving. Eerder hebben we gezien dat door de energietransitie de vraag naar personeel in de Gebouwde omgeving 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 4 procent wordt verhoogd, dan komt er voldoende extra productiecapaciteit vrij voor de benodigde 19 duizend extra banen voor de Gebouwde omgeving én geothermie en waternetten. Met de beperkte groei in productiviteit van de afgelopen jaren is het een uitdaging om vóór 2030 een productiviteitsgroei van 4 procent te realiseren. Zo was de jaarlijkse groei in productiviteit in de Bouwnijverheid tussen 2008-2021 gemiddeld 0,7 procent. Een lagere groei gaat nog steeds gepaard met besparingen, maar wel in mindere mate. Bij een groei van 2 procent gaat het bijvoorbeeld om ongeveer 10 duizend banen. 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, zijnstroom en matching om de extra productiecapaciteit te kunnen benutten voor de energietransitie.

Figuur 2.5 Een 10 procent hogere arbeidsproductiviteit in de Gebouwde omgeving levert een besparing van zo'n 50 duizend banen op



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

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 arbeidsmarktcrisis binnen de energietransitie.

Een opvallende ontwikkeling binnen de Gebouwde omgeving is de groeiende populariteit van prefabricage. Prefabricage is een bouwtechniek waarbij bouwcomponenten off-site worden geproduceerd en vervolgens op de bouwplaats worden geassembleerd. De bouwelementen kunnen variëren van muren, vloeren en daken tot complete kamers of zelfs hele gebouwen. Prefabricage leidt tot verhoogde efficiëntie en tijdsbesparing, doordat de werkzaamheden op de bouwplaats enorm afnemen. Bovendien verloopt bouwen in de fabriek volgens een standaardproces en is daardoor efficiënter, bijvoorbeeld omdat er robots worden toegepast in de productie van prefab-elementen.

Een andere belangrijke ontwikkeling binnen de Gebouwde omgeving is de opkomst van 3D-printen. 3D-printers maken het mogelijk om bouwonderdelen en structuren te printen. Het grote voordeel van 3D-geprinte bouwonderdelen is hun aanpasbaarheid aan de specifieke eisen van een project, wat resulteert in perfect passende onderdelen en verkorte bouw tijden. Daarnaast kunnen met 3D-printers complexe geometrische vormen worden gemaakt, die met traditionele bouwmethoden niet gerealiseerd kunnen worden. 3D-printen wordt bijvoorbeeld ingezet in de Gebouwde omgeving voor het maken van prototypen, kleine bouwelementen (zoals geveldetails) en voor bouwmodules in offsite-fabrieken. Omdat het bouwen van een module, onderdeel of interieurdecoratie-element met een 3D-printer vrijwel automatisch verloopt, is er beperkt handmatige arbeid nodig.

Ook technologieën als Virtual Reality (VR) en Augmented Reality (AR) worden steeds vaker toegepast. VR is een computertechnologie die gebruikers in staat stelt om zich te wanen in een gesimuleerde, digitale omgeving. Door middel van een VR-bril kunnen ze in deze omgeving rondkijken, bewegen en interactie hebben met objecten en personages alsof ze fysiek aanwezig zijn op die locatie. In tegenstelling tot VR voegt AR digitale elementen toe aan de echte wereld. AR wordt momenteel al in delen van de Gebouwde omgeving toegepast. Zo wordt de technologie bijvoorbeeld gebruikt om 3D-bouwplannen op de bouwplaats te projecteren. Hierdoor krijgen werknemers in de bouw een realistisch beeld van het toekomstige gebouw voordat de bouw begint. Dit helpt hen om potentiële problemen vroegtijdig op te sporen en op te lossen, waardoor ze efficiënter kunnen werken en kostbare fouten voorkomen kunnen worden.⁷

Tot slot valt het toenemende gebruik van Internet of Things op. IoT draait om het gebruik van met internet verbonden apparaten en sensoren. 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 voorbeeld uit de Gebouwde omgeving is de introductie van de slimme meter waardoor minder handmatige meteropnames nodig zijn, maar wel nieuwe werktaken op het terrein van data-analyse ontstaan.

⁷ Zie bijvoorbeeld ook: [De toepassing van AR op de bouw: 'hoe digitaal, hoe beter!' | Dura Vermeer](#)

2.5 Technologische ontwikkelingen en werktaken

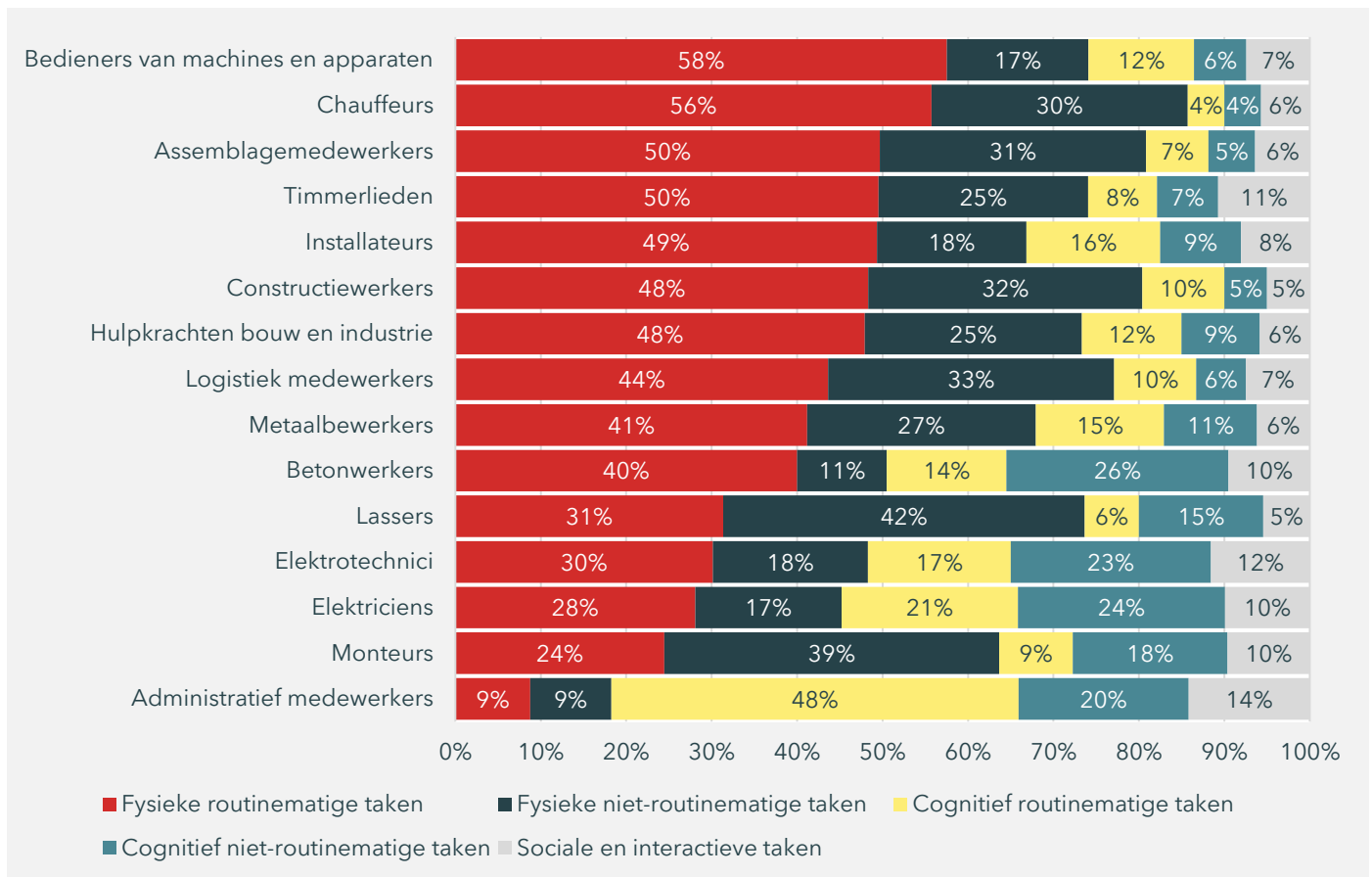
De invloed van technologieën verschilt echter tussen beroepen, omdat beroepen onderling sterk verschillen in de werktaken die werkenden moeten uitvoeren. Dit maakt dat technologie het ene beroep anders beïnvloedt dan het andere beroep. Economen beschouwen beroepen daarom vaak als bundels van werktaken,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

Mbo-opgeleide 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, 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 routinematig werk verrichten. Daarmee 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

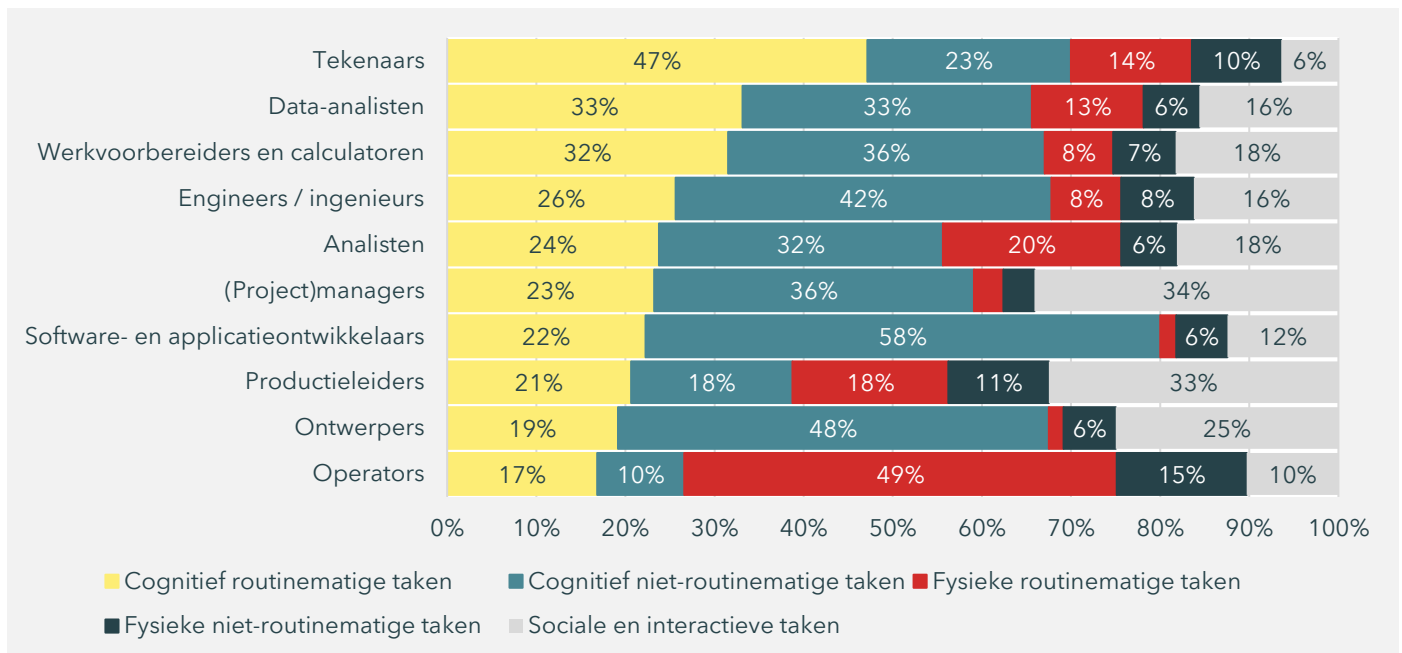


Bron: Enquête onder innovatie-ontwikkelaars en werkgevers, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

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 tempo kennen, en het niet is uit te sluiten 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 innovatie-ontwikkelaars 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. Tabel 2.2 laat bijvoorbeeld zien dat als technologieën alle routinematige taken kunnen vervangen in de Gebouwde omgeving, er 162 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 agendabeheer) 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 5 duizend benodigde extra arbeidsinzet voor de energietransitie binnen de Gebouwde omgeving (zie TNO, 2019). En bijna genoeg om ook te voldoen aan de 14 duizend extra banen in geothermie en warmtenetten. Dit benadrukt dat arbeidsbesparende technologieën veel potentie hebben om arbeidsinzet te verminderen in de energietransitie.

Tabel 2.2 De grootste potentie voor arbeidsbesparing ligt bij timmerlieden, elektriciens en productieiders

	Besparing arbeidsinzet (fte) bij vervanging alle..		Totaal
	..fysiek routinematige taken	..cognitief routinematige taken	
Administratief medewerkers	1.370	7.446	8.816
Assemblagemedewerkers	2.271	333	2.604
Bedieners van machines en apparaten	11.461	2.460	13.921
Elektriciens	18.589	13.674	32.263
Ingenieurs	1.922	6.298	8.220
Hulpkrachten bouw en industrie	2.645	644	3.289
Metaalbewerkers en constructiewerkers	4.654	1.469	6.123
Monteurs	2.727	962	3.689
Productieiders	11.847	13.963	25.810
Software- en applicatieontwikkelaars	232	2.837	3.069
Timmerlieden	46.855	7.630	54.485
Totaal	104.573	57.716	162.289

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

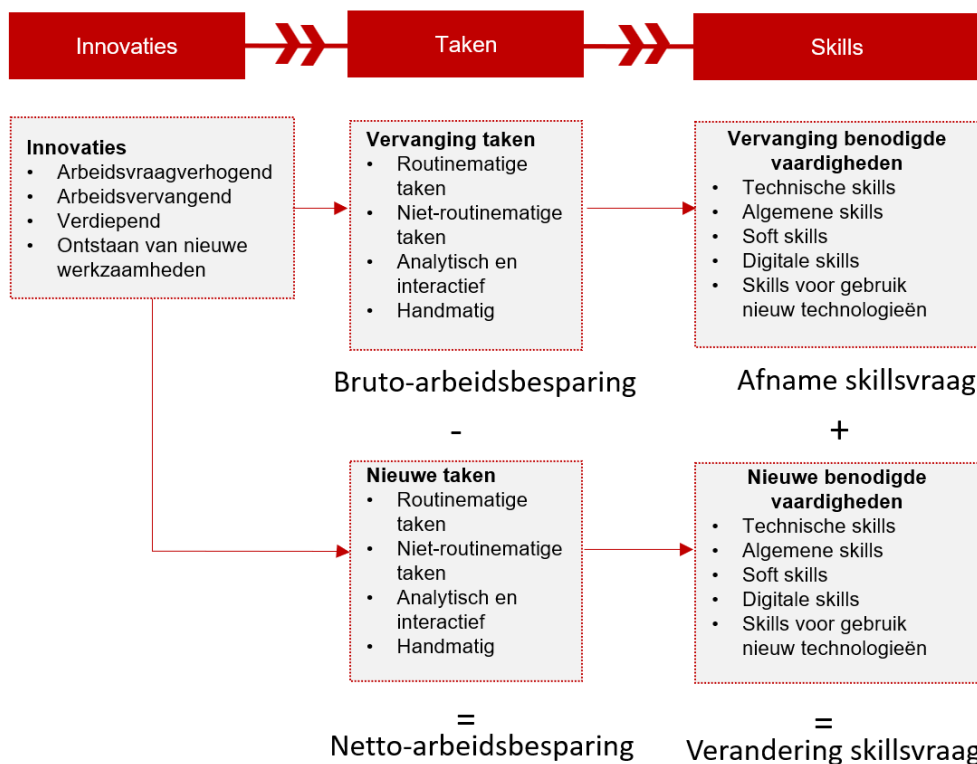
Noot: De cijfers over de werkgelegenheid binnen verschillende beroepen en de verdeling naar werktaken binnen die beroepen zijn gebruikt om een inschatting te maken van de besparing op arbeidsinzet als binnen al die beroepen de routinematige taken zouden worden vervangen.

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 ons 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).⁸ Hierdoor gaat de vraag naar arbeid (of bepaalde types van arbeid) omhoog, omdat de producten en diensten

⁸ 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 energie-transitie. 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.

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 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.

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.

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 minder hard worden waardoor het potentiële aanbod voor een vacature toeneemt. Werkgevers hebben dan een grotere pool om uit te kunnen vissen, wat er mogelijk toe leidt dat krapteproblemen verkleinen.

4 Arbeidsbesparing gesubsidieerde innovaties

De meeste gesubsidieerde innovatieprojecten zorgen voor een verhoging van de arbeidsvraag. Slechts 28 procent van de gesubsidieerde innovaties is naar verwachting arbeidsbesparend. Vooral binnen de beroepsgroepen installateurs, engineers en werkvoorbereiders 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 54 innovatie-ontwikkelaars zich richten op de sector Gebouwde omgeving.

4.1 Gevolgen innovaties op arbeidsvraag

Twee derde van de gesubsidieerde innovaties heeft geen invloed op de arbeidsvraag of verhoogt juist de arbeidsvraag. Van de gesubsidieerde innovatieprojecten verwacht ongeveer een derde (31 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 Ongeveer een derde van de innovaties is arbeidsbesparend, een derde arbeidsvraagverhogend en een derde heeft geen invloed op de arbeidsvraag.

Type innovatie	Aantal	Percentage
Totaal aantal innovaties	54	100%
• Netto arbeidsbesparende innovaties	15	28%
• Netto arbeidsvraagverhogende innovaties	17	31%
• Innovaties die geen invloed hebben op de arbeidsvraag	17	31%
• Onbekend	5	9%
Bruto arbeidsbesparende innovaties	25	46%

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

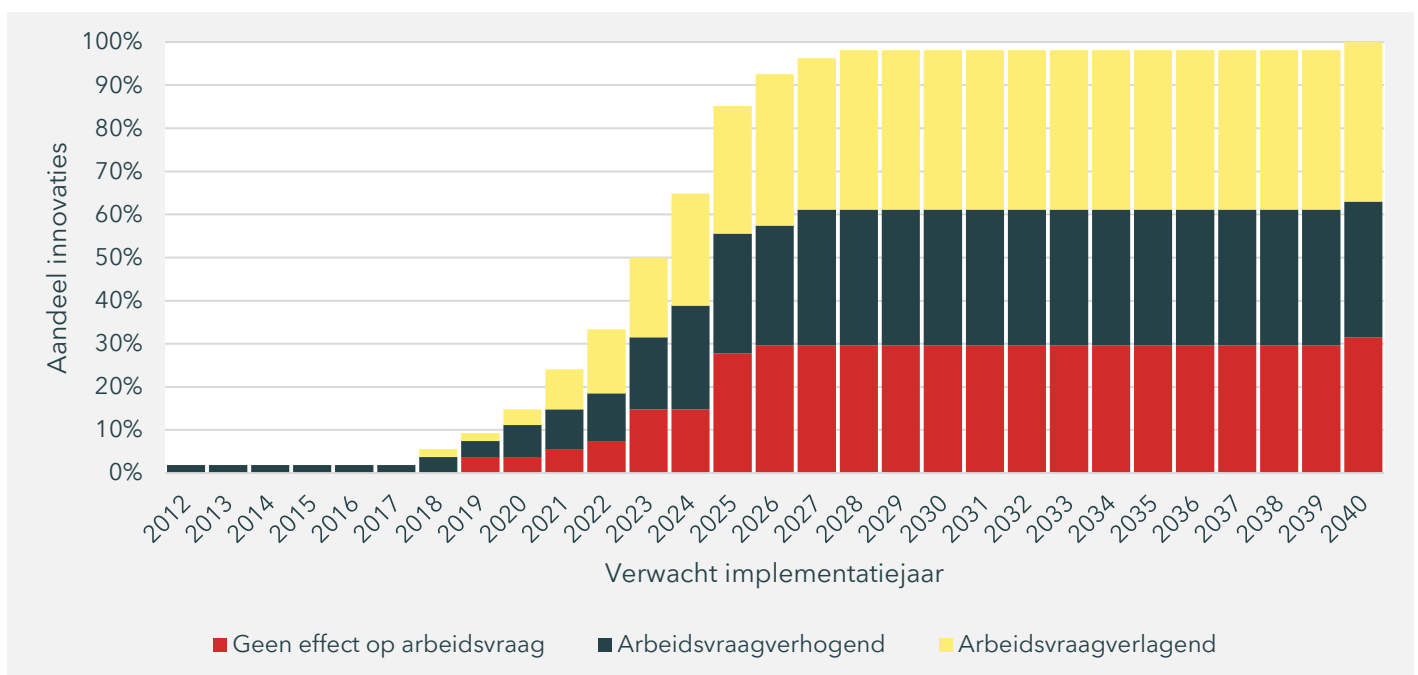
Noot: Netto arbeidsbesparende innovaties = na volledige implementatie is naar verwachting minder arbeidsinzet nodig in de energietransitie. Netto arbeidsvraagverhogende innovaties = na volledige implementatie is naar verwachting meer arbeidsinzet nodig in de energietransitie. Bruto arbeidsbesparende 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 derde van de gesubsidieerde innovatie zorgt voor arbeidsbesparingen. Van de gesubsidieerde innovatieprojecten verwacht 46 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 28 procent van de gesubsidieerde innovaties verwacht ook netto arbeidsbesparend te zijn. Alleen deze innovaties geven aan dat er volgens hen na volledige implementatie minder arbeidsinzet nodig is voor 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 helft van de gesubsidieerde innovaties is op dit moment nog in deze fase. Wel verwachten veel van deze innovaties in de periode 2024-2030 tot implementatie te komen. Slechts één innovatie verwacht na 2030 tot implementatie te komen. Dat betekent dat de 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

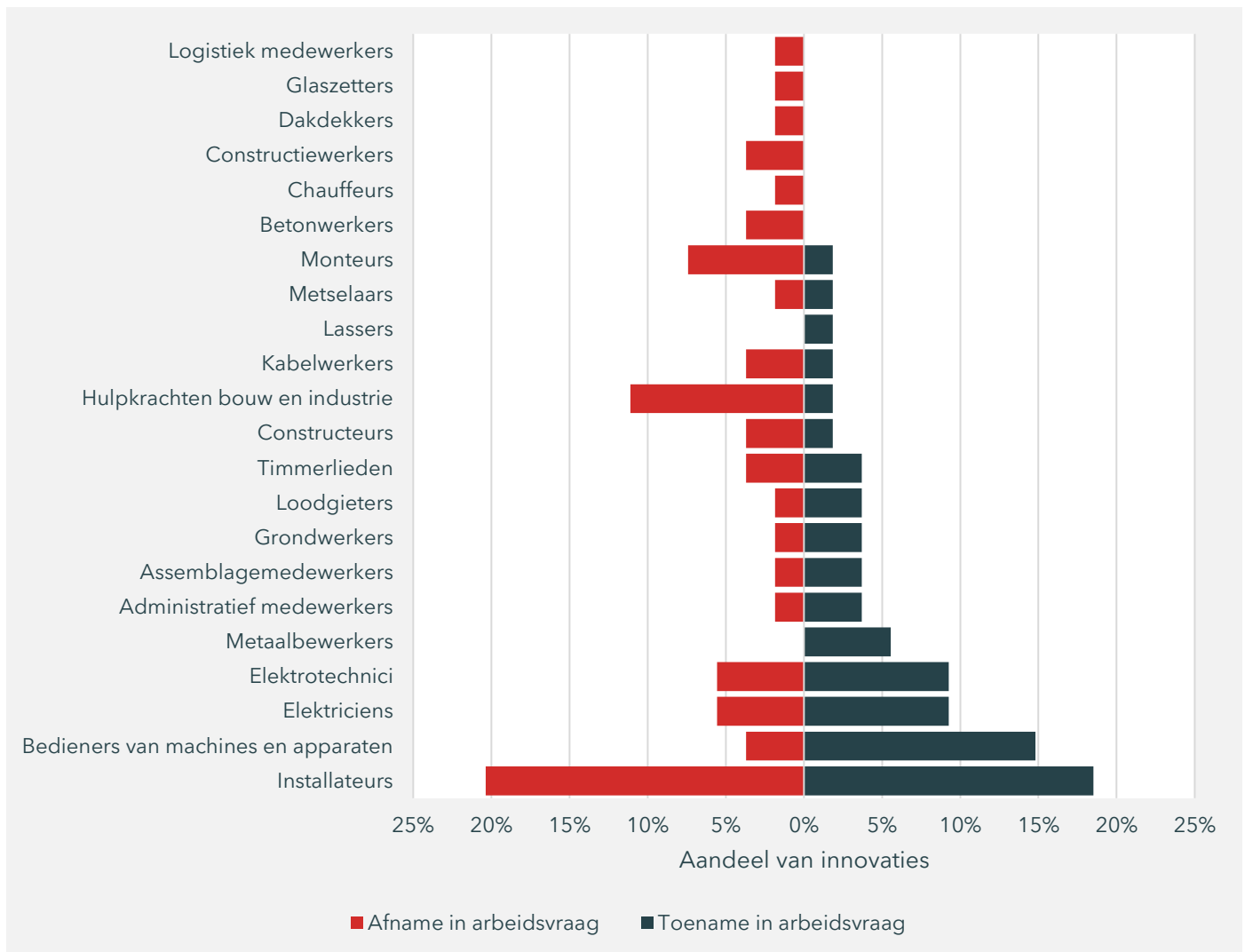


Bron: Enquête onder innovatieontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Arbeidsbesparingen in meer praktische beroepen vinden vooral plaats onder installateurs. Innovaties kunnen de arbeidsvraag naar praktische beroepen zowel verlagen als verhogen (zie Figuur 4.2). De arbeidsbesparende innovaties richten zich vooral op installateurs. Ongeveer 20 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 installateurs. Tegelijkertijd geven méér van de gesubsidieerde innovatieontwikkelaars (namelijk 19 procent) juist aan te zorgen

voor een verhoging van de vraag naar installateurs. Ook dat is niet verrassend: veel technologische innovaties zijn gericht op systemen om woningen en gebouwen op een meer duurzame manier te verwarmen (d.m.v. bijvoorbeeld warmtepompen, i.c.m. energiezuinige afgifte-, tapwater- en ventilatiesystemen) of op een duurzame manier van energie te voorzien (d.m.v. bijvoorbeeld zonnepanelen), wat gepaard kan gaan met een toenemende vraag naar installateurs om deze systemen aan te sluiten.

Figuur 4.2 Een op de vijf innovatieontwikkelaars geeft aan dat de vraag naar installateurs afneemt



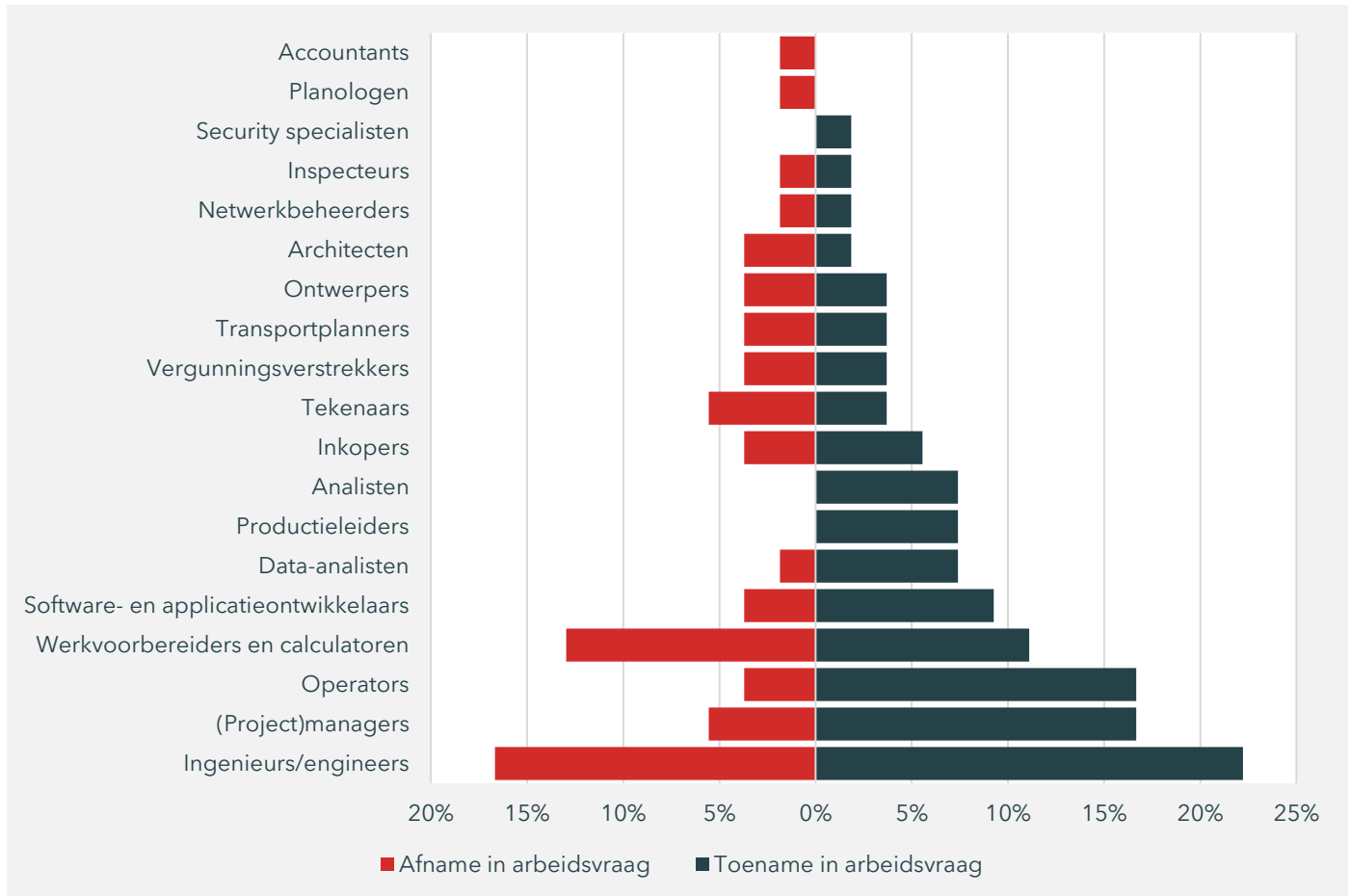
Bron: Enquête onder innovatie-ontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

Noot: De figuur geeft per beroepsgroep aan welk aandeel van de ondervraagde innovatie-ontwikkelaars verwacht dat de vraag door hun innovaties toeneemt, en welk aandeel verwacht dat de vraag afneemt. De overige innovatie-ontwikkelaars verwachten geen effect op de vraag naar de specifieke beroepsgroep.

Arbeidsbesparingen in meer theoretische beroepen vinden vooral plaats onder ingenieurs en werkvoorbereiders. Innovaties kunnen de arbeidsvraag naar theoretische beroepen zowel verlagen als verhogen (zie Figuur 4.3). De innovaties die arbeid besparen, zijn vooral gericht op engineers. Met geavanceerde software- en automatiseringstools kunnen bepaalde ontwerptaken sneller en efficiënter worden uitgevoerd. Dit ontlast de ingenieur in zijn werkzaamheden. Tegelijkertijd denken veel van de gesubsidieerde ontwikkelaars juist te zorgen voor een verhoging van de vraag naar ingenieurs. Dat is niet verwonderlijk: veel technologische innovaties richten

zich op het verplaatsen van werkzaamheden van de bouwplaats naar de fabriekshal, waar in beginsel juist meer engineers voor nodig zijn. Gezien de huidige en verwachte knelpunten onder 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 20 procent van de innovatieontwikkelaars geeft aan dat de vraag naar engineers toeneemt



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

4.2 Arbeidsbesparende innovaties in ontwikkeling

Hieronder volgt een aantal voorbeelden van gesubsidieerde arbeidsbesparende innovaties in de Gebouwde omgeving. 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 Gebouwde omgeving.

Veel arbeidsbesparende innovaties in de Gebouwde omgeving richten zich op prefabricage van installatieonderdelen. Bouwen in de fabriek verloopt volgens een standaardproces en is daardoor efficiënter. Een voorbeeld betreft de ontwikkeling van een energieneutraal renovatieconcept, waarbij de renovatie van hele appartementencomplexen sneller en efficiënter verloopt. Door gebruik van prefab-installaties is er minder werk op de fysieke bouwplaats nodig en verplaatst het werk zich naar een beschermde omgeving: de fabriek (zie ook Box 4.1). Een ander voorbeeld is een project dat warmtepompen levert waarbij het grootste gedeelte van het

installatiewerk vooraf is gemonteerd tijdens het productieproces, wat de installatietijd op locatie aanzienlijk verkort. Vergelijkbare initiatieven worden ontwikkeld op het terrein van zonnepanelen, waarbij innovatieontwikkelaars slimme montagesystemen of zonnepanelen zonder frame ontwikkelen waarmee een snellere montage op daken mogelijk is. Ook op het terrein van onbemande objecten in de openbare ruimte (zoals flitskasten, laadpalen, buitenkasten en straatverlichting) worden prefab-onderdelen en aansluitmodules ontwikkeld die de installatietijd verkorten. Denk hierbij aan standaardaansluitingspunten voor laadpalen aan een stroomnet zodat installateurs geen maatwerk hoeven te leveren.

Box 4.1 Energieneutraal renovatieconcept voor appartementencomplexen

Een innovatieproject richt zich op de ontwikkeling van een energieneutraal renovatieconcept specifiek voor appartementencomplexen en Verenigingen van Eigenaren. Het doel is om de renovatie van deze complexen te versnellen door standaardisatie, industrialisatie en slimme procesinrichting. Hierdoor zal ook de vraag naar installateurs en hulpkrachten in de bouw en industrie afnemen. Door het gebruik van prefab ingebouwde installaties is er namelijk minder werk op de fysieke bouwplaats nodig en verplaatst het werk zich naar een meer beschermde omgeving. Dit resulteert in een gemiddelde arbeidsbesparing van ongeveer vier uur per week voor installateurs. Ook hulpkrachten in de bouw en industrie kunnen hun werk efficiënter uitvoeren, doordat prefabricage montage eenvoudiger maakt. Zij besparen op deze manier ook gemiddeld vier uur per werkweek.

Een deel van de innovaties richt zich op de implementatie van IoT-technologieën. Hierbij gaat het onder andere om slimme systemen die het energieverbruik in gebouwen monitoren en regelen. Een voorbeeld is een zelflerend regelsysteem voor kantoorgebouwen, waardoor er minder handmatige aansturing van machinebedieners en operators nodig is (zie Box 4.2). Een ander voorbeeld betreft een intelligent controle- en besturingssysteem voor utiliteitsgebouwen, dat met slimme meters, sensoren en kunstmatige intelligentie in staat is grote hoeveelheden data te verzamelen en analyseren. Het gebruik van deze gegevens helpt om het energieverbruik te optimaliseren, maar ook om arbeidsinzet voor controle en installatieonderhoud te beperken. Ook richten innovaties zich op de implementatie van slimme energienetwerken (*smart grids*) die met gebruik van geavanceerde sensoren en automatiseringsprocessen het elektriciteitsnet efficiënter kunnen beheren, monitoren en optimaliseren. Een voorbeeld is een systeem dat lokale zonnestroom direct benut in huurwoningen en flatgebouwen. Hierdoor zijn minder werkzaamheden nodig in de opslag en distributie van zonnestroom.

Box 4.2 Zelflerend regelsysteem voor kantoorgebouwen

Een innovatieproject richt zich op de productie en installatie van een zelflerend regelsysteem voor kantoorgebouwen, gebaseerd op machine learning algoritmes en digitale simulaties. Het systeem optimaliseert in real-time de inzet van gebouwinstallaties, verbetert zelfconsumptie en reageert op energiemarktfluctuaties. Hierdoor kunnen bestaande kantoorgebouwen energie-efficiënter en toekomstbestendig worden in het licht van de groeiende vraag naar elektriciteit en de uitdagingen voor het stroomnet. Bovendien leidt het systeem ook tot een afname in de vraag naar bedieners van machines en apparaten en naar operators. Zo is er geen handmatige aansturing door bedieners van machines en apparaten meer nodig door de geautomatiseerde aansturing van gebouwbeheersystemen. Ook kunnen bedieners problemen en storingen sneller oplossen door geautomatiseerde detectie van storingen en fouten in het systeem. Gemiddeld leidt dit tot een arbeidsbesparing van zes uur per week. Om met de innovatie te kunnen werken, is het belangrijk dat bedieners beschikken over computervaardigheden en kennis van specifieke software. Ook operators kunnen door de nieuwe technologie efficiënter werken. Door geautomatiseerde sturing van gebouwbeheersystemen kunnen zij sneller door gebouwbeheersystemen heenlopen voor controle. Dit zorgt ervoor dat zij gemiddeld zes uur besparen per week. Computervaardigheden en kennis van specifieke software worden ook in het werk van operators belangrijker.

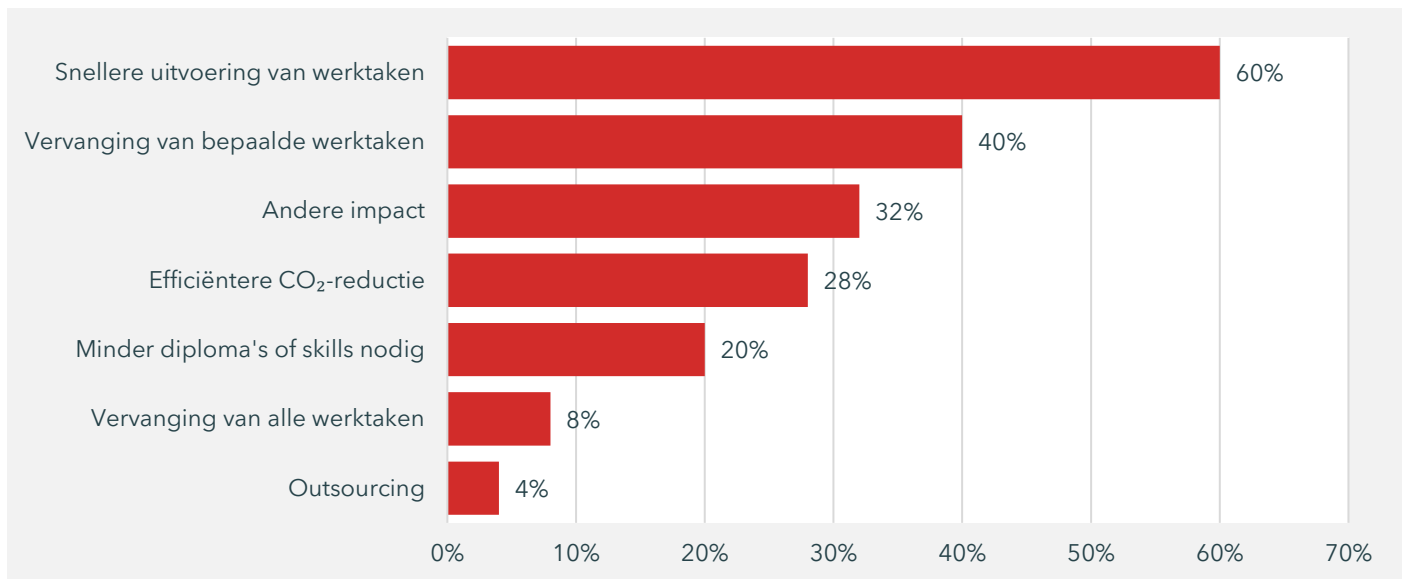
Ook richten innovaties zich op de slimmere integratie van duurzame energiebronnen (zoals zonne-energie) in gebouwen, wegen en andere stedelijke infrastructuur. Deze innovaties komen terug in het sectorrapport voor de Energiesector, maar zijn ook hier beschreven omdat ze relevant zijn voor de Gebouwde omgeving. Een innovatieproject richt zich bijvoorbeeld op het ontwikkelen van een flexibel zonnepaneel dat geïntegreerd kan worden in dakbedekkingsmaterialen. Hierdoor ontstaan efficiëntievoordelen in de arbeidsinzet die nodig is voor de installatie van zonnepanelen. Een ander innovatieprojecten richt zich op het automatiseren van het identificeren en oplossen van defecten in zon-PV systemen. Dit ontlast zonnepanelenmonteurs in hun werkzaamheden. Tot slot zijn er innovaties die ervoor zorgen dat er minder installaties nodig zijn voor de opwekking van eenzelfde hoeveelheid elektriciteit. Een innovatieproject ontwikkelt bijvoorbeeld één warmtepompsysteem dat meerdere huishoudens kan voorzien in de energiebehoefte (zie Box 4.3). Doordat er minder warmtepompen geplaatst hoeven te worden, zijn er ook minder installateurs en monteurs nodig.

Box 4.3 Geavanceerde warmtepompen

Een innovatieproject maakt een geavanceerde warmtepomp met een hoog rendement die woningen voorziet van hoge temperatuur warmte. Door te concurreren met de voordelen van aardgas, kan deze technologie helpen bij het verwarmen van woningen zonder gebruik te maken van fossiele brandstoffen. Bovendien kunnen de nieuwe warmtepompen op grotere schaal woningen verwarmen. Waar nu nog duizend warmtepompen met bijbehorend bronsysteem nodig zijn om duizend woningen te verwarmen, zal straks slechts één centrale met vier warmtepompen geïnstalleerd hoeven te worden. Dit leidt tot aanzienlijk minder vraag naar engineers en monteurs, omdat de technische complexiteit nu gecentraliseerd is en er minder onderhoud nodig is. Engineers gaan echter wel geavanceerde werkzaamheden uitvoeren, waardoor engineers hoger geschoold dienen te zijn. Er vindt hierdoor een verschuiving plaats van cognitief routinematige taken naar sociale en interactieve taken. Plannen en organiseren worden in het werk van engineers minder van belang, terwijl aanpassingsvermogen, probleemoplossend vermogen, verantwoordelijkheid, kennis over techniek en kennis van wetgeving en procedures juist belangrijker worden. Voor monteurs verschuiven de werkzaamheden van voornamelijk fysieke niet-routinematige taken en cognitief niet-routinematige taken naar fysieke routinematige taken en cognitief routinematige taken. Dit resulteert in een wekelijkse arbeidsbesparing van gemiddeld 20 uur. De verschuivingen in werktaken zorgen ervoor dat creativiteit, probleemoplossend vermogen, sociale vaardigheden en kennis over techniek en van specifieke software minder belangrijk worden in het werk van monteurs.

Arbeidsbesparingen zijn vooral het gevolg van snellere uitvoering van werktaken en de vervanging van bepaalde werktaken. De arbeidsbesparingen worden voornamelijk gerealiseerd door innovaties die ervoor zorgen dat bepaalde werktaken sneller kunnen worden uitgevoerd (zie Figuur 4.5). Deze innovaties verbeteren de productiviteit van bestaande arbeid, bijvoorbeeld door installatie-onderdelen al vooraf te monteren. Doordat in fabrieken een betere samenwerking tussen mens en machine mogelijk is, kunnen werknemers taken sneller en efficiënter uitvoeren. Ten slotte vervangen innovaties traditionele werktaken. 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.

Figuur 4.4 De meeste arbeidsbesparende innovaties (60 procent) zorgen voor een lagere arbeidsvraag doordat werktaken sneller kunnen worden uitgevoerd



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

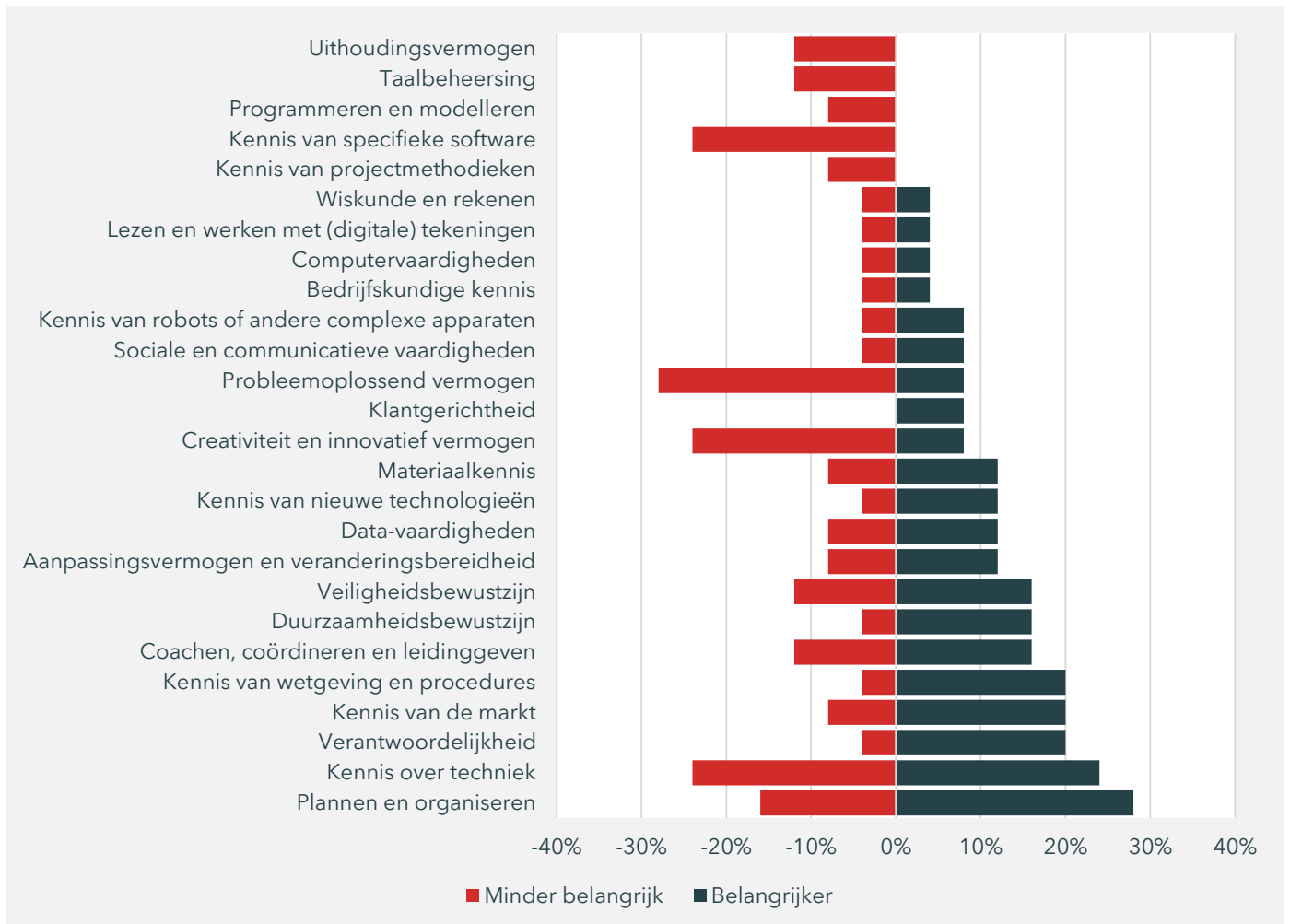
4.3 Verandering in belang skills door innovaties

Skills complementair aan technologie en nieuwe taken winnen aan belang. Dan gaat het om soft skills als plannen en organiseren, verantwoordelijkheidsgevoel, leidinggeven, duurzaamheidsbewustzijn en veiligheidsbewustzijn (zie Figuur 4.6). Werknemers moeten kunnen inspelen op beperkingen van technologieën (zoals een gebrek aan bewustzijn) en krijgen meer verantwoordelijkheden doordat technologieën simpelere werktaken (gedeeltelijk) overnemen. 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 van techniek, nieuwe technologieën en materiaal en het bezitten van datavaardigheden. Het vermogen om de nieuwe technologieën te begrijpen en te gebruiken wordt steeds belangrijker in de gebouwde omgeving. Aanvullend vragen nieuwe technologieën om meer kennis van wet- en regelgeving en procedures. Nieuwe technologieën roepen vaak vragen op over ethiek, privacy, veiligheid en andere maatschappelijke kwesties. Kennis van wet- en regelgeving en procedures is cruciaal om te kunnen voldoen aan de juiste normen en voorschriften en om ervoor te zorgen dat deze technologieën verantwoord worden ontwikkeld, gebruikt en geïmplementeerd.

Daarentegen zien we een afname in het belang van skills zoals probleemoplossend en innovatief vermogen. Technologieën zijn steeds beter in staat zelf problemen te detecteren en op te lossen, waardoor het minder van belang is voor arbeidskrachten om deze skill te beheersen. Eveneens vermindert de noodzaak om te beschikken over skills zoals uithoudingsvermogen omdat het werk minder fysiek wordt. Andere skills die in belang afnemen zijn taalbeheersing en programmeren. Dit heeft vermoedelijk te maken met slimme zelflerende technologieën op het gebied van kunstmatige intelligentie die een nuttig hulpmiddel bieden op het terrein van taalbeheersing en programmeren.

Figuur 4.5 De innovaties zorgen vooral voor een veranderende vraag naar hard skills als kennis over techniek, van de markt en van wetgeving en procedures, en soft skills als plannen en organiseren en verantwoordelijkheid



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 technische kennis en verantwoordelijkheidsgevoel (zie Tabel 4.2). Ook zijn er tekorten aan leidinggevende vaardigheden en aanpassingsvermogen. Uit de enquête onder innovatieontwikkelaars blijkt dat de gesubsidieerde innovaties die in ontwikkeling zijn, deze tekorten eerder vergroten dan dat ze een oplossing vormen voor deze tekorten. Daarentegen zijn er ook innovaties in ontwikkeling die wél een oplossing kunnen vormen voor de tekorten aan skills onder werknemers. Zo zijn er relatief veel innovaties die zorgen voor een afname in het belang van probleemoplossend vermogen en kennis van specifieke software, terwijl dit skills zijn die werknemers momenteel vaak nog in onvoldoende mate beheersen.

Tabel 4.2 De grootste skills tekorten bevinden zich momenteel op het terrein van technische kennis en aanpassingsvermogen

Belangrijkste skills		% werkgevers	Skills die in onvoldoende mate worden beheerst	% werkgevers
Praktische beroepen				
1	Materiaalkennis	76%	Kennis over techniek	17%
2	Veiligheidsbewustzijn	65%	Verantwoordelijkheid	14%
3	Verantwoordelijkheid	63%	Aanpassingsvermogen	13%
4	Probleemoplossend vermogen	62%	Probleemoplossend vermogen	10%
5	Lezen en werken met (digitale) tekeningen	54%	Materiaalkennis	10%
Theoretische beroepen				
1	Computervaardigheden	41%	Aanpassingsvermogen	6%
2	Probleemoplossend vermogen	40%	Computervaardigheden	6%
3	Plannen en organiseren	40%	Kennis van specifieke software	5%
4	Aanpassingsvermogen	37%	Data-vaardigheden	5%
5	Lezen en werken met (digitale) tekeningen	35%	Coachen, coördineren en leidinggeven	5%

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

Iets minder dan 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 noemen wet- en regelgeving als belemmering. 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 Gebouwde omgeving gaat het bijvoorbeeld om ontbrekende wetgeving over de inzet van onbemande vaartuigen en te strenge eisen voor het benutten van een buurtaccu en de inzet van bodemgekoppelde warmtepompen. Aanvullend geven ontwikkelaars aan dat er weinig zekerheid is over de wet- en regelgeving op de langere termijn. Dat maakt het moeilijk om te bepalen welke regels in de toekomst van toepassing zullen zijn en welke investeringen rendabel zullen zijn op de lange termijn.

“Er heerst onzekerheid bij afnemers doordat het beleid op het gebied van de energietransitie niet consequent en eenduidig is.”

“Het verstrekken van langjarige zekerheid op wet- en regelgeving is cruciaal. Dat deze strenger worden t.b.v. van de energietransitie is terecht en ook goed, maar wij als bedrijf vinden het wel heel erg fijn dat we (lang) van tevoren weten wat de aanscherpingen gaan zijn en wanneer deze effectief worden. Op die manier kunnen we er in onze investeringsplannen en bijhorende businesscases rekening mee houden.”

“De overheid moet durven te kiezen voor minder regels. Accepteer dat je iets meer risico loopt. Nederland is volkomen dichtgeregeld. Alle regels verhogen de kosten enorm en ze voorkomen nauwelijks problemen.”

Figuur 5.1 Veelgenoemde belemmeringen zijn financiële middelen en wet- en regelgeving.



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

Ook noemen innovatie-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. Bovendien kunnen zij in prijs nog niet altijd concurreren 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.

De toepassing die wij op de markt gebracht hebben, bestond nog niet op die manier. Dat betekent dat je alles zelf moet uitzoeken en van niemand de kunst af kan kijken. Dat betekent vervolgens weer hogere ontwikkel- en opstartkosten die je maar in beperkte mate aan de klant kan doorberekenen.

Te hoge kosten van het innovatieve product; te weinig partijen zijn momenteel bereid om de meerkosten te betalen voor de extra niet-essentiële functionaliteit.

Het aanmoedigen of eventueel verplicht stellen van het gebruik van circulaire materialen op basis van bijvoorbeeld scores of keurmerken.

Tot slot ervaren innovatie-ontwikkelaars belemmeringen in de aansluiting op het stroomnet. 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. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om het vervangen van CV-ketels op gas vervangen door elektrische warmtepompen, die aangesloten moeten worden op het stroomnet. 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. Ook geven innovatie-ontwikkelaars aan in de knel te komen doordat er onvoldoende groene waterstof beschikbaar is voor het verwarmen van woningen.

Onvoldoende sterke elektriciteitsaansluitingen voor de installatie van grote warmtepompen.

5.2 Kansen bij werkgevers

Veel werkgevers ontwikkelen en implementeren arbeidsbesparende innovaties buiten de subsidieprojecten om. Uit een enquête onder werkgevers in de Gebouwde omgeving blijkt dat 40 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 40 procent van de ge-enquêteerde werkgevers in de Gebouwde omgeving is bezig met het ontwikkelen of implementeren van arbeidsbesparende innovaties

Type innovatie	Aantal	Percentage
Geen arbeidsbesparende innovaties	38	60%
Arbeidsbesparende innovatie(s)	25	40%
<ul style="list-style-type: none"> ● Nieuwe schaalbare technologie ● Nieuwe technologie voor eigen bedrijf ● Bestaande technologie 	7	28%
	12	48%
	18	72%
Totaal	63	100%

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

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

Een voorbeeld van een bedrijf dat bezig is met de ontwikkeling/implementatie van arbeidsbesparende innovaties is een bouwbedrijf in de algemene utiliteit. Momenteel is het bedrijf bezig met de ontwikkeling van een arbeidsbesparende innovatie door middel van prefabricage van productieonderdelen. De innovatie zal resulteren in een afname van de vraag naar timmerlieden, doordat er op de bouwplaats minder gedaan hoeft te worden. Veel werk verplaatst zich echter naar de fabriek, waardoor de vraag naar ingenieurs en ontwerpers toeneemt. Er is immers meer aandacht nodig voor het ontwerp, met name omdat de productieonderdelen op de bouwplaats precies moeten passen.

Een ander bedrijf dat momenteel bezig is met de ontwikkeling van arbeidsbesparende innovaties is een producent van binnendeuroepassingen (kozijnen en deuren) voor de woningbouw. De producent is bezig met verdergaande automatisering en robotisering door te werken met slimme machines die met elkaar communiceren (internet of things). Hierdoor vindt een afname plaats onder administratief medewerkers en assemblagemedewerkers, doordat er minder handmatige invoer en uitvoer nodig is tussen de machines. Tegelijkertijd zal de toekomstige vraag naar ingenieurs, operators en software- en applicatieontwikkelaars toenemen. Complexere technische machines vereisen operators en monteurs van een hoger niveau.

Een laatste voorbeeld is een bedrijf dat zich bezighoudt met installatie en onderhoud van elektronische infratechniek, in het bijzonder met de openbare verlichting en verkeersinstallaties. Zij zijn bezig met slimme sensoren en meters, waardoor zij datagestuurd kunnen monitoren. Hierdoor kunnen ze van reactief naar preventief onderhoud gaan, waarbij veel storingen op afstand kunnen worden verholpen. Door de innovatie zal de toekomstige vraag naar administratief medewerkers afnemen, terwijl de vraag naar data-analisten en software- en applicatieontwikkelaars juist toeneemt.

Deze werkgevers ervaren belemmeringen in de ontwikkeling en implementatie van technologieën die de overheid deels zou kunnen wegnemen. De meest genoemde belemmeringen zijn personeelstekorten en wet- en regelgeving. De huidige arbeidsmarktkrapte zorgt ervoor dat werkgevers moeilijker aan personeel kunnen komen en daardoor niet voldoende capaciteit hebben om innovaties te kunnen ontwikkelen en implementeren. Daarnaast belemmert wet- en regelgeving werkgevers bij het ontwikkelen van innovaties, doordat wet- en regelgeving vaak verouderd, tegenstrijdig of onduidelijk is. Aanvullend noemen werkgevers beperkte financiële middelen, te weinig kennis onder het personeel en netcongestie als beperkingen voor het uitrollen van de innovaties.

Figuur 5.2 Personeelstekort, 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.⁹ 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.¹⁰ 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

⁹ Onder andere beschreven in CPB (2016) 'Kansrijk innovatiebeleid'.

¹⁰ Zie onder andere het rapport van CPB (2024) 'Publieke projectfinanciering: wanneer en hoe?'

de andere kant op bewegen.¹¹ In dat geval kan de overheid ingrijpen. De overheid stuurt hierbij op de richting van transitie 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 arbeidsmarktcrisis 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*

Voor meer dan de helft van de gesubsidieerde innovatieprojecten gericht op de Gebouwde omgeving geldt dat de arbeidsvraag naar eigen zeggen verder aanwakkeren (31 procent) of weinig impact hebben op de arbeidsvraag (31 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-

¹¹ Zie onder andere het rapport van de Commissie evaluatiemethoden systeem- en transitiebeleid 'Durf te leren, ga door met meten'.

als arbeidsbesparing te bereiken, ervoor zorgen dat beide suboptimaal worden gerealiseerd.¹² Het is daarom goed 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 iets minder dan de helft van de werkgevers in de Gebouwde omgeving 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 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. 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.

¹² Dit wordt ook wel de Regel van Tinbergen genoemd (Tinbergen, 1956).

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 goed en toegankelijk 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.

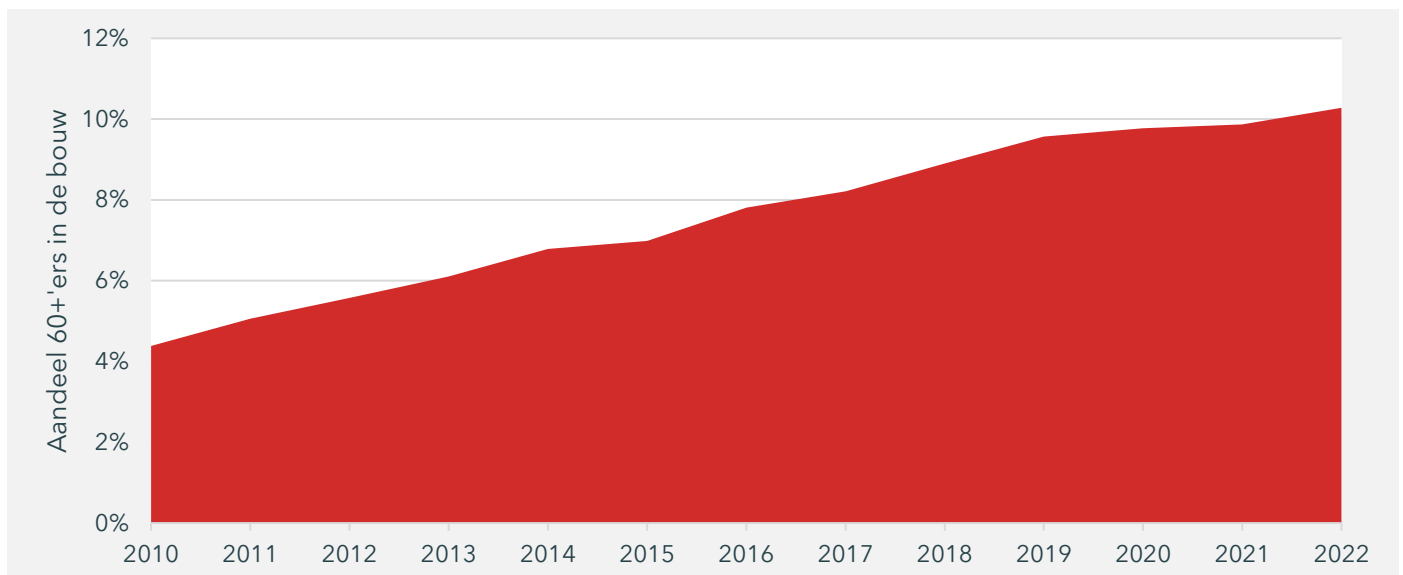
Hernieuwbare Energietransitie (HER)+

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)

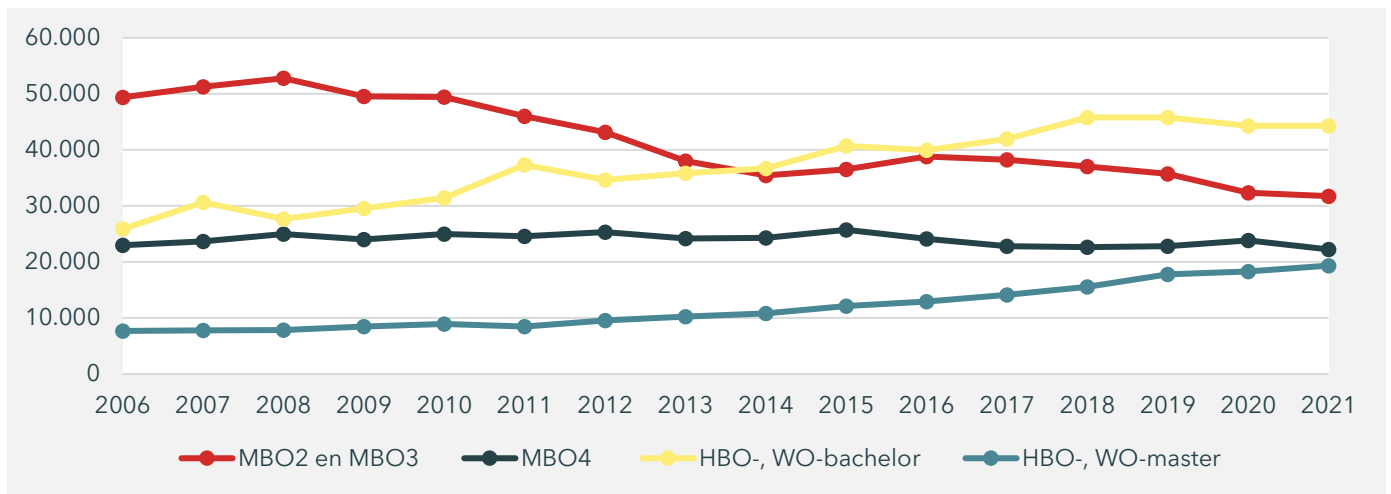
De VEKI-subsidie is bedoeld voor bedrijven in de industrie die bewezen effectieve CO₂-besparende maatregelen willen nemen. Ondernemers die deze maatregelen op eigen rekening en risico willen implementeren, maar aanlopen tegen hoge investeringskosten met een terugverdientijd van meer dan vijf jaar, kunnen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

Figuur A.2 Het aandeel 60+'ers in de bouw is in de afgelopen jaren sterk gestegen, van 4 procent in 2010 naar 10 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)

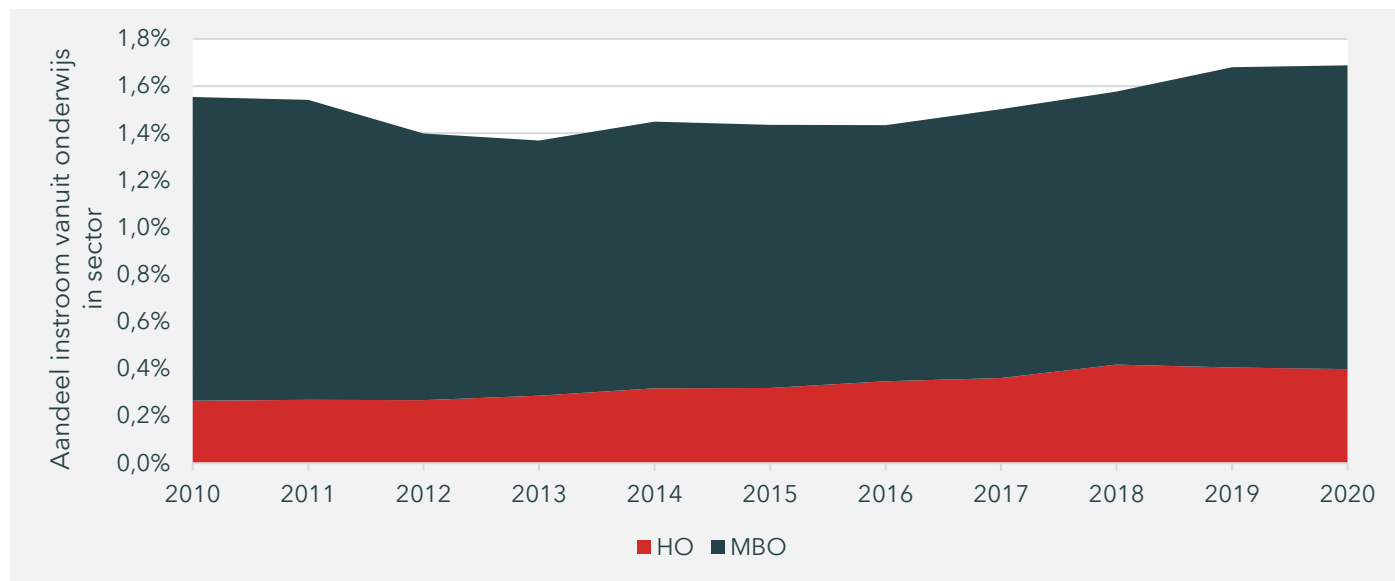
Noot: Voor de periode 2006-2021 zijn alle nieuwe inschrijvingen in technische opleidingen weergegeven. Het jaartal geeft het startjaar van de nieuwe inschrijving weer. Technische opleidingen zijn afgebakend conform het Techniekpact.

Tabel A.1 De meeste werknemers die overstappen naar de bouw, 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	9.160	Verhuur en overige zakelijke diensten	5.223
Handel	3.472	Industrie	2.366
Industrie	2.682	Handel	2.326
Specialistische zakelijke diensten	2.538	Specialistische zakelijke diensten	2.176
Onderwijs	1.275	Financiële dienstverlening	811

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

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



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

Bijlage B Afbakening sector

SBI-code	Deelsector
1623	Vervaardiging van overig timmerwerk voor de bouw
251	Vervaardiging van metalen producten voor de bouw
252	Vervaardiging van reservoirs van metaal en van ketels en radiatoren voor centrale verwarming
41	Algemene burgerlijke en utiliteitsbouw en projectontwikkeling
4222	Leggen van elektriciteits- en telecommunicatiekabels
432	Bouwinstallatie
433	Afwerking van gebouwen
439	Dakbouw en overige gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw
4613	Handelsbemiddeling in hout, vlakglas, sanitair en bouwmaterialen
4663	Groothandel in machines voor de bouw
4673	Groothandel in hout, sanitair en overige bouwmaterialen
46742	Groothandel in verwarmingsapparaten
47523	Winkels in houten bouw- en tuinmaterialen
682	Verhuur van onroerend goed
71111	Architecten (geen interieurarchitecten)
7732	Verhuur en lease van machines en installaties voor de bouw

Bijlage C Overzicht arbeidsbesparende innovaties Gebouwde omgeving

Gebouwde omgeving

Type innovatie	Omschrijving	Implementatiejaar	Type innovatie	Innovatiethema
Kunststof bestrating	Bestrating met lichtere en sneller te leggen kunststof stenen met gerecycled plastic uit huishoudelijk afval.	2024	Geheel nieuw productieproces	Circulariteit
Circulaire toepassingen van aluminium	Technologie en infrastructuur die eeuwigdurend hoogwaardige circulaire toepassing van aluminium gevels, gevelproducten en materialen mogelijk maakt.	2026	Geheel nieuw productieproces, verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	Circulariteit
Beïnvloeding consumentengedrag rondom temperatuur	Lifestyle product dat het gedrag van consumenten met betrekking tot temperatuur beïnvloedt, met als doel mensen te verleiden om de verwarming niet hoger te zetten.	2024	Ontwikkeling nieuwe technologie	MVI-Energie
Energiebesparing in huizen van woningeigenaren vereenvoudigen	Landelijk systeem dat de gefragmenteerde aanpak van energiebesparing bij woningeigenaren samenbrengt en hen gedurende een langere periode begeleidt in het proces van energiebesparing.	2018	Nieuwe vormen van organiseren	MVI-Energie
Energie-renovatieconcepten voor lage temperatuur verwarming	Betaalbare en innovatieve energie-renovatieconcepten specifiek gericht op het mogelijk maken van verwarming met lage temperaturen (<55 °C) in bestaande woningen.	2027	Ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	MVI-Energie

Verbetering houtafvalverbranding	Verbetering van de economische en milieuprestaties van houtafvalverbranding door het gebruik van efficiënte additieven, zoals gerecycled gips, om problemen met asgerelateerde corrosie te verminderen.	2022	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Overig
Dokpunt voor oplaad- en communicatie-faciliteiten voor windturbines	Dokpunt waar robotische systemen voor offshore windonderhoud kunnen worden vastgehouden, opgeladen, gegevens kunnen uploaden en communiceren met controle- en toezichtcentra aan de wal.	2025	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Overig
Innovatieve cementtechnologie	Cementtechnologie die gebruikmaakt van secundaire grondstoffen en aanzienlijke milieuvoordelen heeft.	2026	Geheel nieuw productieproces	Procesverbetering/energiebesparing
CO ₂ -warmtepomp voor industrie	CO ₂ -warmtepomp voor industriële behoeften, inclusief warmte/koude uitwisseling en heetwaterproductie.	2024	Ontwikkeling nieuwe technologie	Procesverbetering/energiebesparing
CV-ketel die zowel op waterstof als aardgas functioneert	CV-ketel die waterstof als energiebron kan inzetten, maar tevens ook geschikt is om aardgas als energiebron te kunnen gebruiken.	2026	Ontwikkeling nieuwe technologie	Urban Energy
Warmtepompsysteem voor woningen met een ijsbuffer in de kruipruimte	Warmtepompsysteem voor woningen met een grote buffer in de kruipruimte, gebruikmakend van ijsvorming als warmtebron.	2018	Toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
Aardgasvrije renovatie van sociale huurwoningen	Aardgasloze renovatie van jaren '50-'60 sociale huurwoningen met thermisch compartimenteren.	2020	Toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy

Ventilatieconcepten voor gerenoveerde woningen	Ventilatieconcepten voor gerenoveerde woningen met als doel minder kanaalwerk, lagere kosten, verminderde overlast en betere luchtkwaliteit in slaapkamers.	2022	Toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
Gebouwegeïntegreerd multifunctioneel dak	Dak dat zowel zonne-energie als warmte kan benutten door dunne, efficiënte zonthermische collectoren te combineren met zonnepanelen en dakramen.	2021	Toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
Draadloos laad-batterijsysteem	Gecombineerd draadloos laad-batterijsysteem met zeezoutbatterij voor ontlading op het net en elektrische auto's.	2025	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Urban Energy
USB-C gebaseerde gelijkspannings-aansluiting	Elektrische aansluitingen voor gelijkspanningsnetten voor elektronica, verlichting en kleinverbruikers, gebaseerd op gelijkspanningstechnologie, conform USB-C standaarden.	2020	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Urban Energy
Aardgasloos maken van bestaande wijken	Praktisch geteste aanpak voor grootschalige transitie van bestaande woningen naar bijna nul-op-de-meter.	2022	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Urban Energy
Optimalisatie lokale zonnestroom in huursector	Geïntegreerd smart grids-systeem dat een groter deel van lokale zonnestroom direct benut in huurwoningen en flatgebouwen.	2023	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
Gestandaardiseerd renovatieconcept voor appartementen-complexen	Gestandaardiseerd renovatieconcept voor appartementen-complexen en VvE's, waarbij maatwerk, kostenefficiëntie en versnelde renovaties centraal staan.	2024	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy

Verduurzaming van woningen en gebouwen	Integratie van bouwkundige en installatietechnische oplossingen, gericht op snellere, kostenefficiënte en op maat gemaakte verduurzaming van woningen en gebouwen.	2028	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
Verduurzaming van particuliere woningen	Digitaal platform om woningen efficiënter te digitaliseren, met drie werkpakketten gericht op het optimaliseren van de woningconfigurator, het ontwikkelen van standaard woningtypologieën en het verbinden van vraag en aanbod.	2021	Ontwikkeling nieuwe technologie	Verduurzaming gebouwen
Lucht-water warmtepomp	Efficiënte lucht-water warmtepomp voor gasloze verwarming, geschikt voor diverse bouwtypen.	2023	Ontwikkeling nieuwe technologie	Verduurzaming gebouwen
Slimme gebouwbesturings-systemen	Intelligente controle- en besturingssystemen voor utiliteitsgebouwen, met focus op energiebesparing, CO ₂ -reductie en gebruikerscomfort.	2025	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Verduurzaming gebouwen
Renovatieconcept voor seriematige renovaties	Duurzaam en energiezuinig renovatieconcept voor seriematige renovaties, gericht op de versnelling van de energietransitie en behoud van woonoppervlakte.	2025	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Verduurzaming gebouwen
Slimme upgrade van kantoorgebouwen	Slimme upgrade voor kantoorgebouwen die energieverbruik optimaliseert en verduurzaamt met gemiddeld 15% besparing.	2021	Ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	Verduurzaming gebouwen

Energiesector (maar relevant voor Gebouwde omgeving)

Type innovatie	Omschrijving	Implementatiejaar	Type innovatie	Innovatiethema
Regelsysteem in kantoorgebouwen	Dynamisch, zelflerend regelsysteem in kantoorgebouwen dat in real-time verbinding staat met het gebouw.	2020	Ontwikkeling nieuwe technologie	Urban Energy
Informatiesysteem en dashboard	Innovatieve dienst die lokale leiders tools en informatie biedt om samenwerking te stimuleren voor betaalbare overgang naar aardgasvrije warmtevoorzieningen in gebouwen.	2023	Toepassen van een bestaande technologie	Verduurzaming gebouwen
Innovatieve warmtepomp	Warmtepomp op basis van thermo-akoestiek die goed toepasbaar is in elk renovatieconcept, ongeacht de beschikbare bron en bij elk temperatuurbereik een goed rendement biedt.	2025	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Verduurzaming gebouwen
Groene waterstof in hybride warmtepompen	Toepassing van groene waterstof in hybride warmtepompen voor bestaande woningen.	2030	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	Verduurzaming gebouwen
Betaalbaar gasloos energieconcept	Betaalbaar gasloos energieconcept voor woningcorporaties, geïntegreerd in meerjarige renovatieplannen.	2024	Toepassen van een bestaande technologie	Verduurzaming gebouwen



“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 2024-45

ISBN 978-90-5220-398-0

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