

# ARBEIDSBESPARENDE INNOVATIES IN DE ENERGIESECTOR

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

SECTORRAPPORT ENERGIE

**seo** • economisch onderzoek

---

## AUTEURS

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

## IN OPDRACHT VAN

TOPSECTOR ENERGIE

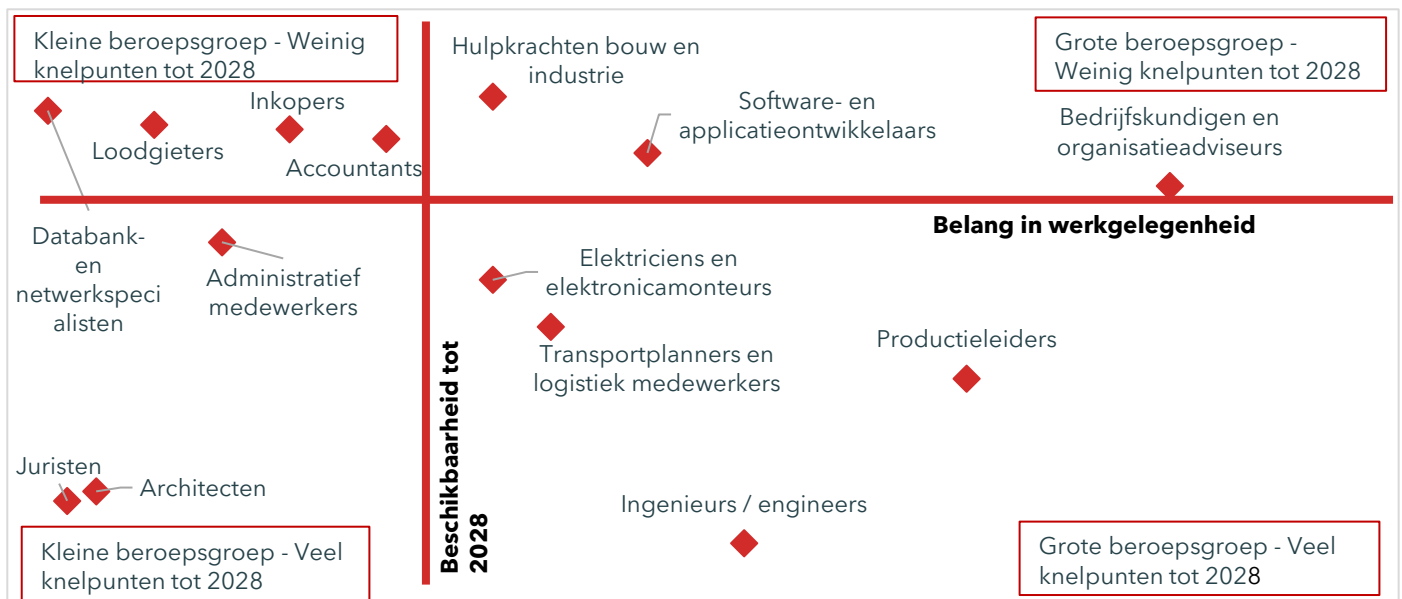
AMSTERDAM, APRIL 2024

# Samenvatting

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

**De beschikbaarheid van personeel is een belemmering in het realiseren van de energietransitie.** De vraag naar personeel is simpelweg groter dan het beschikbare aanbod. De krapte ontstaat aan de vraagzijde door de behoefte aan vervanging van vertrekkend personeel, vooral vanwege pensionering. Er is ook een uitbreidingsvraag naar personeel vanwege extra werk door de energietransitie, waarbij de schatting van TNO is dat er 9 duizend extra banen in de Energiesector nodig zijn tot 2030 voor de werkzaamheden omtrent hernieuwbare energie. Aan de aanbodzijde ontstaat krapte doordat er beperkte vervanging beschikbaar is vanuit opleidingen. De instroom vanuit technische opleidingen is ontoereikend om in de toenemende vraag te voorzien. De grootste knelpunten zijn tot 2028 in de Energiesector te verwachten bij ingenieurs, productieleders, elektriciens en transportplanners. Daarentegen zijn vraag en aanbod beter in balans voor andere belangrijke beroepen in de sector, zoals voor bedieners van machines en apparaten, hulpkrachten en softwareontwikkelaars.

Figuur S.1 De grootste knelpunten in de personeelsvoorziening zijn te verwachten bij ingenieurs, productieleders, 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 energiesector.**

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 innovatie in de energiesector is het gebruik van inspectiedrones voor de controle van windturbines. Hierdoor hoeven windtechnici niet langer zelf fysiek de oversteek te maken om windturbines te inspecteren. Door de ontwikkeling en implementatie van arbeidsbesparende innovaties kunnen werkgevers de energietransitie realiseren met minder arbeidsinzet. Vooral bij arbeidsintensieve productie kan dit uitkomst bieden, zoals bij de productie van elektriciteit door zonnecellen, de productie van warmte door warmtepompen en de productie van energie door de verbranding van waterstof.

## 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.

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

Het onderzoek biedt inzicht in de mate waarin gesubsidieerde innovaties zorgen voor arbeidsbesparingen. Hierbij ligt de nadruk van dit sectorrapport op innovaties die een bijdrage leveren aan de energietransitie in de Energiesector. Onder de Energiesector vallen de energie- en warmteproductie door thermische, kern- en warmtekrachtcentrales, windenergie, zonnecellen, warmtepompen en aardgas. Ook vallen de productie en distributie van stoom en gekoeld lucht en het beheer en de exploitatie van transportnetten voor elektriciteit, aardgas en warm water onder de Energiesector. Naast deze sectorrapportage, is er ook een specifieke verdiepende rapportage over de gehele waardeketen van de offshore windsector, die deels onderdeel vormt van de Energiesector. Verder ligt de nadruk op technologische innovaties. Andere innovaties, zoals het anders organiseren van het werk (o.a. sociale innovatie) vallen buiten de scope van dit onderzoek.

**SEO gebruikt een combinatie van onderzoeksmethoden in dit onderzoek.** Eerst zijn de ontwikkelingen op de arbeidsmarkt in kaart gebracht op basis van deskresearch, prognoses, interviews en kwantitatieve registratiegegevens. Vervolgens is een online enquête uitgezet onder 1.289 innovatieontwikkelaars die subsidie krijgen vanuit regelingen die vallen onder de TSE. De enquête biedt inzicht in de gevolgen van deze innovaties op de arbeidsvraag in de energietransitie. In totaal hebben 327 innovatieontwikkelaars de enquête volledig ingevuld (responspercentage van 25 procent), waarvan 126 innovatieontwikkelaars zich richten op de Energiesector. Tot slot is een enquête uitgezet onder 182 werkgevers die actief zijn in de Energiesector. 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 16 werkgevers de enquête volledig ingevuld (9 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 25 procent van de gesubsidieerde innovaties geeft aan arbeidsbesparingen te realiseren in het kader van de energietransitie. Voor de overige innovaties geldt dat ze de arbeidsvraag verder aanwakkeren (55 procent) of weinig impact hebben op de arbeidsvraag (17 procent). Vrijwel alle gesubsidieerde innovaties verwachten vóór

2030 tot implementatie te komen. Na implementatie wordt naar verwachting een groter beroep gedaan op beroepsgroepen als engineers en elektriciens, 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 aanpassingsvermogen en veranderingsbereidheid. Werknemers moeten in staat zijn om flexibel om te gaan met veranderende omstandigheden. Verder krijgen hard skills die nodig zijn om te kunnen werken met de nieuwe technologieën steeds meer gewicht, zoals kennis over techniek, robots, complexe apparaten, evenals vaardigheden in het omgaan met specifieke software en data- en computervaardigheden. Daarentegen zien we in de Energiesector een afname in het belang van uithoudingsvermogen omdat het werk minder fysiek wordt. Eveneens vermindert de noodzaak van het probleemoplossend vermogen, mogelijk doordat slimme technologische toepassingen steeds vaker zelf in staat zijn defecten op te lossen.

**Kansen zijn er wel degelijk.** Een toename van de arbeidsproductiviteit draagt bij aan het verminderen van de benodigde arbeidsinzet in de Energiesector. Als de productiviteit van bestaande werknemers met 20 procent wordt verhoogd, dan zijn de benodigde 7 duizend extra banen in de hernieuwbare energie 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 8 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 Energiesector gaat het om ongeveer de helft van de geëquipteerde werkgevers. Een aanzienlijk deel van hen is bezig met het ontwikkelen van technologieën die ook andere werkgevers in de toekomst kunnen toepassen. Een aanzienlijk deel van hen is bezig met het ontwikkelen van technologieën die ook andere werkgevers in de toekomst kunnen toepassen. Daarmee zijn de technologieën breder toepasbaar, schaalbaar en vinden er mogelijke positieve kennis *spillovers* plaats als het gaat om het bevorderen van technologiediffusie en het verhogen van de productiviteit. Dat kan een reden zijn voor de overheid om deze werkgevers gericht te ondersteunen.

## Handelingsperspectieven

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

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

De bestaande subsidieregelingen richten zich hoofdzakelijk op het ontwikkelen van nieuwe duurzame producten en technologieën. Het is niet aan te raden om arbeidsbesparing op te nemen als een harde voorwaarde voor het verkrijgen van deze subsidies. In de regel gaat de ontwikkeling en implementatie van nieuwe duurzame producten en technologieën samen met inefficiënties in het productieproces. Hierdoor zal een poging om met één subsidie zowel CO<sub>2</sub>- 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 ervaren belemmeringen in de wet- en regelgeving, vergunningsprocedures en elektriciteitsinfrastructuur. Het vereist daarom gecoördineerde beleidsinspanningen om een omgeving te creëren die arbeidsbesparende innovatie bevordert.

# Inhoudsopgave

Samenvatting		i	
1	Inleiding en probleemstelling	1	
	1.1	Probleemstelling	2
	1.2	Onderzoeksaanpak	2
	1.3	Leeswijzer	3
2	De arbeidsmarkt en de energietransitie	5	
	2.1	Arbeidsmarktkrapte in de Energiesector	5
	2.2	Arbeidsmarktkrapte in beroepen	7
	2.3	Arbeidsbesparend potentieel van productiviteitsgroei	9
	2.4	Technologische ontwikkelingen	12
	2.5	Technologische ontwikkelingen en werktaken	13
3	Conceptueel kader arbeidsbesparing door innovaties	17	
4	Arbeidsbesparing gesubsidieerde innovaties	20	
	4.1	Gevolgen innovaties op arbeidsvraag	20
	4.2	Arbeidsbesparende innovaties in ontwikkeling	24
	4.3	Verandering in belang skills door innovaties	26
5	Belemmeringen en kansen	28	
	5.1	Belemmeringen van innovatie-ontwikkelaars	28
	5.2	Kansen bij werkgevers	30
6	Mogelijkheden voor innovatiebeleid	32	
	6.1	De rol van de overheid bij innovaties	32
	6.2	Handelingsperspectieven voor innovatiebeleid	33
	6.3	Randvoorwaarden voor totstandkoming van innovaties	34
Referenties		36	
Bijlage A	Verdiepende informatie	37	
Bijlage B	Afbakening sector	40	
Bijlage C	Overzicht arbeidsbesparende innovaties Energie	41	

# 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 Energiesector.

**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 en monteurs voor de (verzwaren van) elektriciteitsnetten. Uit onderzoek van TNO blijkt dat er ongeveer 39 tot 72 duizend banen bijkomen die uitvoering moeten geven aan het klimaatakkoord.<sup>1</sup> Specifiek in de Energiesector gaat het om 7 duizend banen voor werkzaamheden omtrent hernieuwbare elektriciteit en 14 duizend voor geothermie en warmtenetten.

**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 arbeidsmarktcrapte. 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.<sup>2</sup>

**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 arbeidsbesparende technologie in de energiesector is het gebruik van inspectiedrones bij windturbines. Hierdoor hoeven windturbinemonteurs niet langer de oversteek te maken om windturbines te inspecteren, waardoor zij hun werk efficiënter kunnen uitvoeren.

---

<sup>1</sup> Het TNO-rapport is [hier](#) te vinden.

<sup>2</sup> Zie bijvoorbeeld het recente [SER-advies](#) over arbeidsmarktcrapte, 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 Energiesector (zie Bijlage B voor een afbakening). Onder de Energiesector vallende energie- en warmteproductie door thermische, kern- en warmtekrachtcentrales, windenergie, zonnecellen, warmtepompen en aardgas. Ook vallen de productie en distributie van stoom en gekoeld lucht en het beheer en de exploitatie van transportnetten voor elektriciteit, aardgas en warm water onder de Energiesector. Naast deze sectorrapportage, is er ook een specifieke verdiepende rapportage over de gehele waardeketen van de offshore windsector, die deels onderdeel vormt van de Energiesector.

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

De hoofdvraag is als volgt geformuleerd:

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

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

## 1.2 Onderzoeksaanpak

**Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen hebben we eerst 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, innovatieontwikkelaars en sectorvertegenwoordigers.



Tabel 1.1 Onderzoeksvragen en beantwoording

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

**Vervolgens hebben we een online enquête uitgezet onder gesubsidieerde innovatie-ontwikkelaars.** We hebben alle 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 126 innovatie-ontwikkelaars zich specifiek richten op de Energiesector. 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 182 werkgevers actief in de Energiesector, zoals afgebakend in dit onderzoek. We hebben hen allemaal benaderd per post, waarvan uiteindelijk 16 werkgevers de enquête hebben ingevuld (responspercentage van 9 procent). Het veldwerk vond plaats tussen november 2023 en februari 2024.<sup>3</sup> De enquête biedt inzicht in welke mate werkgevers in de Energiesector, buiten de gesubsidieerde projecten om, bezig zijn met het ontwikkelen en implementeren van arbeidsbesparende innovaties. Door het lage aantal respondenten zijn de resultaten uit dit onderdeel van het onderzoek met relatief veel onzekerheid omgeven.

## 1.3 Leeswijzer

De structuur van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 biedt een overzicht van ontwikkelingen op het gebied van arbeidsvraag- en aanbod binnen de Energiesector. Hierbij besteden we aandacht aan zowel de algemene ontwikkelingen in de sector als geheel, als aan specifieke knelpunten binnen bepaalde beroepsgroepen. In

<sup>3</sup> 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.

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 De arbeidsmarkt en de energietransitie

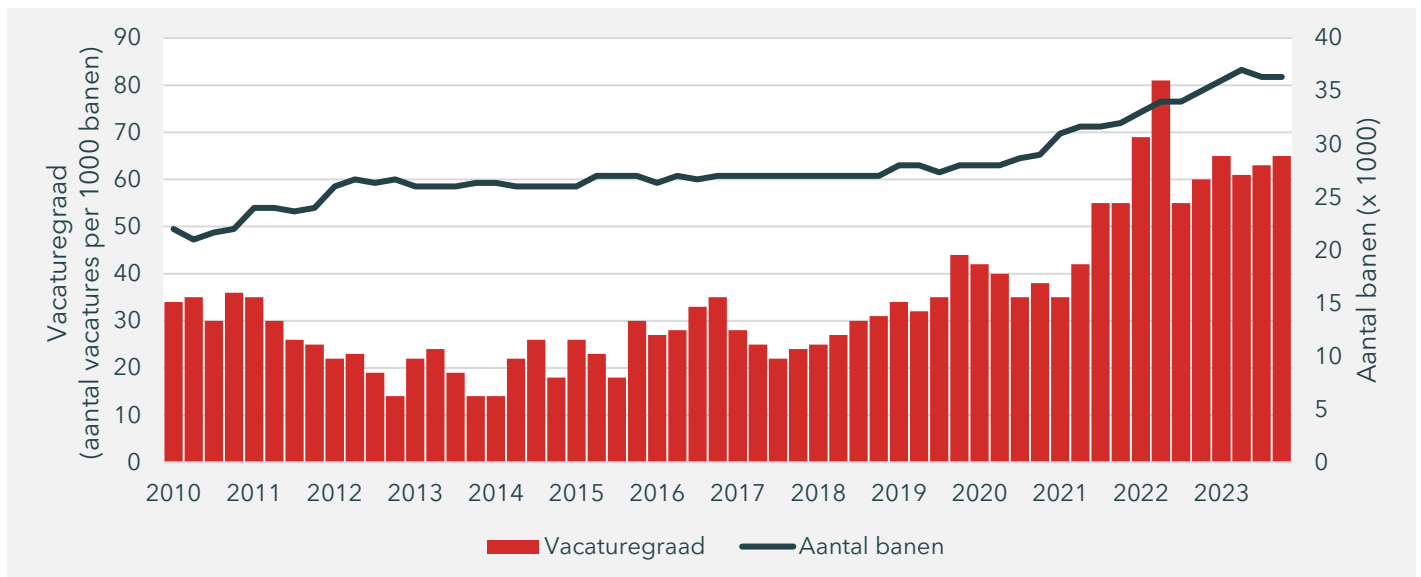
Mede door de energietransitie blijft de komende jaren de krapte in delen van de Energiesector groot. Qua beroepen is er met name aandacht nodig voor krapte onder ingenieurs, transportplanners, elektriciens en productieleiders.

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

### 2.1 Arbeidsmarktkrapte in de Energiesector

**Er is sprake van arbeidsmarktkrapte in de Energiesector.** Dat houdt in dat de vraag naar personeel groter is dan het aanbod, wat zich vooral uit in moeilijk vervulbare vacatures. Figuur 2.1 laat zien dat het aantal vacatures per 1.000 banen (de vacaturegraad) is toegenomen van zo'n 34 vacatures in 2010 tot ongeveer 65 vacatures in 2023, wat bijna een verdubbeling inhoudt. Tegelijkertijd neemt de werkgelegenheid in de sector steeds verder toe, onder meer door de aantrekkende economie en door de energietransitie. Het aantal banen in de energiesector is de afgelopen jaren toegenomen tot zo'n 36 duizend. Hiermee is de energiesector qua werkgelegenheid nog steeds een relatief kleine sector in Nederland.

Figuur 2.1 De vacaturegraad en het aantal banen in Energiesector zijn de afgelopen jaren gestegen

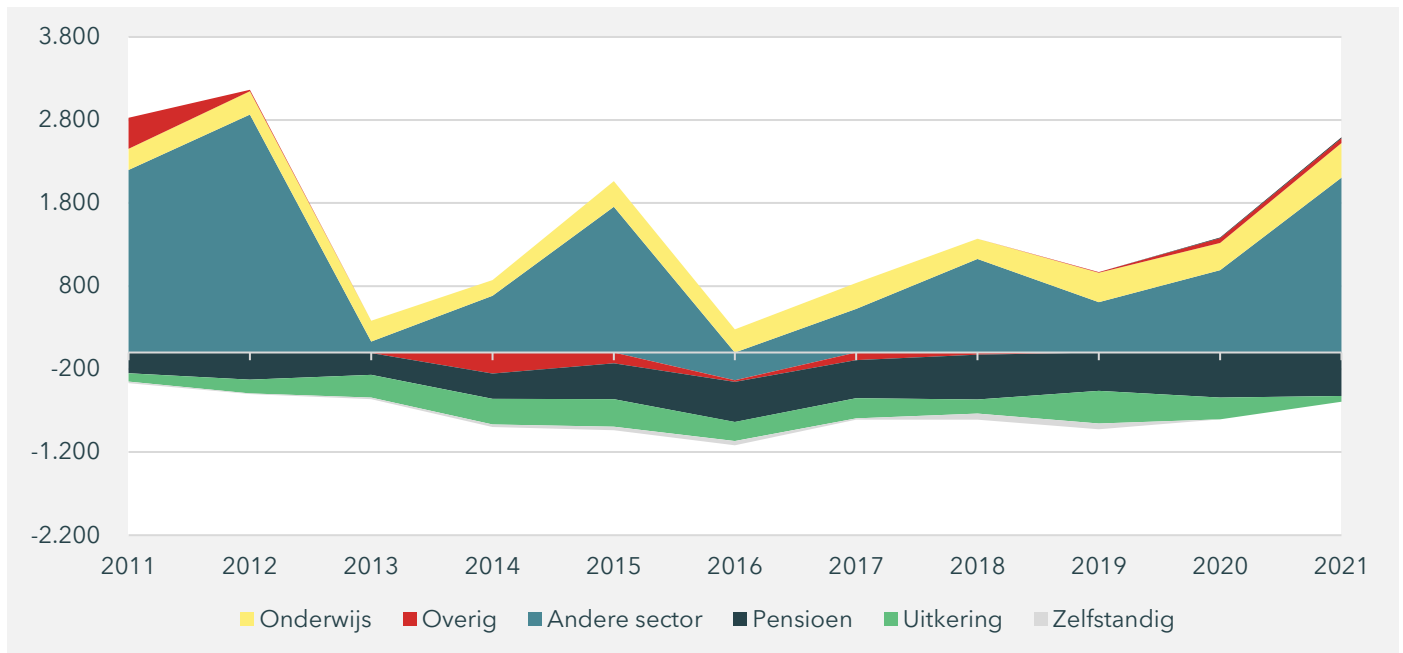


Bron: CBS StalLine, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

**De arbeidsmarktkrapte ontstaat aan de vraagkant doordat werkgevers behoefte hebben aan vervanging voor vertrekkend personeel.** Ieder jaar verlaat een fors aantal werknemers de sector door pensionering, uitstroom naar uitkeringen en doordat werknemers voor zichzelf gaan beginnen (zie Figuur 2.2). Voor deze werknemers moeten werkgevers op korte termijn vervanging vinden en kan pas op langere termijn de vraag worden aangepast. In de komende jaren is de verwachting dat de vervangingsvraag toeneemt. De Energiesector bestaat voor een

steeds groter deel uit oude werknemers. Het aandeel 60-plussers in de sector is toegenomen van ongeveer 5 procent in 2010 tot 13 procent in 2022 (zie Figuur A.1). Dit gaat in de komende jaren vermoedelijk leiden tot een grotere vervangingsvraag door uitstroom. Werknemers die nu 60 jaar of ouder zijn, bereiken in de komende jaren immers de pensioenleeftijd. Dat betekent dat de druk op de sector om personeel te behouden, aan te trekken of op te leiden verder toeneemt.

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



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

Noot: Voor ieder jaar is de netto instroom in de sector weergegeven per categorie. De netto instroom is positief als er per saldo meer mensen instromen dan uitstromen in de sector. De netto instroom is negatief als er per saldo minder mensen instromen dan uitstromen. De netto instroom fluctueert doordat het een kleine sector is, waardoor reorganisaties bij individuele bedrijven al snel veel invloed hebben op de sector als geheel.

**De Energiesector heeft tevens te maken met een uitbreidingsvraag naar personeel in het kader van de energietransitie.** De transformatie naar een duurzaam energiesysteem heeft gevolgen voor de arbeidsvraag. Verschillende kennisorganisaties hebben een beeld proberen te schetsen van de omvang van deze uitbreidingsvraag. TNO (2019) schat in dat er zo'n 7 duizend voltijdequivalenten nodig zijn voor de werkzaamheden omtrent hernieuwbare elektriciteit en 14 duizend voor geothermie en warmtenetten. Daarbij past wel de kanttekening dat door klimaatbeleid ook banen verloren gaan (bijv. in de olie- en kolenketen). Het gaat hier dus niet om netto, maar om bruto baancreatie. Het is goed mogelijk dat de Energiesector in z'n geheel een krimp doormaakt, waardoor er werkenden vrijkomen voor werk in het kader van de energietransitie. Zo raamt ROA (2023) de periode 2023-2028 een krimp in werkgelegenheid van ongeveer 4 duizend voltijdbanen in de hele sector (0,7 procent per jaar).

**Arbeidsmarktkrapte ontstaat aan de aanbodkant doordat er beperkte vervanging beschikbaar is vanuit opleidingen.** Zo laat Figuur 2.2. zien dat de instroom vanuit opleidingen in de energiesector onvoldoende is om de uitstroom te compenseren. In de afgelopen tien jaar is het aanbod vanuit opleidingen slechts licht gestegen, terwijl de vraag naar vakkrachten inmiddels aanzienlijk hoger is geworden. Ook komt het benutten van niet-

werkenden maar moeizaam tot stand. Meer werknemers verlaten de sector richting een uitkeringssituatie dan dat de sector in staat is om uitkeringsgerechtigden aan te trekken.

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

**Werkgevers zijn meer gebruik gaan maken van andere groepen op de arbeidsmarkt door de beperkte beschikbaarheid van technisch opgeleiden.** Zo blijkt uit Figuur 2.2 dat werkgevers de laatste jaren meer zij-instromers zijn gaan aantrekken uit andere sectoren. Deze zij-instromers zijn vooral afkomstig uit de sectoren zakelijke dienstverlening, handel, bouw en industrie (zie Tabel A.2). Werkgevers kunnen zij-instromers via om- en bijscholing klaarstomen voor een baan in de Energiesector. Op diverse plekken wordt al hard gewerkt om moeilijk vervulbare vacatures in de energietransitie te voorkomen, waardoor een groeiend aantal mensen werk vindt in banen die onderdeel zijn van de energietransitie.<sup>4</sup>

## 2.2 Arbeidsmarktkrapte in beroepen

**De arbeidsvraag concentreert zich qua beroepen momenteel vooral bij bedrijfskundigen, productieiders, ingenieurs, software- en applicatieontwikkelaars en transportplanners.** De werkgelegenheid is voor deze beroepsgroepen het hoogst (zie Tabel 2.1). Dit zijn ook beroepen waar relatief veel vacatures voor openstaan: voor ingenieurs staan zo'n 11 duizend vacatures open (december 2023), voor productieiders en bedrijfskundigen rond de 4 duizend en voor softwareontwikkelaars rond de 9 duizend (zie Tabel 2.1). Deze vacatures bevinden zich niet alleen in de energiesector, maar ook in andere sectoren, die met elkaar concurreren om deze vakkrachten.

**Er is in de periode 2023-2028 met name aandacht nodig voor krapte onder ingenieurs, productieiders, elektriciens en transportplanners.** Dit zijn beroepen die een relatief groot aandeel van de totale werkgelegenheid innemen en de arbeidsvraag voor een belangrijk deel bepalen. Tegelijkertijd zijn het beroepen waarvoor werkgevers in de periode 2023-2028 naar verwachting relatief veel moeite ondervinden om geschikt personeel te vinden (zie Figuur 2.3). Daarom geldt specifiek voor deze beroepen dat er grote risico's zijn in de personeelsvoorziening voor de komende jaren. Vraag en aanbod zijn tot 2028 beter in balans voor andere beroepen, zoals bedrijfskundigen, softwareontwikkelaars, accountants, inkopers en databank- en netwerkspecialisten (zie Figuur 2.3). 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.

---

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

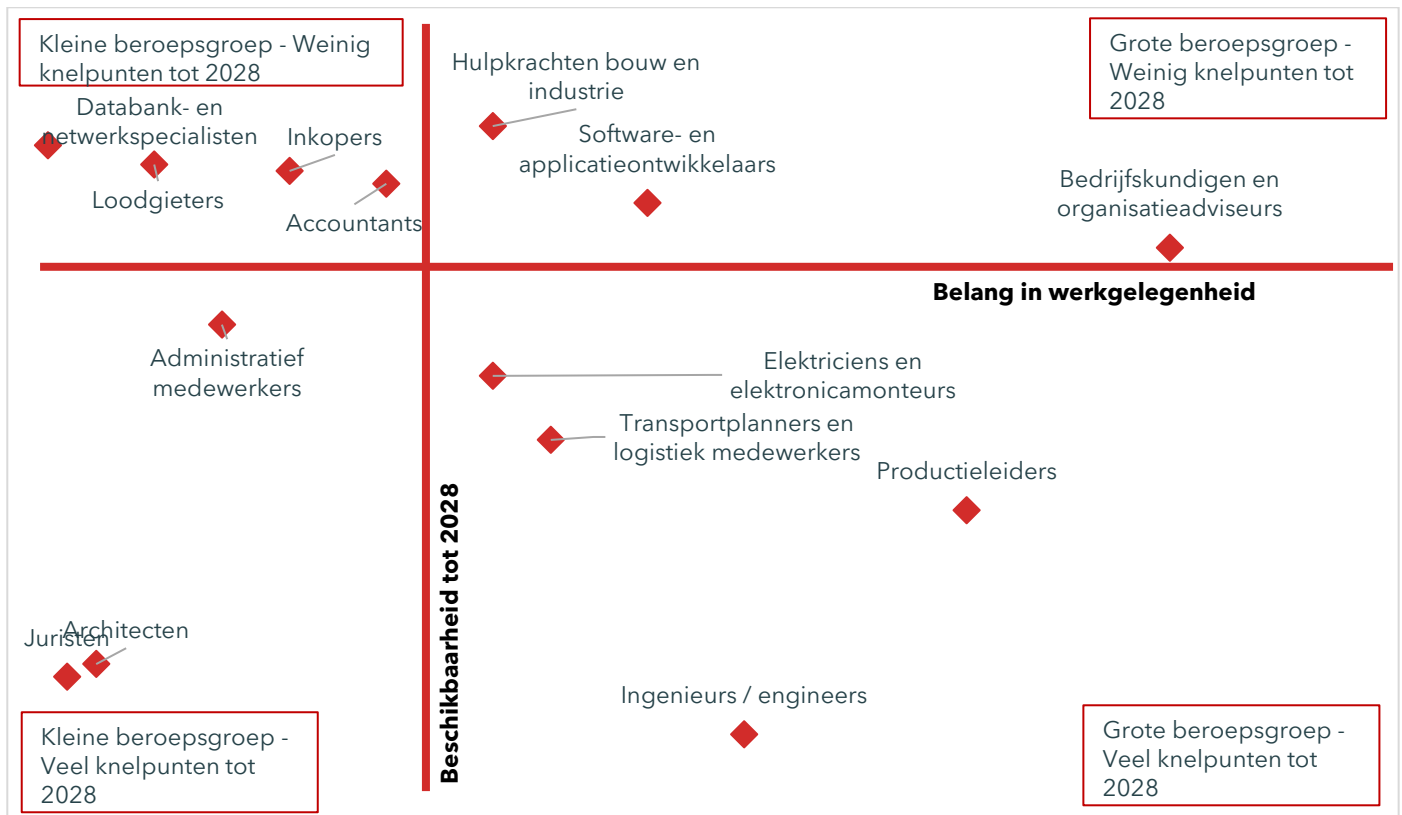
Tabel 2.1 De grootste beroepsgroep in de energiesector zijn bedrijfskundigen en organisatieadviseurs

Beroepsgroep	Werkgelegenheid (fte)	Werkgelegenheid (personen)	% werkgelegenheid (fte)	Aantal vacatures	Knelpunt 2023- 2028
	<b>Energie</b>	<b>Energie</b>	<b>Energie</b>	<b>NL</b>	<b>NL</b>
Bedrijfskundigen en organisatieadviseurs	5.936	6.136	13,1%	3.709	Vrijwel geen
Productieleiders	4.974	5.012	11,0%	3.681	Groot
Ingenieurs / engineers	3.948	4.026	8,7%	11.380	Groot
Software- en applicatieontwikkelaars	3.492	3.595	7,7%	9.146	Vrijwel geen
Transportplanners en logistiek medewerkers	3.034	3.128	6,7%	712	Groot
Hulpkrachten bouw en industrie	2.775	2.879	6,1%	7.337	Vrijwel geen
Elektriciens en elektroniciamonteurs	2.746	2.810	6,1%	8.334	Groot
Accountants	2.249	2.601	5,0%	3.782	Vrijwel geen
Inkopers	1.807	1.861	4,0%	1.185	Vrijwel geen
Administratief medewerkers	1.488	1.657	3,3%	3.435	Enige
Loodgieters	1.202	1.211	2,6%	5.044	Vrijwel geen
Architecten	929	960	2,0%	907	Groot
Juristen	755	755	1,7%	1.336	Groot
Databank- en netwerkspecialisten	675	710	1,5%	4.285	Vrijwel geen
Operators	424	448	0,9%	693	Groot
Bedieners van machines en apparaten	391	441	0,9%	12.174	Vrijwel geen

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

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

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



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

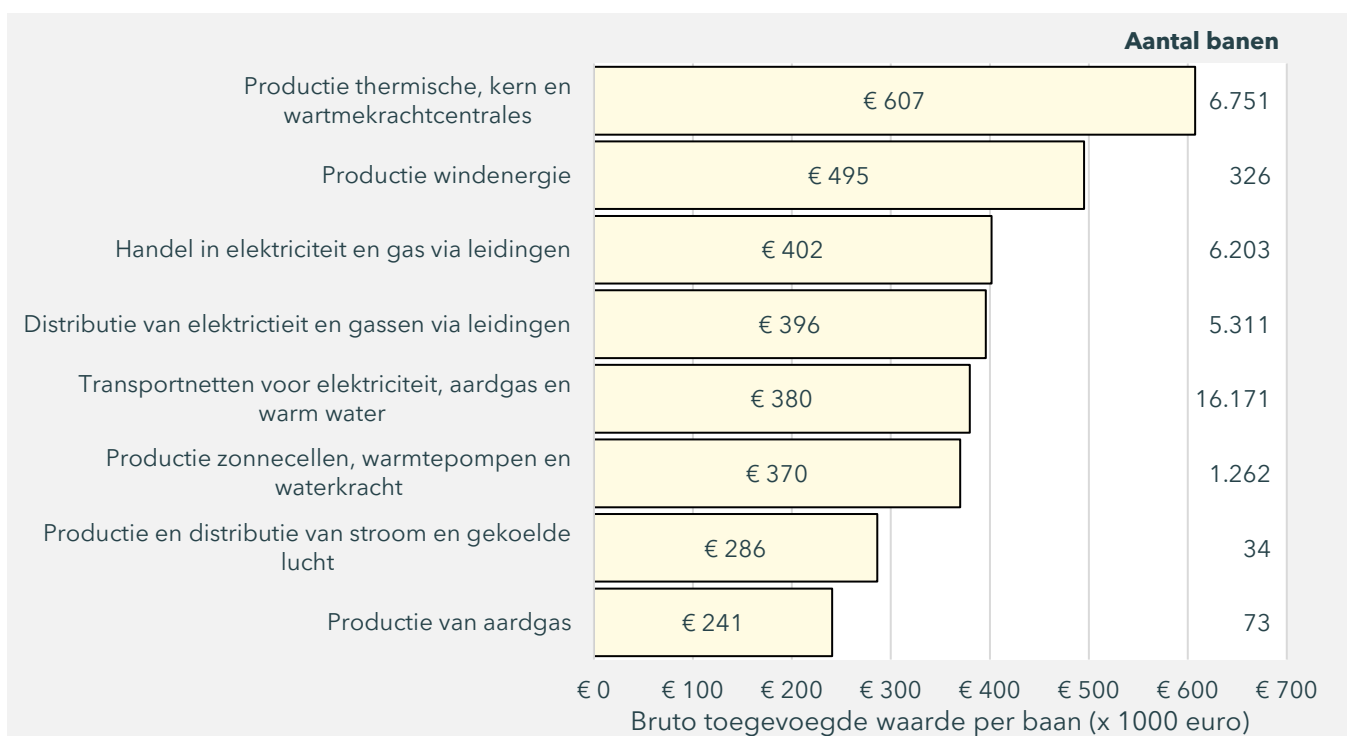
Noot: De horizontale as laat het aandeel dat een beroep inneemt in de werkgelegenheid zien, ten opzichte van het gemiddelde aandeel dat een beroep inneemt in de werkgelegenheid (afwijking in procentpunt). Hieruit blijkt in hoeverre beroepen op dit moment onder- of bovengemiddeld van belang zijn voor 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.

## 2.3 Arbeidsbesparend potentieel van productiviteitsgroei

**Groei van de arbeidsproductiviteit kan uitkomst bieden voor het bij de arbeidsvraag achterblijvende arbeidsaanbod in de Energiesector.** 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. Zeker gezien de beperkingen in de mogelijkheden om het arbeidsaanbod te stimuleren, is de groei van de arbeidsproductiviteit van belang om de energietransitie te realiseren.

**Niet alle onderdelen van de Energiesector zijn even productief.** Een bekende maatstaf voor het meten van arbeidsproductiviteit is de bruto toegevoegde waarde per baan of per gewerkt uur (zie Box 2.1). Dit is ook de maatstaf die in dit onderzoek gehanteerd wordt. Wanneer we deze maatstaf gebruiken, dan valt op dat de productie van elektriciteit via windenergie een hogere arbeidsproductiviteit kent dan de productie van elektriciteit via zonnecellen, warmtepompen en waterkracht (zie Figuur 2.4). Mogelijk komt dit doordat windenergie vooral afkomstig is van grote windmolens en -turbines, terwijl zonnepanelen en warmtepompen ook door particulieren worden gebruikt. Dit zorgt vermoedelijk voor minder schaalvoordelen in de arbeidsinzet voor installatie en onderhoud. Verder valt op dat de productie van elektriciteit via thermische-, kern- en warmtekrachtcentrales gebeurt met de grootste arbeidsproductiviteit. Het is belangrijk om hierbij te zeggen dat dit overzicht er anders uit kan zien als we naar de totale maatschappelijke toegevoegde waarde van de werkzaamheden kijken, waarin ook andere maatschappelijke kosten en baten meegenomen zijn. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de ervaren overlast en veiligheidsrisico's van kerncentrales, de overlast van windmolens of de milieuschade van fossiele energieproductie en -verbruik. Naast dat de werkzaamheden voor de energietransitie economische toegevoegde waarde opleveren, is het ook belangrijk om te vermelden dat ze bijdragen aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen die op Europees niveau zijn vastgesteld.

**Figuur 2.4** De arbeidsproductiviteit ligt het hoogst bij de productie van elektriciteit via thermische-, kern- en warmtekrachtcentrales



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



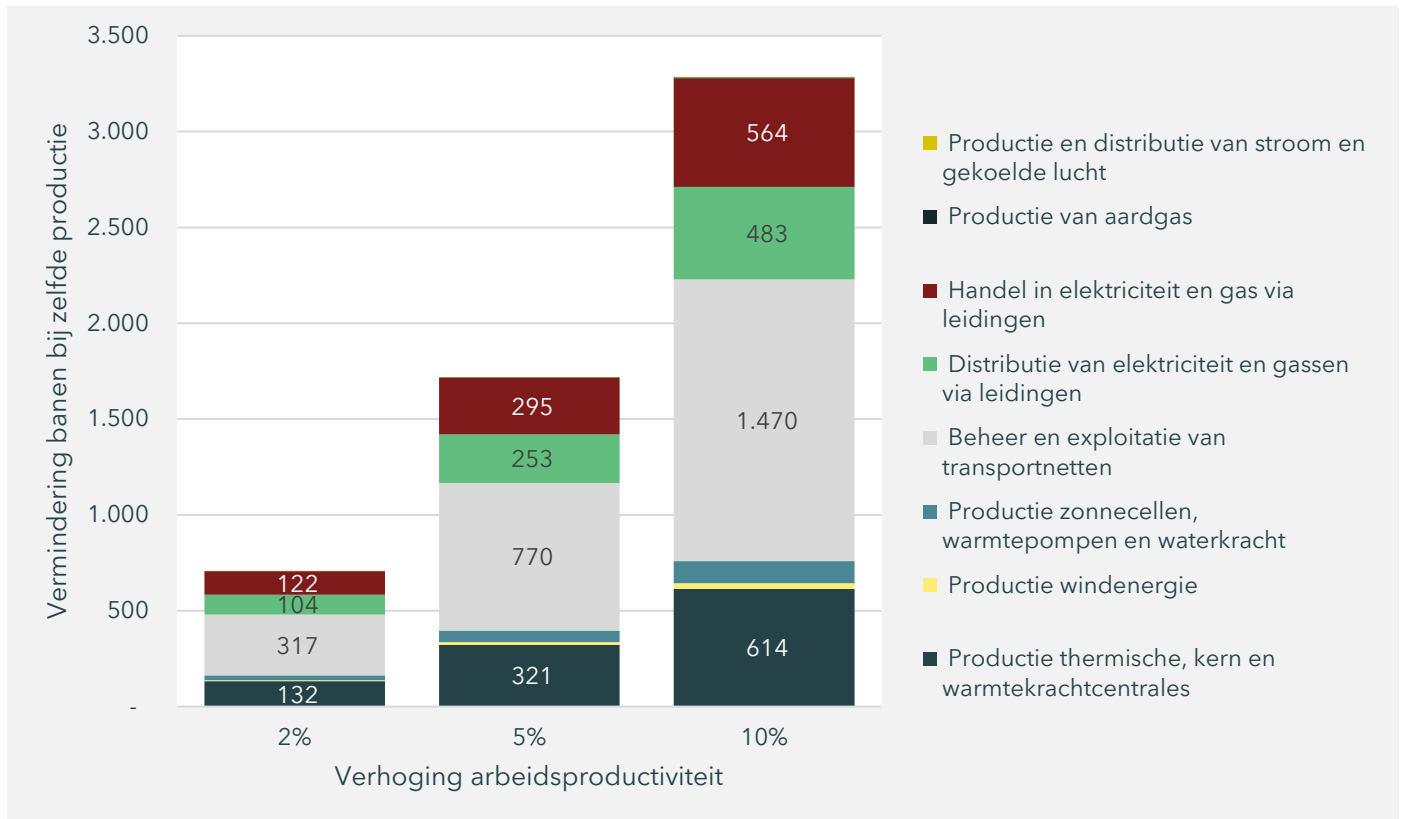
**Box 2.1** Bruto toegevoegde waarde per baan als maatstaf voor productiviteit

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

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

**Een toename van de arbeidsproductiviteit draagt bij aan het verminderen van de benodigde arbeidsinzet in de Energiesector.** Eerder hebben we gezien dat door de energietransitie de vraag naar personeel in de Energiesector 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 20 procent wordt verhoogd, dan komt er voldoende extra productiecapaciteit vrij voor de benodigde 7 duizend extra banen in de hernieuwbare energie. Met de beperkte groei in productiviteit van de afgelopen jaren zal het lastig zijn om vóór 2030 een productiviteitsgroei van 20 procent te realiseren. De jaarlijkse groei in productiviteit in de Energiesector tussen 2008 en 2021 was gemiddeld 1,4 procent. Een lagere groei gaat nog steeds gepaard met besparingen, zij het in mindere mate. Bij een groei van 2 procent gaat het bijvoorbeeld om minder dan duizend banen (zie Figuur 2.5). Hierbij is het ook belangrijk om op te merken dat de extra productiecapaciteit niet direct beschikbaar komt voor de energietransitie. Het vergt op zijn minst aandacht voor omscholing, zijinstroom en matching om de extra productiecapaciteit te kunnen benutten voor de energietransitie.

Figuur 2.5 Een 10 procent hogere arbeidsproductiviteit levert een besparing van zo'n 3 duizend banen op



Bron: Eigen berekeningen op basis van 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 arbeidsmarktkrapte binnen de energietransitie.

**Een opvallende ontwikkeling binnen de Energiesector is de inzet van digital mapping.** Digital mapping wordt gebruikt om geschikte locaties te vinden voor duurzame energieprojecten, zoals windmolenparken en zonnepaneleninstallaties, door gegevens van verschillende bronnen te combineren. Daarnaast helpt het bij het optimaliseren van de energie-infrastructuur, het beheren van energienetwerken en het evalueren van milieueffecten van energieprojecten.

**Verder wordt steeds meer geïnvesteerd in slimme energienetwerken.** Een smart grid, oftewel slim energienetwerk, is een geavanceerd systeem voor het leveren van elektriciteit. Het maakt gebruik van moderne technologieën zoals sensoren en slimme software om het elektriciteitsnetwerk efficiënter te maken. Door real-time

gegevens te verzamelen en te analyseren, kan een smart grid de energievraag beter afstemmen op het aanbod van verschillende energiebronnen.

**Ook Virtual Power Plants worden steeds belangrijker in de energiesector.** Een Virtual Power Plant is een netwerk van verschillende energiebronnen, zoals zonnepanelen en windmolens. Deze bronnen zijn verbonden via slimme technologieën en kunnen gezamenlijk worden beheerd en gecontroleerd. Hierdoor wordt het mogelijk om de opwek en de vraag naar energie in balans te houden, doordat er snel kan worden gereageerd op veranderingen in vraag en aanbod.

## 2.5 Technologische ontwikkelingen en werktaken

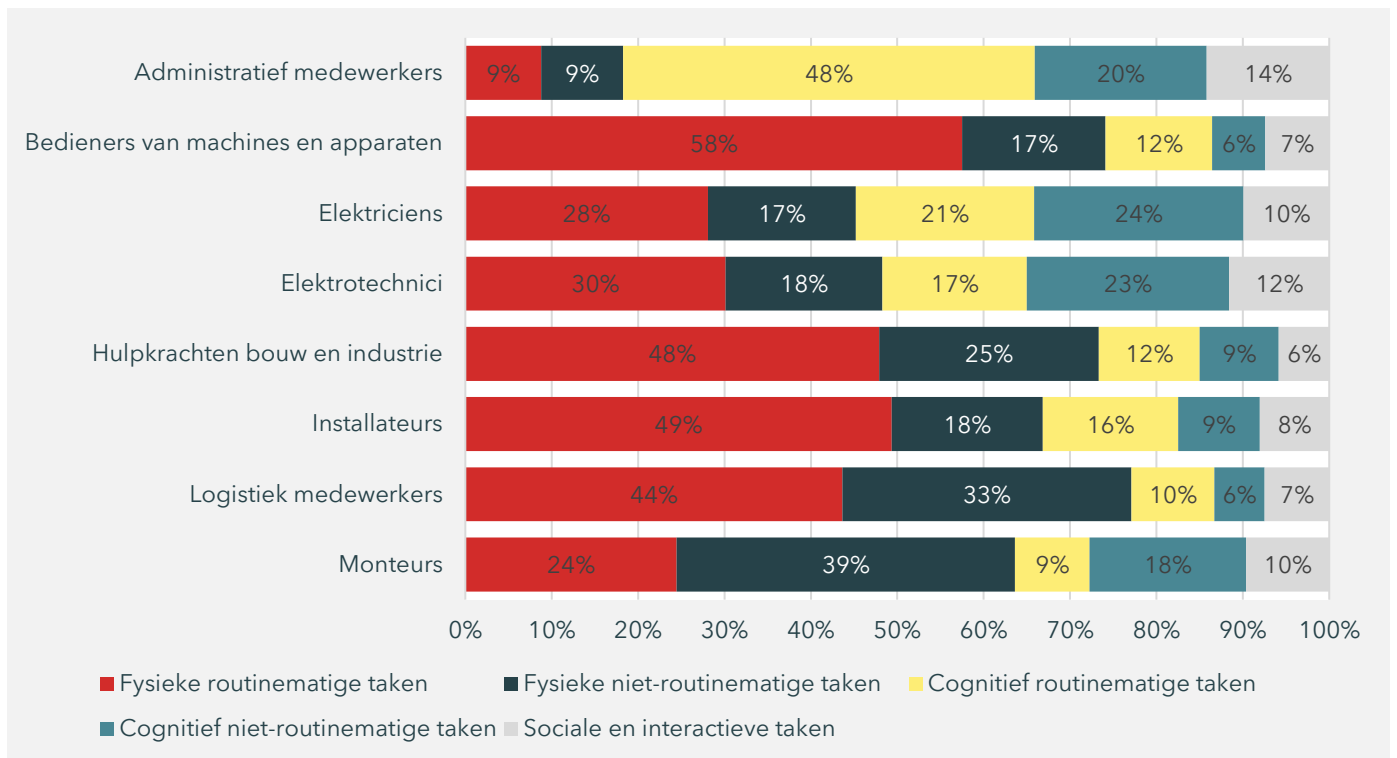
**De invloed van technologieën verschilt echter tussen beroepen, omdat beroepen onderling sterk verschillen in de werktaken die werkenden moeten uitvoeren.** Dit maakt dat technologie het ene beroep anders beïnvloedt dan het andere beroep. Economen beschouwen beroepen daarom vaak als bundels van werktaken, 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, hulpkrachten en installateurs voeren veel routinematige fysieke taken uit (zie Figuur 2.6). Dit zijn ook taken die in de regel vatbaar zijn voor robotisering en automatisering, 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, constructiewerkers en monteurs.

**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.

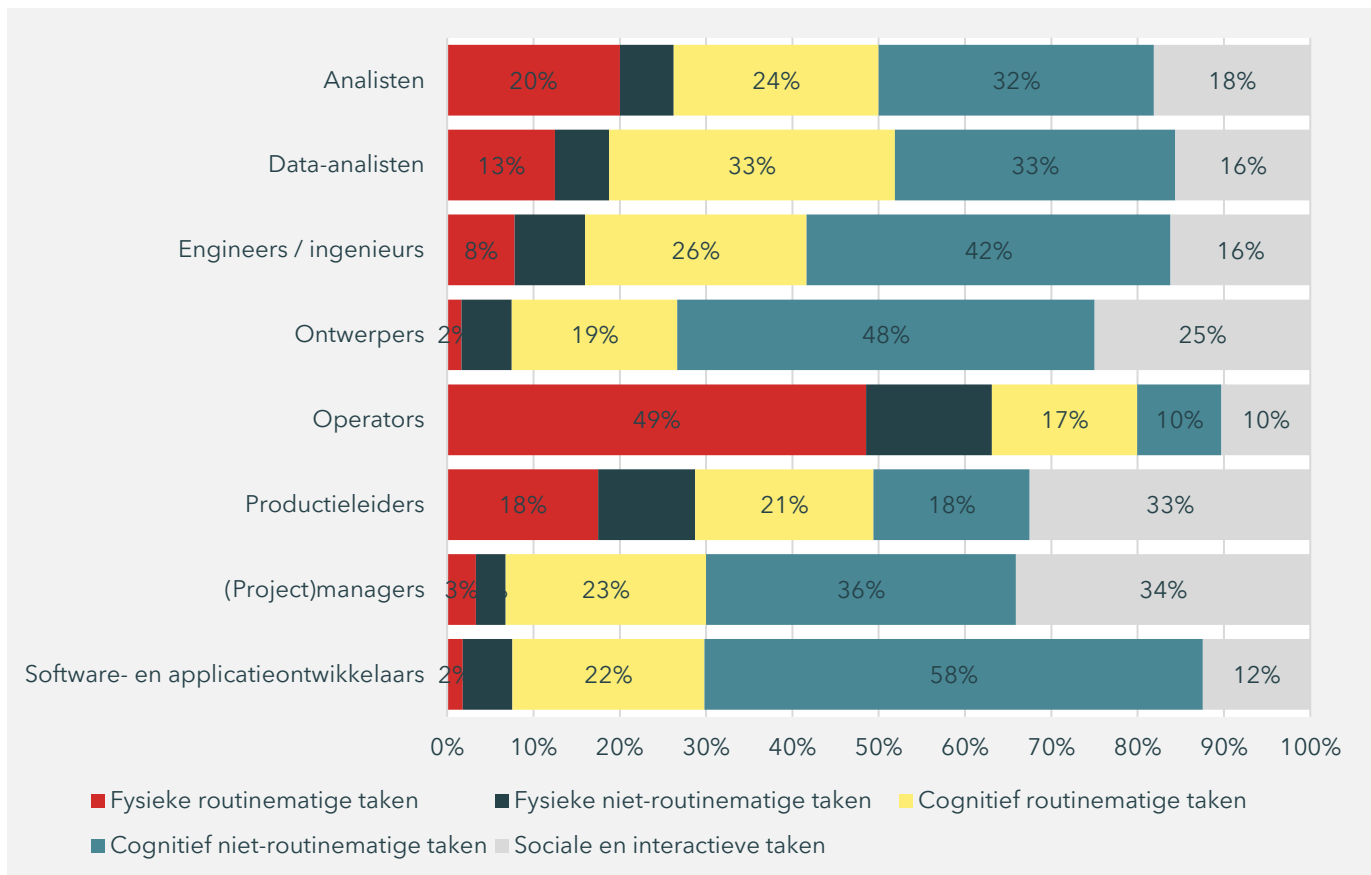
Figuur 2.6 Praktisch geschoolde werknemers spenderen doorgaans de meeste tijd aan fysieke routinematige en fysieke niet-routinematige taken



Bron: Enquête onder innovatieontwikkelaars en werkgevers, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)  
 Noot: In de enquête is aan innovatie-ontwikkelaars en werkgevers gevraagd om aan te geven hoe de verdeling van werktaken eruitziet in een reguliere werkweek voor verschillende beroepen. Vervolgens is een ongewogen gemiddelde van de respons berekend. De resultaten zijn weergegeven voor alle beroepen waarvoor ten minste 5 werkgevers/innovatie-ontwikkelaars de verdeling naar werktaken hebben ingevuld.

**Vooraf hbo- en wo-opgeleide vakkrachten zijn qua werktaken vatbaar voor ontwikkelingen op het terrein van kunstmatige intelligentie.** Werkenden met hbo- en wo-beroepen verrichten vooral cognitieve taken (zie Figuur 2.5). Vooral data-analisten verrichten veel routinematige cognitieve taken die vatbaar zijn voor AI-toepassingen. Software- en applicatieontwikkelaars 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 uit te sluiten is dat (op termijn) ook niet-routinematige cognitieve taken vervangbaar zijn. Momenteel zorgen ontwikkelingen in generatieve kunstmatige intelligentie als ChatGPT, Dall-E 2 en Sora er bijvoorbeeld al voor dat werknemers bepaalde niet-routinematige taken efficiënter kunnen uitvoeren.

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



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

**Het vervangen van routinematige taken kan bijdragen aan arbeidsbesparingen in sectoren die relevant zijn voor de energietransitie.** Momenteel bestaat een aanzienlijk deel van het werk nog uit routinematige taken, waardoor er potentieel is om arbeidsbesparingen te realiseren door technologie in te zetten voor het vervangen van deze taken. Tabel 2.2 laat bijvoorbeeld zien dat als technologieën alle routinematige taken kunnen vervangen in de Energiesector, er 8 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 ongeveer duizend voltijdequivalenten, enkel in de acht beroepsgroepen uit Tabel 2.2. 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 productieleiders en hulpkrachten

	Besparing arbeidsinzet (fte) bij vervanging alle..		Totaal
	..fysiek routinematige taken	..cognitief routinematige taken	
Administratief medewerkers	131	710	841
Bedieners van machines en apparaten	225	48	273
Elektriciens	771	567	1.338
Engineers / ingenieurs	309	1.012	1.321
Hulpkrachten bouw en industrie	1.330	324	1.654
Operators	206	71	277
Productieleiders	870	1.026	1.896
Software- en applicatieontwikkelaars	63	778	841
<b>Totaal</b>	<b>3.905</b>	<b>4.536</b>	<b>8.441</b>

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

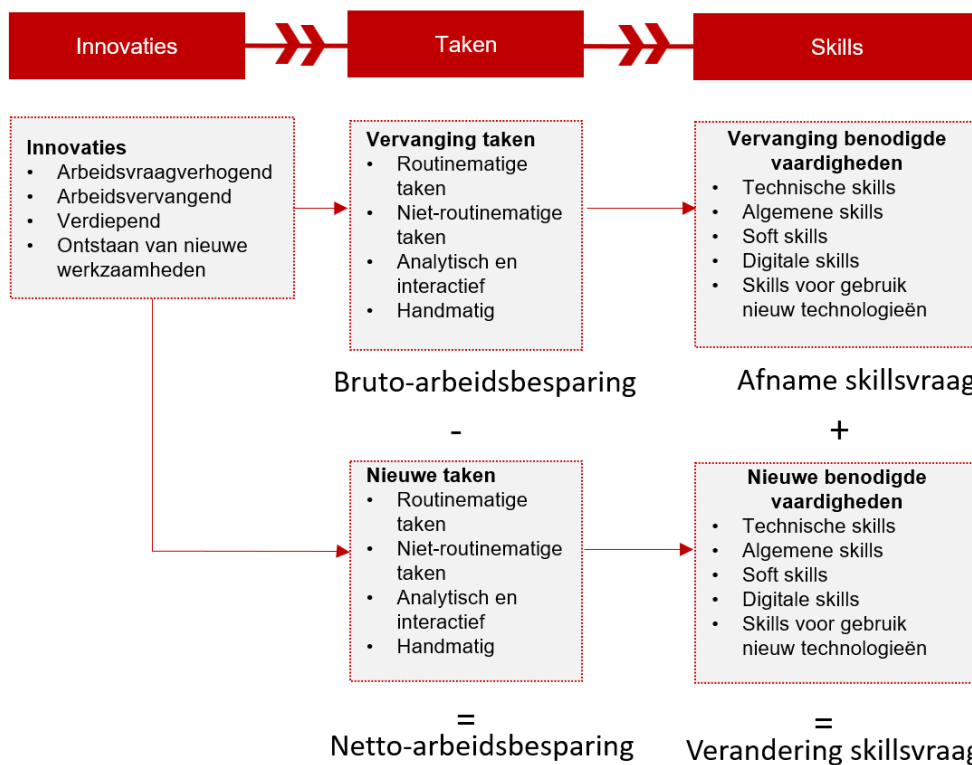
Noot: De cijfers over de werkgelegenheid binnen verschillende beroepen en de verdeling naar werktaken binnen die beroepen zijn gebruikt om een inschatting te maken van de besparing op arbeidsinzet als binnen al die beroepen de routinematige taken zouden worden vervangen.

### 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).<sup>5</sup> Hierdoor gaat de vraag naar arbeid (of bepaalde types van arbeid) omhoog, omdat de producten en diensten

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

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 CO<sub>2</sub>-reductie. Met eenzelfde hoeveelheid arbeidsinzet kan er dan meer CO<sub>2</sub> 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 afnemen.

## 4 Arbeidsbesparing gesubsidieerde innovaties

De meeste gesubsidieerde innovatieprojecten zorgen voor een verhoging van de arbeidsvraag. Slechts 25 procent van de gesubsidieerde innovaties is naar verwachting netto arbeidsbesparend. Vooral binnen de beroepsgroepen installateurs, elektriciens en engineers vinden arbeidsbesparingen plaats.

Dit hoofdstuk schetst een beeld van de gevolgen van gesubsidieerde innovaties voor de arbeidsvraag (in termen van beroepen, werktaken en skills). Hiervoor maken we gebruik van een online enquête uitgezet onder innovatieontwikkelaars 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 innovatieontwikkelaars de enquête ingevuld (responspercentage van 25 procent), waarvan 126 innovatieontwikkelaars zich richten op de Energiesector.

### 4.1 Gevolgen innovaties op arbeidsvraag

**Gesubsidieerde innovaties verhogen over het algemeen de arbeidsvraag.** Van de gesubsidieerde innovatieprojecten verwacht een meerderheid (55 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, maar niet zozeer op de efficiëntie van (arbeids)processen. Hierdoor zijn hun productieprocessen nog niet zo efficiënt als bestaande productieprocessen.

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

Type innovatie	Aantal	Percentage
<b>Totaal aantal innovaties</b>	<b>126</b>	<b>100%</b>
• Netto arbeidsbesparende innovaties	31	25%
• Netto arbeidsvraagverhogende innovaties	69	55%
• Innovaties die geen invloed hebben op de arbeidsvraag	21	17%
• Onbekend	5	4%
Bruto arbeidsbesparende innovaties	46	37%

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

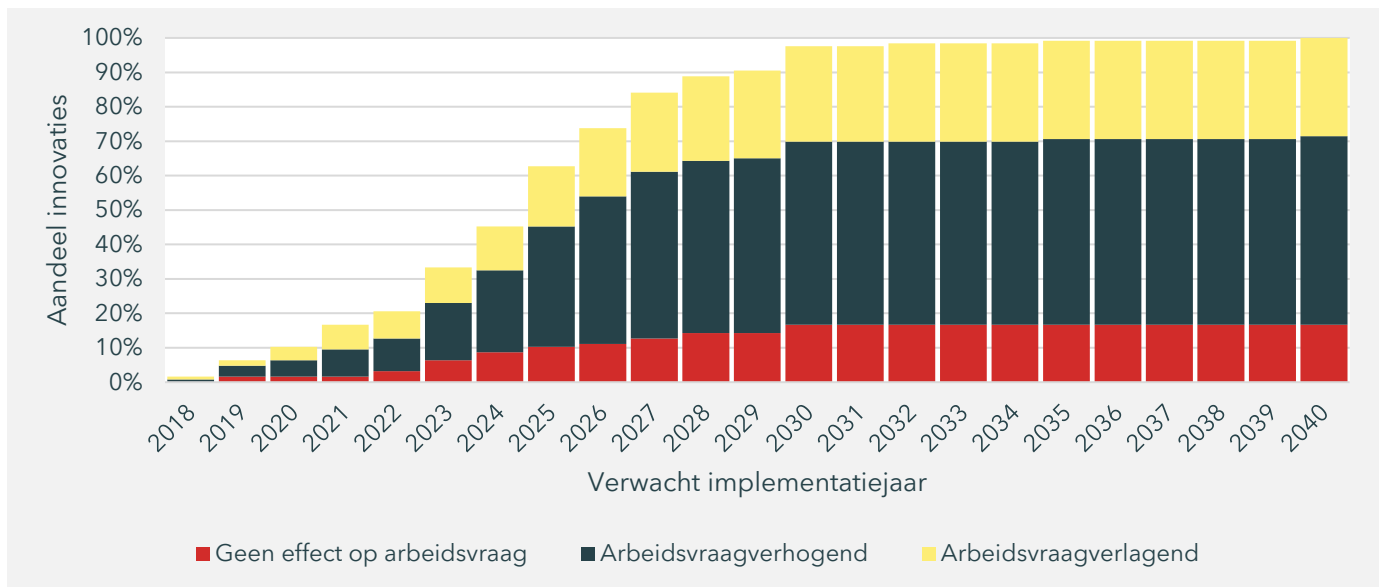
Noot: Netto arbeidsbesparende innovaties = na volledige implementatie is naar verwachting minder arbeidsinzet nodig in de energietransitie. Netto arbeidsvraagverhogende innovaties = na volledige implementatie is naar verwachting meer arbeidsinzet nodig in de energietransitie. Bruto arbeidsbesparende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

**Een minderheid van de gesubsidieerde innovatie zorgt voor arbeidsbesparingen.** Van de gesubsidieerde innovatieprojecten verwacht 37 procent te zorgen voor bruto arbeidsbesparingen. Dit betekent dat er na implementatie van de innovatie minder vraag is naar één of meerdere beroepen. Deze lagere arbeidsvraag leidt echter niet noodzakelijkerwijs tot netto arbeidsbesparingen, omdat de vraag naar andere beroepen juist toeneemt. Slechts 16 procent van de gesubsidieerde innovatieprojecten verwacht ook netto arbeidsbesparend te zijn. Alleen deze innovaties 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 meeste gesubsidieerde innovatieprojecten bevinden zich op dit moment nog in deze fase. De verwachting is dat veel innovatieprojecten in de periode 2024-2030 tot implementatie komen. Slechts drie innovatieprojecten verwachten na 2030 tot implementatie te komen. Dat betekent dat de meeste arbeidsbesparingen, maar ook de verhogingen in arbeidsvraag, naar verwachting vóór 2030 plaatsvinden. Hierbij zij wel opgemerkt dat innovatieprocessen inherent onzeker zijn. Het gaat hier dus vooral om verwachtingen. In de praktijk kan de ontwikkel- of implementatiefase langer (korter) duren of kan een innovatie mislukken en/of niet op de markt komen.

Figuur 4.1 De meeste innovaties zijn nog niet op de markt gebracht maar worden in de komende tien jaar geïmplementeerd

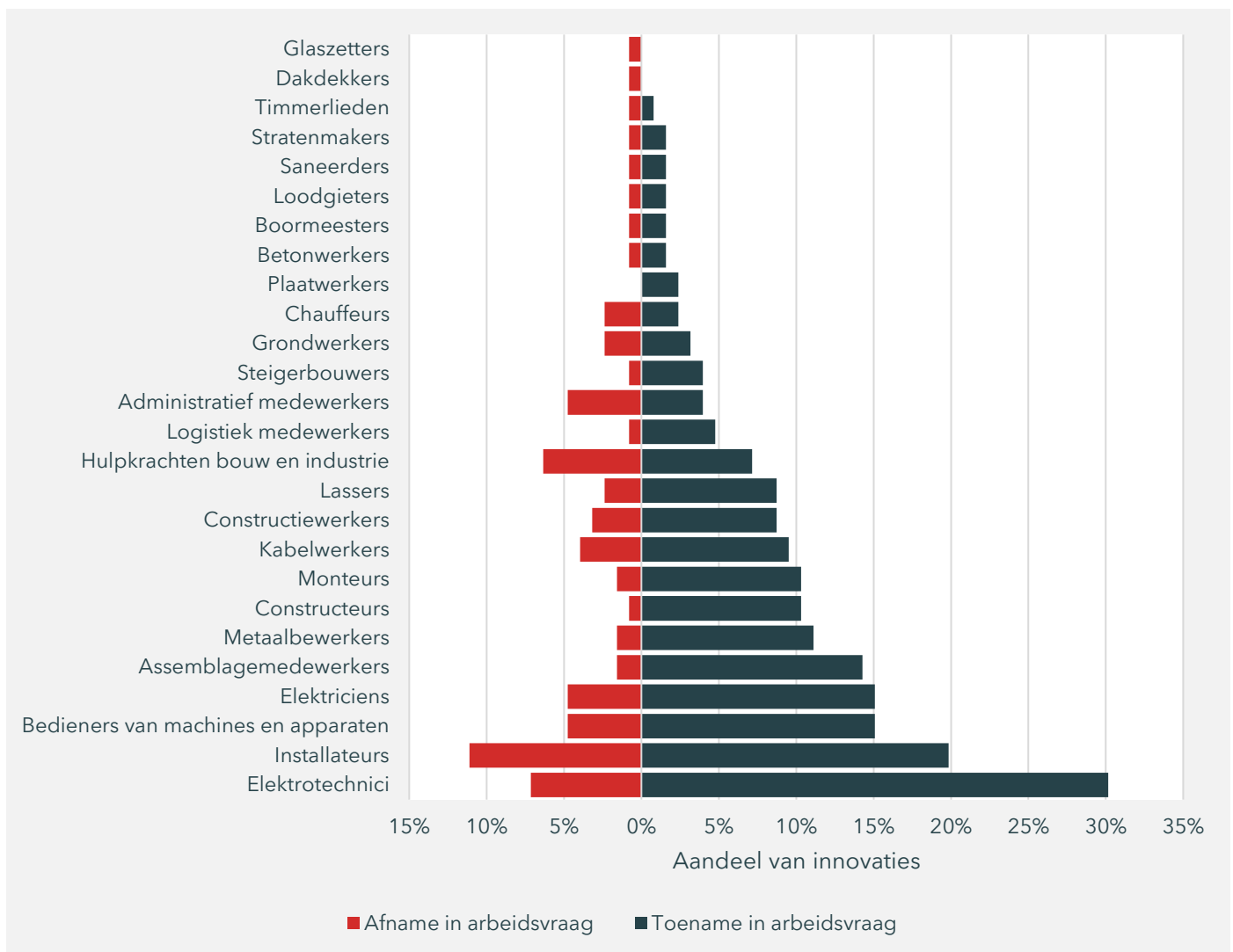


Bron: Enquête onder innovatie-ontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

**Ontwikkelaars verwachten over het algemeen dat hun innovaties zullen leiden tot een toename van de vraag naar mbo-beroepen, eerder dan tot een afname.** Dit patroon is waarneembaar binnen bijna alle beroepsgroepen (zie Figuur 4.2). Een uitzondering vormen administratief medewerkers: ontwikkelaars verwachten vaker dat de vraag naar administratief medewerkers afneemt dan toeneemt door hun innovatie. Administratief medewerkers zijn vanwege de routinematige cognitieve handelingen ook erg vatbaar voor technologische ontwikkelingen.

**Arbeidsbesparingen in meer praktische beroepen vinden vooral plaats onder installateurs.** 11 procent van de ontwikkelaars geeft aan te zorgen voor arbeidsbesparingen onder installateurs. Eerder zagen we al dat veel van het werk van installateurs 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 geeft bijna 20 procent van de gesubsidieerde innovaties juist aan te zorgen voor een verhoging van de vraag naar installateurs. Ook dat is niet verrassend: veel technologische innovaties in de energiesector richten zich op de implementatie van vernieuwende duurzame energiebronnen zoals zonnepanelen en windparken, wat gepaard kan gaan met een toenemende vraag naar installateurs.

Figuur 4.2 30 procent van de ondervraagde innovatieontwikkelaars geeft aan dat de vraag naar elektrotechnici toeneemt



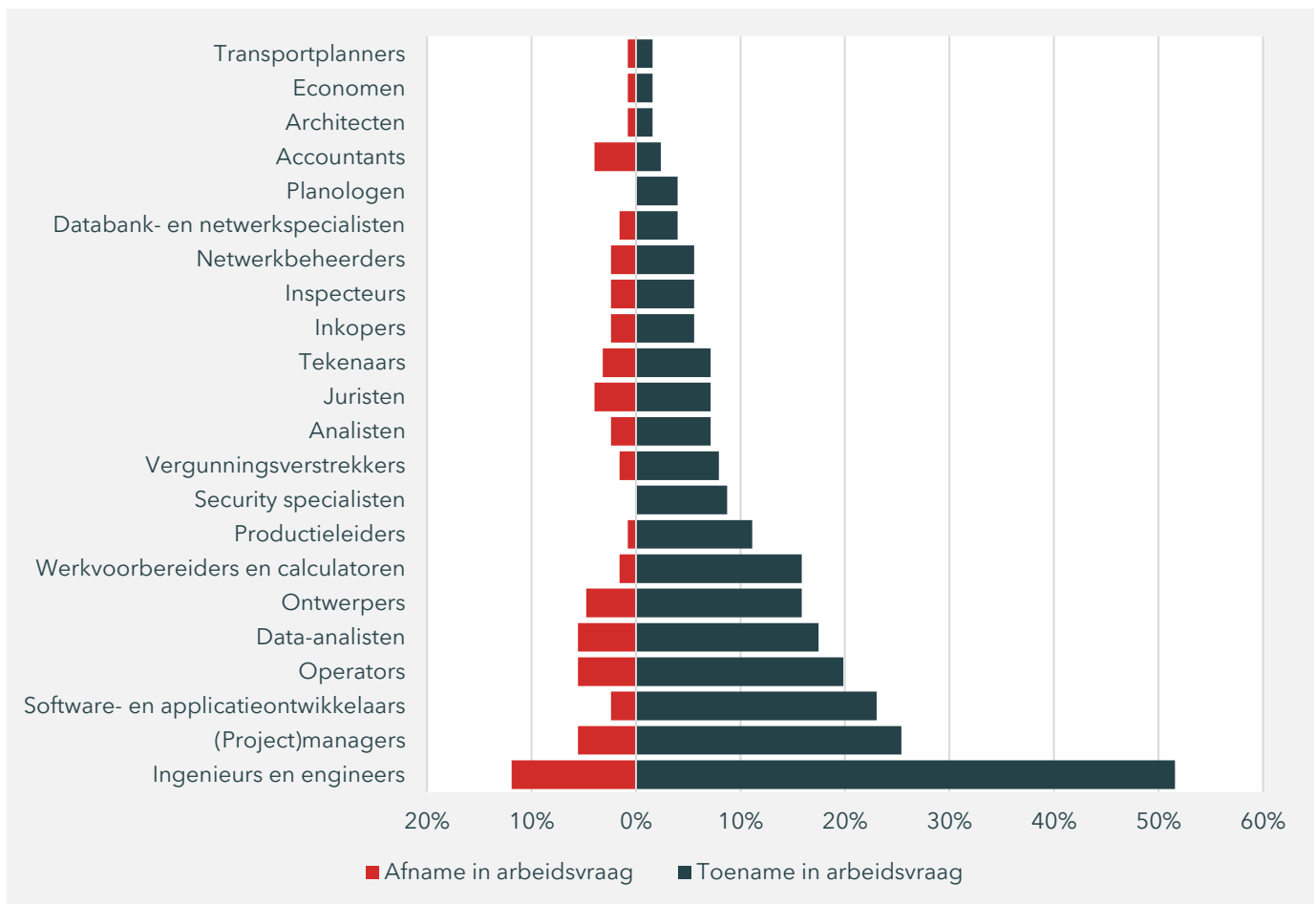
Bron: Enquête onder innovatie-ontwikkelaars, bewerking SEO Economisch Onderzoek (2024)

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

**Ontwikkelaars verwachten over het algemeen dat hun innovaties zullen leiden tot een toename van de vraag naar hbo- en wo-beroepen, eerder dan een afname.** Dit patroon is waarneembaar binnen bijna alle beroepsgroepen (zie Figuur 4.2) Een uitzondering vormen accountants: ontwikkelaars verwachten vaker dat de vraag naar accountants afneemt dan toeneemt door hun innovatie. Accountants verrichten veel routinematig cognitief werk, wat hun werk vatbaar maakt voor technologische ontwikkelingen.

**Arbeidsbesparingen in meer theoretische beroepen vinden vooral plaats onder engineers.** Zo geeft meer dan 10 procent van de innovatieontwikkelaars aan dat de arbeidsvraag naar engineers afneemt door hun innovatie. Er is op dit moment veel onvervulde vraag naar engineers, en de verwachtingen van ROA (2028) zijn dat de krapte aan engineers de komende jaren aanblijft. Innovaties die engineers ontlasten vormen daarom een welkome oplossing voor deze knelpunten. Binnen de energiesector richt een deel van de innovaties zich op een slimmere inrichting van de productie door te werken met bestaande automatiseringstoepassingen en met elkaar communicerende systemen. Hiermee worden engineers ontlast in hun werkzaamheden. Echter blijkt meer dan 50 procent van de gesubsidieerde innovaties juist de vraag naar engineers te verhogen men hun innovatie. Daarmee lijken de gesubsidieerde innovaties de knelpunten met betrekking tot engineers eerder te vergroten dan te verkleinen.

Figuur 4.3 Ruim 50 procent van de ondervraagde 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 Energiesector. 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 Energiesector.

**Veel van de arbeidsbesparende innovaties in de Energiesector richten zich op slimmere energienetwerken en integratie van energiebronnen.** Hierbij gaat het bijvoorbeeld om de implementatie van smart grids die met gebruik van geavanceerde sensoren en automatiseringsprocessen het elektriciteitsnet efficiënter kunnen beheren, monitoren en optimaliseren. Een voorbeeld is een zelflerend regelsysteem voor kantoorgebouwen, waardoor er minder handmatige aansturing van machinebedieners en operators nodig is. Ook richten innovaties zich op de integratie van duurzame energiebronnen (zoals zonne-energie) in gebouwen, wegen en andere stedelijke infrastructuur. Eén innovatie richt zich bijvoorbeeld op het automatiseren van het identificeren en oplossen van defecten in zon-PV systemen. Dit ontlast zonnepanelenmonteurs in hun werkzaamheden.

**Andere innovatieprojecten richten zich op een efficiëntere installatie of productie van duurzame energiebronnen.** Een innovatieproject betreft bijvoorbeeld de implementatie van een elektrolyser waarmee op grote schaal groene waterstof kan worden geproduceerd (zie Box. 4.2). Door de schaalvoordelen en door gebruik te maken van moderne technologieën zijn minder bedieners en engineers nodig in het productieproces. Andere innovaties richten zich op een efficiëntere installatie van zonnepanelen en PV-systemen. Een innovatieproject richt zich bijvoorbeeld op de productie van modulaire kleine PV-systemen waarbij alle componenten (waaronder PV-paneel, onderconstructie, omvormer en elektronica) worden geïntegreerd waardoor installatiegemak en snelheid optimaal zijn. Dit maakt het uiteindelijk mogelijk dat consumenten zelf PV-systemen kunnen installeren, waardoor de arbeidsinzet van installateurs afneemt. Een ander innovatieproject richt zich 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.

### Box 4.1 Grootschalige waterstofproductie

Een innovatieproject betreft de implementatie van een elektrolyser waarmee op grote schaal groene waterstof in Europa kan worden geproduceerd. Deze groene waterstof draagt bij aan het verminderen van emissies in de industrie, transport en verwarming. Door gebruik te maken van moderne technologieën bij de waterstofproductie zijn er minder bedieners van machines en apparaten en engineers nodig. De hogere mate van automatisering leidt ertoe dat bedieners bijvoorbeeld minder controlerondes in de fabriek hoeven te doen en minder hoeven te zoeken naar data. Hierdoor besparen zij gemiddeld zo'n 10 uur per werkweek. Daarnaast zorgt de innovatie voor outsourcing van werkzaamheden naar andere landen, waardoor er minder bedieners nodig zijn in Nederland. De veranderingen in het werk van bedieners van machines en apparaten zorgen ervoor dat bepaalde skills belangrijker worden. Zo is het belangrijk dat bedieners beschikken over aanpassingsvermogen en sociale en communicatieve vaardigheden, evenals computervaardigheden en kennis van techniek en van specifieke software. Doordat er minder aan datacollectie hoeft worden gedaan, neemt ook de vraag naar engineers af. Dit resulteert in een arbeidsbesparing van gemiddeld 10 uur per werkweek. Om goed te kunnen werken met de innovatie is het belangrijk dat engineers voldoende beschikken over aanpassingsvermogen, computervaardigheden en kennis van specifieke software.

**Specifiek richten arbeidsbesparende innovaties zich op de offshore windsector.** Deze innovaties richten zich op het verminderen van arbeidsinzet bij de fundering, installatie en het onderhoud van offshore windparken.

- Met betrekking tot de fundering gaat het bijvoorbeeld om efficiëntere installatietechnieken om funderingspalen te plaatsen. Funderingspalen zijn enorm en met de groter wordende turbines worden deze alleen maar groter. Het is een tijdrovend en uitdagend proces om de palen de grond in te hameren. Met nieuwe installatietechnieken kunnen installateurs de palen de grond in 'draaien' in plaats van 'hameren'. Hierdoor daalt niet alleen het geluid en de trillingen die gepaard gaan met het installatieproces, maar besparen installateurs ook tijd bij het plaatsen van de palen.
- Met betrekking tot de installatie van windturbines gaat het bijvoorbeeld om innovatieve hijskranen als alternatief voor het bouwen van een compleet nieuw installatieschip. Dat bespaart onder andere arbeidsinzet in de scheepsbouw, maar ook bij het installeren van turbines zelf.
- Met betrekking tot het onderhoud worden inspectiedrones ingezet voor visuele inspectie van windturbines (zie Box 4.1). De inspectie is nu erg arbeidsintensief: windtechnici moeten met de boot naar de turbines en vervolgens de turbines op voor inspectie en onderhoud. Door inspectiedrones in te zetten hoeven windtechnici minder frequent de oversteek te maken naar de turbines, de turbinebladen minder vaak te inspecteren en minder vaak reparaties en vervangingen uit te voeren. Er zijn zelfs drones in ontwikkeling die niet bestuurd hoeven te worden, waardoor inspectiewerkzaamheden vrijwel volledig verricht zouden kunnen worden door drones. Wel neemt de vraag naar data-analisten en databankspecialisten toe doordat de data van de inspectierobot nog wel geschoond, geïnterpreteerd en gecombineerd moet worden om conclusies te kunnen trekken uit de inspectie.
- Tot slot zijn er innovaties die ervoor zorgen dat onderhoud en reparatie minder nodig is. Het gaat bijvoorbeeld om het toepassen van coatings op windturbine die kleine beschadigingen automatisch kunnen herstellen, waardoor de behoefte aan regelmatig onderhoud afneemt. Ook gaat het om slimme sensortechnologie voor het monitoren van windcondities en prestaties van windturbines. Dit vermindert de noodzaak voor handmatige inspectie en optimaliseert de operationele efficiëntie.

Deze innovaties zijn uitgebreid beschreven in de aparte deelrapportage over de offshore windsector.

#### Box 4.2 Inspectiedrones voor onderhoud windturbines

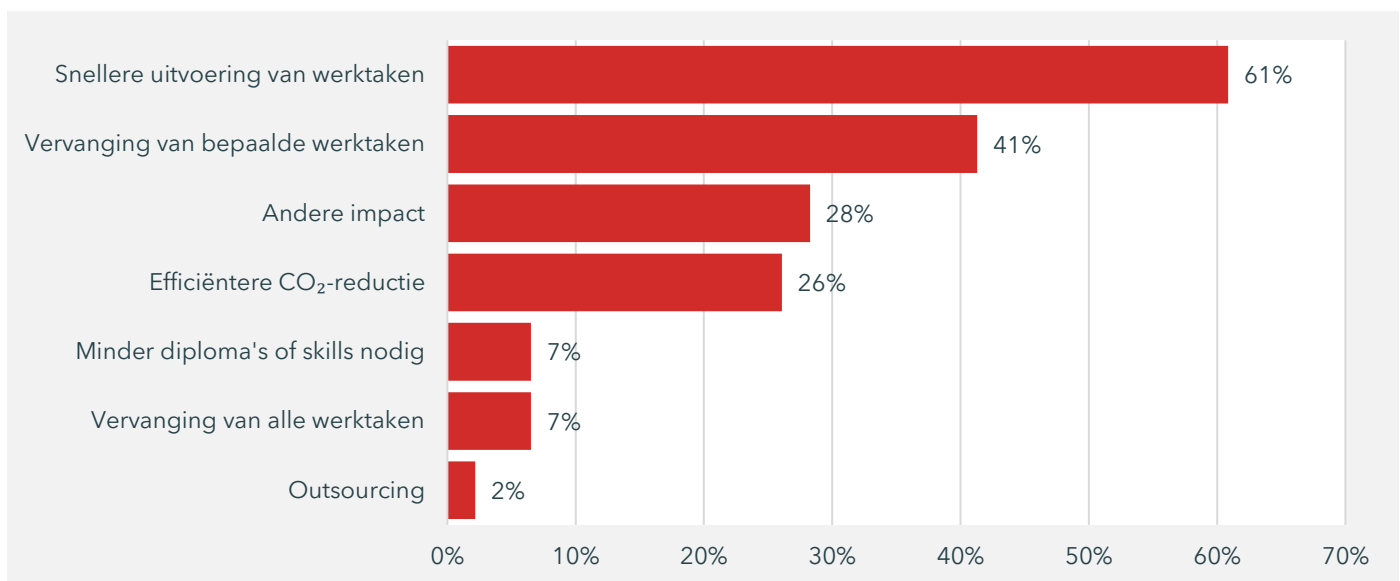
Een voorbeeld van een innovatie die zich bezighoudt met wind op zee is een project dat zich richt op het verbeteren van het onderhoud van windturbines op zee. Het project richt zich specifiek op het aanpakken van problemen zoals slijtage aan de windturbinebladen, wat momenteel leidt tot hogere kosten en verminderde energieopbrengst. Met behulp van geavanceerde technologie, waaronder drones met sensoren, wordt deze slijtage opgespoord en gerepareerd. Dit leidt tot een hogere energieopbrengst en lagere onderhoudskosten. De innovatie zorgt voor een verminderde arbeidsvraag, doordat er minder windtechnici nodig zijn voor het onderhoud van de windturbines. Zo hoeven windtechnici turbinebladen niet meer te inspecteren en zullen reparaties aan de bladen en vervangingen veel minder vaak nodig zijn door beter inzicht in de conditie van de bladen. Wel worden data-analyse en -interpretatie van de inspectierobot belangrijker in het werk van windtechnici. Al met al zullen windtechnici zo'n 10 uur aan werktijd besparen in een week, met een verschuiving van fysieke niet-routinematige taken naar meer cognitief niet-routinematige taken. Door deze verandering in werkzaamheden wordt een aantal soft-skills als aanpassingsvermogen, creativiteit en probleemoplossend vermogen belangrijker. Daarnaast zullen computer- en datavaardigheden en kennis van nieuwe technologieën, robots en specifieke software belangrijk worden. Om de verzamelde data van de inspectierobot te schonen, interpreteren, combineren en analyseren om tot de juiste inzichten te komen, zal de vraag naar databank- en netwerk specialisten toenemen. Desondanks leidt de innovatie netto wel tot arbeidsbesparing.

**Opvallend is dat er weinig innovaties zijn gericht op warmtenetten.** Het klimaatakkoord stelt als doel dat warmtenetten in 2030 gemiddeld 70 procent minder CO<sub>2</sub> uitstoten dan cv-ketels nu doen. Momenteel zijn slechts 400 duizend van de 7 miljoen huizen aangesloten op een warmtenet. Dit aantal moet tegen 2030 stijgen naar 1,2

miljoen woningen. Dit vereist de aanleg en het onderhoud van duurzame warmtenetten, afkomstig van bijvoorbeeld geothermie of duurzame restwarmte, en het aansluiten van huizen op deze warmtenetten. Volgens TNO betekent dit dat er tot en met 2030 ongeveer 14 duizend extra banen nodig zijn. Echter zijn er zover bekend weinig gesubsidieerde innovatieprojecten die specifiek gericht zijn op de aanleg, onderhoud en aansluiting van warmtenetten, en nog minder innovaties die zorgen voor arbeidsbesparingen bij deze werkzaamheden.

**Arbeidsbesparingen zijn vooral het gevolg van een snellere uitvoering en vervanging van werktaken.** De arbeidsbesparingen worden voornamelijk gerealiseerd door innovaties die zorgen voor een snellere uitvoering van werktaken (zie Figuur 4.4). Deze innovaties verbeteren de productiviteit van bestaande arbeid, bijvoorbeeld doordat installatie-onderdelen (zoals funderingspalen) eenvoudiger zijn te plaatsen of doordat installatie van duurzame energiebronnen sneller kan worden uitgevoerd. Verder zorgen de innovaties voor een vervanging van werktaken. Deze innovaties resulteren in nieuwe toepassingen die menselijke inzet overbodig maken, zoals bijvoorbeeld het gebruik van inspectiedrones waardoor inspectiewerkzaamheden verdwijnen. Ten slotte dragen innovaties vaak bij aan een effectievere CO<sub>2</sub>-reductie. Met dezelfde hoeveelheid arbeidsinspanning kan er meer CO<sub>2</sub> worden verminderd, wat de energietransitie minder arbeidsintensief maakt. Ook in dit geval kan gesproken worden van een arbeidsbesparing.

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



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

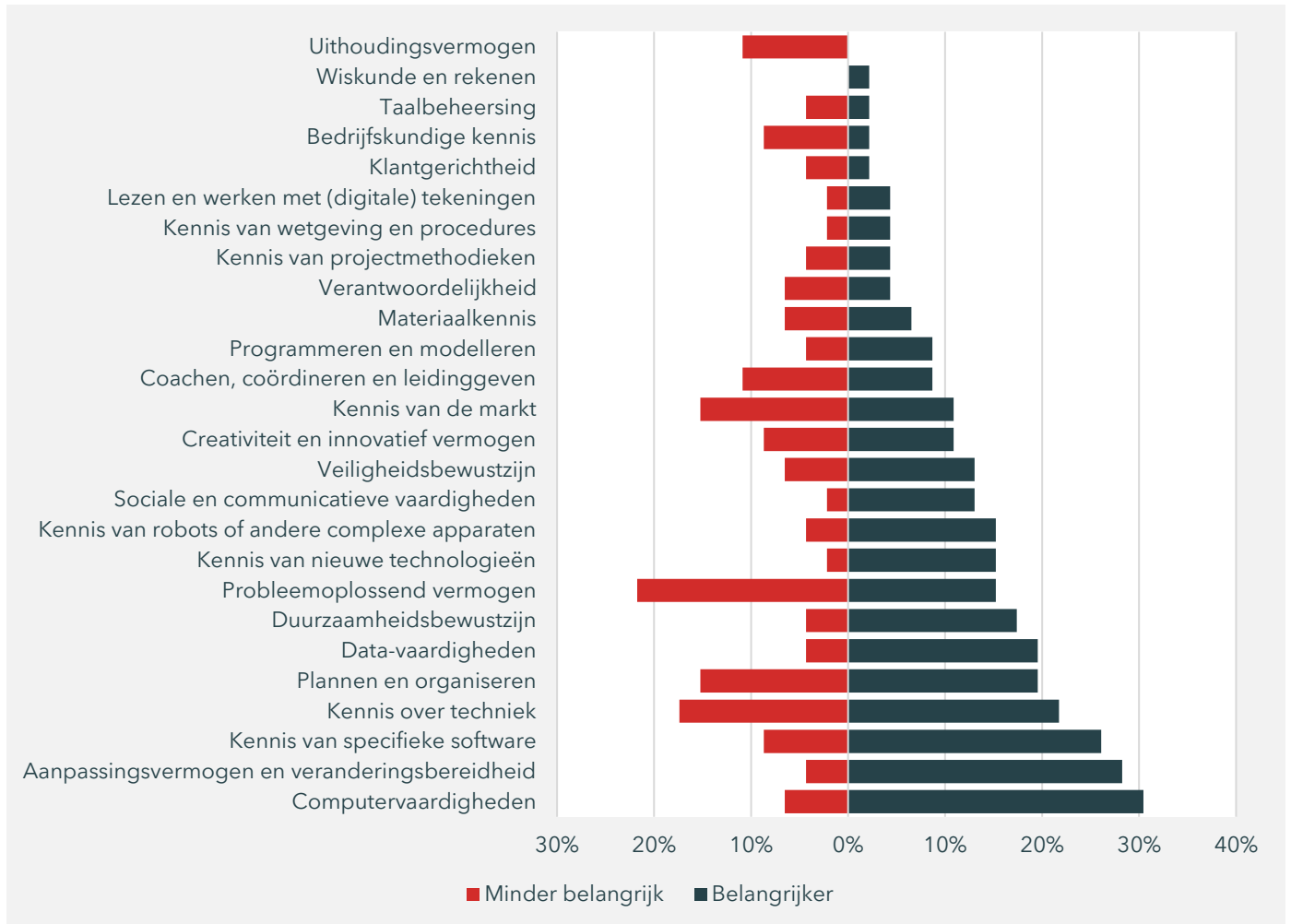
### 4.3 Verandering in belang skills door innovaties

**Skills complementair aan de technologie winnen aan belang.** Dan gaat het om soft skills als aanpassingsvermogen en veranderingsbereidheid (zie Figuur 4.5). Werknemers moeten in staat zijn om flexibel om te gaan met veranderende omstandigheden. Verder krijgen hard skills die werknemers in staat stellen om te werken met de nieuwe technologieën steeds meer gewicht. Specifieke kennis over techniek, robots, complexe apparaten, evenals vaardigheden in het omgaan met specifieke software en data- en computervaardigheden worden belangrijker. Daarentegen zien we een afname in het belang van skills zoals uithoudingsvermogen omdat het werk



minder fysiek wordt. Eveneens vermindert de noodzaak van het probleemoplossend vermogen, mogelijk doordat slimme technologische toepassingen steeds vaker zelf in staat zijn defecten op te lossen.

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



Bron: Enquête onder innovatie-ontwikkelaars, 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 innovatie-ontwikkelaars verwachten geen effect op de vraag naar de specifieke skill.

## 5 Belemmeringen en kansen

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

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

### 5.1 Belemmeringen van innovatie-ontwikkelaars

**Innovatie-ontwikkelaars ervaren belemmeringen in de wet- en regelgeving.** Veelal is voor innovatieve producten of productieprocessen nieuwe of aangepaste wet- en regelgeving nodig. Het proces van het opstellen en wijzigen van wet- en regelgeving kan tijdrovend zijn. Hierdoor loopt de regelgeving vaak achter op de snel veranderende technologische ontwikkelingen. Dit kan innovatieprojecten vertragen, omdat de benodigde goedkeuringen mogelijk nog niet beschikbaar zijn. Een aantal voorbeelden die ontwikkelaars noemen zijn de lange wachttijden voor toestemming voor het gebruik van inspectiedrones en beperkte mogelijkheden voor het bijmengen van waterstof in aardgas. Ook kan wet- en regelgeving fragmentarisch en complex zijn, vooral als het gaat om innovaties die meerdere sectoren of disciplines overstijgen. Het navigeren door verschillende sets regels en voorschriften kan dan een uitdaging zijn voor innovatieprojecten. Bijvoorbeeld bij de productie van waterstof missen ontwikkelaars consistentie in de regelgeving over de hele keten, en worden veel complexe en tegenstrijdige eisen gesteld aan het productieproces.

*“Zowel de wet- en regelgeving als de marktordening zijn nog altijd volledig afgestemd op het oude en vervuilende energiesysteem. Dit politiek falen belemmert de marktintroductie voor schone energietechnologie.”*

*“De wet- en regelgeving werkt verstikkend voor de uitrol van waterstof. Wij realiseren de keten van wind tot wiel en in die gehele keten komen we de overheid op minimaal 15 plekken tegen. Er is geen enkele consistentie door de keten heen en er worden teveel tegenstrijdige en complexe eisen gesteld. In die zin hebben we meer juristen nodig om die chaos te ontwarren.”*

**Daarnaast noemen innovatie-ontwikkelaars de financiële onzekerheid als belemmering.** 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. Ook hebben ontwikkelaars te maken met onzekere marktomstandigheden, zoals schommelende prijzen, vraagvolatiliteit en geopolitieke instabiliteit. Deze onzekerheden kunnen het moeilijk maken om toekomstige vraag naar innovaties te voorspelen, wat investeringsbeslissingen bemoeilijkt.

*“Netcongestie, hoge integratiekosten die niet onder de SDE vallen en onduidelijkheden over energieprijzen maken dat bedrijven afwachtend zijn met de aangedragen investeringen”.*

*“Economische belemmeringen, onze innovatie is duurder dan de fossiele alternatieven. Zolang het financiële plaatje niet anders wordt, zal de innovatie niet op de markt komen. ”*

*“Het aggregaat is nog steeds duurder dan een diesellaggregaat. Extra duurzaamheidswetgeving zal benodigd zijn om dit duurzame alternatief van diesel ook op gebied van prijsconcurrerend te kunnen maken. ”*

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



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

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

**Tot slot noemen ze de elektriciteitsinfrastructuur als belemmering.** Ze ondervinden belemmeringen als gevolg van netcongestie, wat verwijst naar overbelasting of capaciteitsproblemen in het elektriciteitsnetwerk. Wanneer innovatieprojecten, zoals nieuwe duurzame energieproductie, worden geïmplementeerd, kan dit leiden tot een toename van de belasting op het netwerk. Als de bestaande infrastructuur niet voldoende capaciteit heeft, kan dit leiden tot congestie en beperkingen voor nieuwe projecten. Hierdoor is het voor ontwikkelaars steeds moeilijker om hun innovatie tot implementatie te brengen. Specifiek duurzame energiebronnen, zoals wind- of zonne-energie, zijn vaak geconcentreerd op afgelegen locaties. Als deze locaties ver van bestaande energie-infrastructuur liggen,

kan het moeilijk zijn om de opgewekte energie efficiënt naar de vraagcentra te transporteren, wat congestie kan veroorzaken.

*“Netcongestie is ook voor deze innovatie een groot probleem. Ondanks de aanwezigheid van de e-aansluiting is er geen vermogen beschikbaar. ”*

*“Congestieproblematiek niet alleen als een probleem van kabels zien. Als je ook de eindgebruiker bij de oplossing betreft kan er een verdienmodel achter de meter ontstaan, met meer lokale opwek en verbruik, die simultaan de belasting op het net vermindert. ”*

## 5.2 Kansen bij werkgevers

**Veel werkgevers ontwikkelen en implementeren arbeidsbesparende innovaties buiten subsidieprojecten om.** Uit een enquête onder werkgevers in de Energiesector blijkt dat 63 procent van de ge-enquêteerde werkgevers momenteel bezig is met het ontwikkelen of implementeren van arbeidsbesparende innovaties. Van deze groep investeert ongeveer de helft 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 63 procent van de ge-enquêteerde werkgevers in de Energie is bezig met het ontwikkelen of implementeren van arbeidsbesparende innovaties

Type innovatie	Aantal	Percentage
Geen arbeidsbesparende innovaties	6	27%
Arbeidsbesparende innovatie(s)	10	63%
• Nieuwe schaalbare technologie	5	50%
• Nieuwe technologie voor eigen bedrijf	3	30%
• Bestaande technologie	6	60%
<b>Totaal</b>	16	100%

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

**Box 5.1** Twee voorbeelden van arbeidsbesparende innovatie van niet-gesubsidieerde werkgevers

Een voorbeeld van een bedrijf dat bezig is met de ontwikkeling/implementatie van arbeidsbesparende innovaties is een bedrijf dat gespecialiseerd is in het ontwikkelen, realiseren en exploiteren van infrastructuren voor warmte, koude, waterstof, duurzame gassen, zon- en windenergie en lokale energiesystemen (of energy hubs). Het bedrijf zet zich in voor de energietransitie door middel van activiteiten op het gebied van het ontwerpen van de elektriciteitsinfrastructuur, het ontwerpen van energiesystemen en het ontwerpen van warmtenetten en warmte-/koudenetten. In het bedrijf werken met name ingenieurs, ontwerpers, software- en applicatieontwikkelaars en netwerkbeheerders, maar ook (project)managers en juristen. Momenteel is het bedrijf bezig met de ontwikkeling van een arbeidsbesparende innovatie. Deze innovatie bestaat uit een design tool voor energy hubs en uit de standaardisatie van processen voor het ontwikkelen en realiseren van energy hubs en een waterstofinfrastructuur. Doordat de innovatie processen efficiënter maakt, zullen ook werknemers hun werkzaamheden efficiënter uit kunnen voeren. Tegelijkertijd zal er ook een grotere vraag ontstaan naar ingenieurs, ontwerpers en software- en applicatieontwikkelaars. De innovatie, die intern door het bedrijf is ontwikkeld, zal ook toepasbaar zijn voor andere bedrijven.

Een ander voorbeeld is een bedrijf dat diensten levert op het gebied van de productie, opslag en het delen van duurzame lokale elektrische energie. Het bedrijf is op verschillende vlakken actief in de energietransitie. Zo houdt het zich bezig met onshore zonne-energie, het ontwerpen van energiesystemen, systeemintegratie en de verduurzaming van de elektriciteitsinfrastructuur. In het bedrijf werken elektrotechnici, data-analisten, ingenieurs, netwerkbeheerders, (project)managers en software- en applicatieontwikkelaars. Vanwege de ontwikkeling van een smartgrid-systeem zal de behoefte om het net te verzwaren verminderen, waardoor de toekomstige arbeidsvraag af zal nemen. Er zal namelijk minder kabel- en installatiewerk nodig zijn aan de bestaande infrastructuur.

**Deze werkgevers ervaren belemmeringen in de ontwikkeling en implementatie van technologieën, waarbij overheidsinterventie een deel van de belemmeringen zou kunnen wegnemen.** Een van de meest genoemde belemmeringen is de beschikbaarheid van financiële middelen voor de financiering van arbeidsbesparende innovaties. Daarnaast noemen deze werkgevers ook netcongestie, wet- en regelgeving, en lange vergunningsprocedures als beperkingen voor het implementeren van hun innovaties.

## 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.<sup>6</sup> 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.<sup>7</sup> Als gevolg hiervan wordt er minder geïnvesteerd in innovatie dan vanuit maatschappelijk oogpunt wenselijk is. Het private rendement is met andere woorden lager dan het maatschappelijke rendement. Met innovatiebeleid kunnen innovatie-ontwikkelaars voor het verschil tussen het maatschappelijke en private rendement worden gecompenseerd via subsidies en belastingvoordelen.

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

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

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

<sup>6</sup> Onder andere beschreven in CPB (2016) 'Kansrijk innovatiebeleid'.

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

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

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

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

## 6.2 Handelingsperspectieven voor innovatiebeleid

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

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

De meeste gesubsidieerde innovaties lijken eerder de arbeidsvraag in de energietransitie te vergroten dan te verminderen. Voor ongeveer drie kwart van de gesubsidieerde innovatieprojecten gericht op de Energiesector geldt dat ze de arbeidsvraag naar eigen zeggen verder aanwakkeren (55 procent) of weinig impact hebben op de arbeidsvraag (17 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>- als arbeidsbesparing te bereiken, ervoor zorgen dat beide suboptimaal worden gerealiseerd.<sup>9</sup> Het is daarom goed

<sup>9</sup> Dit wordt ook wel de Regel van Tinbergen genoemd (Tinbergen, 1956).

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

Wel is het aan te raden om als randvoorwaarde op te nemen dat subsidieontvangers inzichtelijk maken wat de gevolgen zijn van hun innovaties voor de arbeidsmarkt. Een middel hiervoor is om aanvragers te onderwerpen aan een 'arbeidsmarkttoets'. Dit kan bijvoorbeeld door subsidieontvangers te stimuleren om zwaar en gevaarlijk werk uit te sluiten, hen te laten aangeven hoe de innovatie de arbeidsvraag beïnvloedt op korte en lange termijn, en hoe ze omgaan met eventuele toekomstige knelpunten in de beschikbaarheid van personeel. Zoals uit dit onderzoek blijkt, doen innovatieprojecten vaak een groter beroep op beroepen waar de krapte nu en in de toekomst al groot is, zoals engineers en elektriciens. 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 meer dan de helft van de werkgevers in de Energiesector 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.

## 6.3 Randvoorwaarden voor totstandkoming van innovaties

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

Onder randvoorwaardelijk beleid vallen instrumenten die de omstandigheden voor innovatie verbeteren zonder rechtstreeks in te grijpen. Denk daarbij aan rechtsorde, onderwijs, intellectuele-eigendomsrechten, infrastructuur, mededingingsbeleid, buitenlands economisch beleid en tegenwoordig ook netneutraliteit, privacyregels en beleid



gericht op cyberveiligheid. Innovatiebeleid alleen is daarom niet genoeg. Het vergt gecoördineerde beleidsinspanningen om een economie te creëren die innovatie bevordert.

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

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

**1. Wet- en regelgeving**

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

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

**2. Elektriciteitsinfrastructuur**

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

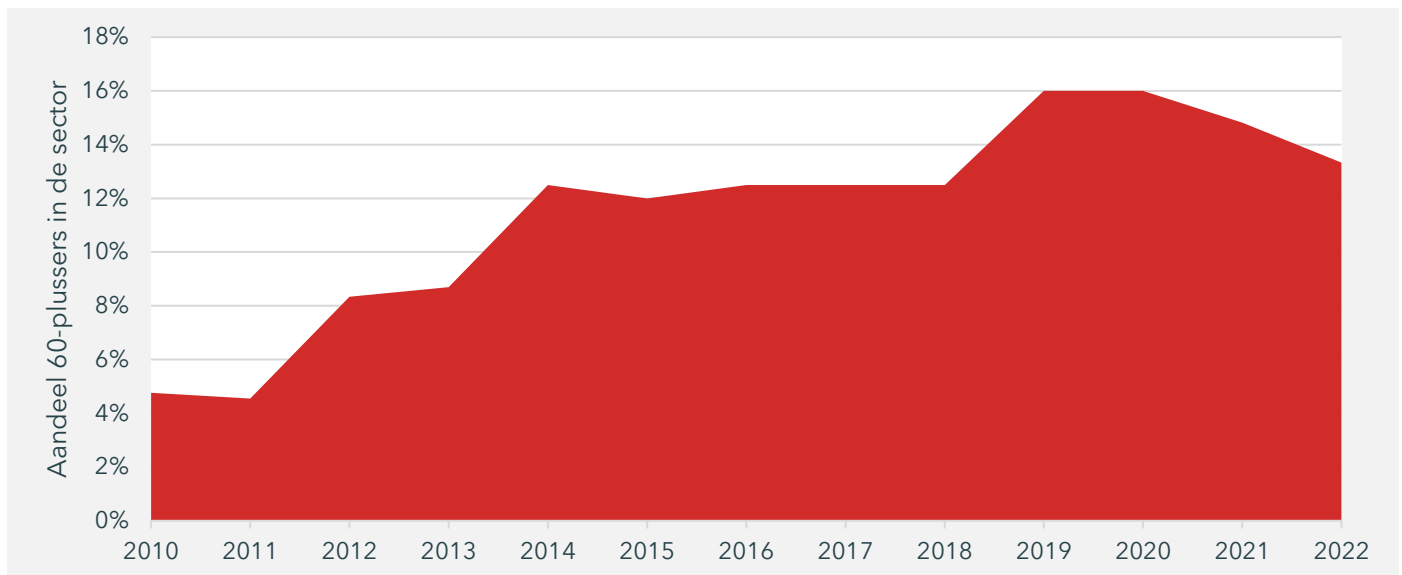
Oplossingen liggen in het prioriteren van de aansluiting van projecten op het elektriciteitsnetwerk die bijdragen aan het realiseren van de energietransitie, ofwel door arbeidsbesparende procesinnovaties, ofwel door productinnovaties. Ook kunnen netbeheerders, die ook kampen met problemen op het terrein van personeelscapaciteit, kijken naar creatieve manieren om netverzwaring uit te kunnen voeren (meer met prefab of robots). Dit vergroot niet alleen de toegankelijkheid van het elektriciteitsnetwerk, maar helpt ook bij het realiseren van arbeidsbesparingen in de energietransitie.

## Referenties

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

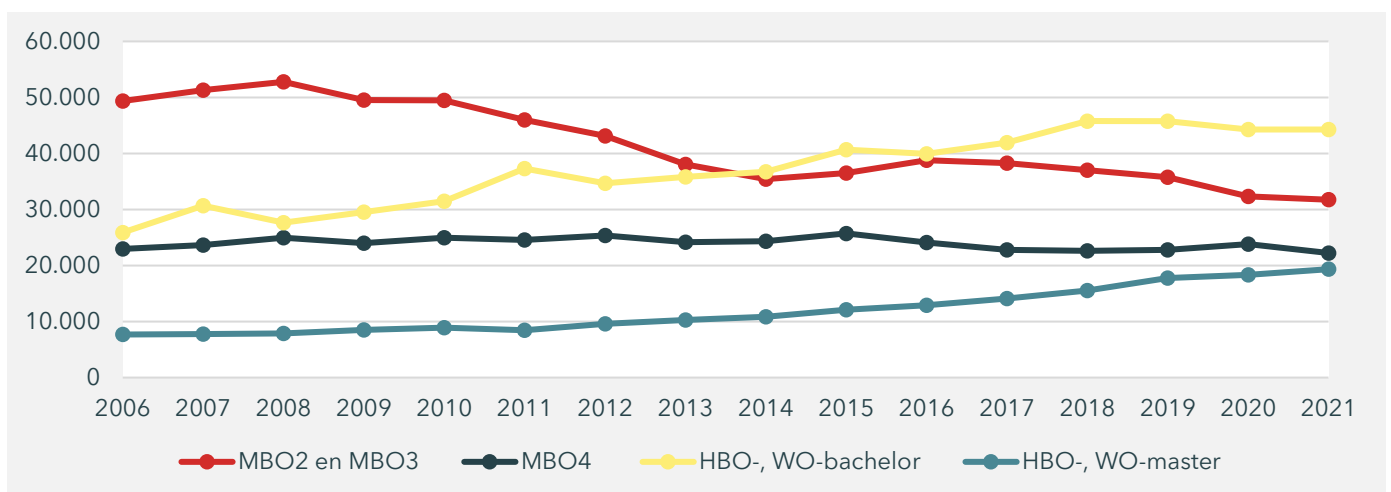
# Bijlage A Verdiepende informatie

**Figuur A.1** Het aandeel 60+'ers in de Energie is in de afgelopen jaren sterk gestegen, van 5 procent in 2010 naar 13 procent in 2022



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

**Figuur A.2** Aantal onderwijsinschrijvingen stijgt in hogere technische opleidingen en daalt in middelbare technische opleidingen



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

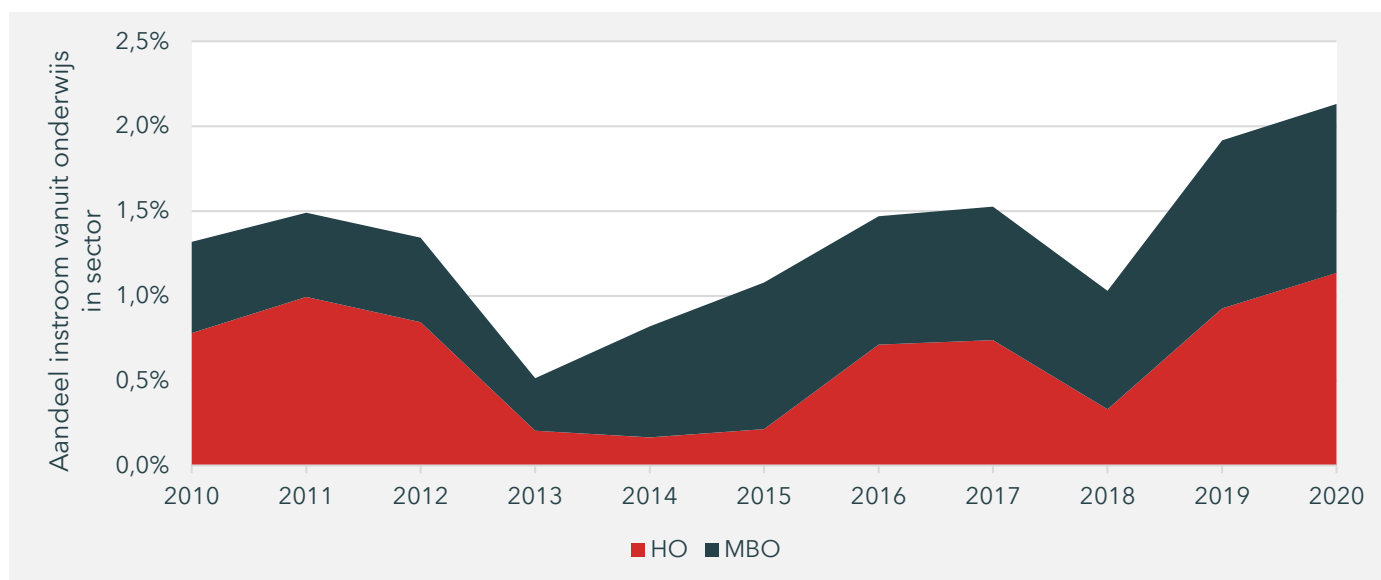
Noot: Voor de periode 2006-2021 zijn alle nieuwe inschrijvingen in technische opleidingen weergegeven. Het jaartal geeft het startjaar van de nieuwe inschrijving weer. Technische opleidingen zijn afgebakend conform het Techniekpact.

Tabel A.1 De meeste werknemers die overstappen naar de Energie, 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)
Specialistische zakelijke diensten	772	Specialistische zakelijke diensten	401
Verhuur en overige zakelijke diensten	768	Verhuur en overige zakelijke diensten	193
Bouwnijverheid	330	Handel	118
Handel	240	Bouwnijverheid	111
Industrie	229	Informatie en communicatie	105

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

Figuur A.3 Instroom in Energie vanuit het onderwijs is stabiel over de tijd



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

## 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-uitstoot verminderen door het gebruik van hernieuwbare energiebronnen of door het toepassen van CO<sub>2</sub>-besparende technieken. Belangrijk is dat de innovatie leidt tot CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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.

## Bijlage B Afbakening sector

SBI-code	Deelsector
35111	Productie van elektriciteit door thermische, kern- en warmtekrachtcentrales
35112	Productie van elektriciteit door windenergie
35113	Productie van elektriciteit door zonnecellen, warmtepompen en waterkracht
3512	Beheer en exploitatie van transportnetten voor elektriciteit, aardgas en warm water
352	Productie van aardgas
353	Productie en distributie van stoom en gekoelde lucht

## Bijlage C Overzicht arbeidsbesparende innovaties Energie

Type innovatie	Omschrijving	Implementatiejaar	Type innovatie	Innovatiethema
Circulair zonnepaneel	Volledig circulair zonnepaneel dat geautomatiseerd en kostenefficiënt kan worden gedemonteerd, met de mogelijkheid van hergebruik, reparatie, refurbishing en recycling.	2023	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Duurzame energieproductie
Hernieuwbare waterstofproductiefaciliteit	Bouw en exploitatie van een hernieuwbare waterstofproductiefaciliteit, gevoed door offshore windenergie.	2027	Geheel nieuw productieproces	Duurzame energieproductie
Groene waterstofproductie	Implementatie van een elektrolyser waarmee op grote schaal groene waterstof in Europa kan worden geproduceerd.	2026	Geheel nieuw productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Duurzame energieproductie
Modulair en flexibel PV-systeem	PV-systeem dat zowel aan de spoorzijde als aan de niet-spoorzijde van geluidsschermen kan worden bevestigd.	2024	Ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	Duurzame energieproductie
Montagesysteem voor zonnepanelen	Ontwikkeling van een innovatief zelfdragend montagesysteem voor zonnepanelen, met als doel het mogelijk maken van montage op verschillende typen daken.	2023	Ontwikkeling nieuwe technologie	Duurzame energieproductie
Driedimensionaal aerodynamisch PV-systeem	PV-systeem dat snelle plaatsing van lichtgewicht PV op alle daken mogelijk maakt, met een beoogde verbetering van 75% in de kostprijs van installatie door besparingen op arbeid en materialen.	2023	Geheel nieuw productieproces, verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Duurzame energieproductie

Richtlijnen voor ontwerp en beheer van zonneparken	Het toepassen van wetenschappelijke onderzoeksresultaten om oplossingen te vinden voor knelpunten rond bodem en biodiversiteit in zonneparken.	2025	Ontwikkeling nieuwe technologie	Duurzame energieproductie
Verbrandingstechnologie voor houtshreds uit groenafval en bosbouw	Nieuwe verbrandingstechniek die aanzienlijke kostprijsreducties mogelijk maakt, waardoor de productie van elektriciteit en warmte efficiënter wordt.	2021	Ontwikkeling nieuwe technologie	Efficiënt energiegebruik
Maximalisatie van de waarde van elektrochemische elektriciteitsopslag	Combinatie van bestaande modellen met innovatieve waterstof-broom flow batterijtechnologie om de economische waarde van mogelijke product-markt-combinaties te optimaliseren.	2026	Ontwikkeling nieuwe technologie	Efficiënt energiegebruik
Geïntegreerd energiesysteem in een woonwijk	Ontwikkeling van een gestructureerde aanpak voor het onderzoeken van de technische en financiële haalbaarheid van een geïntegreerd energiesysteem in een woonwijk.	2032	Toepassen van een bestaande technologie	Efficiënt energiegebruik
Expertsysteem voor toepassing van warmtepompen	Expertsysteem dat helpt om warmtepompen toe te passen in de energie-intensieve industrie.	2020	Toepassen van een bestaande technologie	Efficiënt energiegebruik
Recycling van technisch rubber	Het energie-efficiënt recyclen van technisch rubber, met een focus op rupsbanden en andere complexe rubberproducten die momenteel vaak naar het buitenland worden gestuurd voor verbranding.	2030	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces	Efficiënt energiegebruik



Betaalbare laadinfrastructuur	Versnelde ontwikkeling van betaalbare laadinfrastructuur en de introductie van AC V2G-technologie in Nederland	2024	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Elektriciteit-infrastructuur
Modulair warmteopslagsysteem	CO <sub>2</sub> -vrije warmteoplossing door middel van een modulair warmteopslagsysteem, waarmee energieverliezen worden geminimaliseerd.	2025	Ontwikkeling nieuwe technologie	Elektriciteit-infrastructuur
Productie en opslag van waterstof en/of ammoniak	Drijvende faciliteit voor de continue productie en opslag van waterstof en/of ammoniak die de kosten van groene brandstoffen vermindert en hun toegankelijkheid vergroot.	2029	Ontwikkeling nieuwe technologie	Elektriciteit-infrastructuur
Virtual power plant platform	Platform dat in staat is om met verschillende installaties, protocollen, energieleveranciers en markten te verbinden.	2021	Ontwikkeling nieuwe technologie	Elektriciteit-infrastructuur
Loodzuur vlakplaattractiebatterij	Ontwikkeling van een loodzuur vlakplaattractiebatterij die een goedkoper, schaalbaarder, veiliger en milieuvriendelijker alternatief vormt voor lithiumbatterijen.	2024	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Elektriciteit-infrastructuur
Nieuwe alkaline stack ontwerpen	Ontwikkeling van nieuwe alkaline stack ontwerpen die het mogelijk maken om bij een veel hogere stroomdichtheid te opereren.	2027	Geheel nieuw productieproces, verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Gas
Modulaire micro-installatie	Modulaire micro-installatie die CO <sub>2</sub> uit de lucht haalt en deze direct bij een zonnepaneel omzet in methanol op afgelegen zonintensieve locaties.	2029	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Gas

Verbetering geothermie	Goedkoper, veiliger en opschaalbaar maken van geothermie in zogenoemde white-spots.	2025	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces	Gas
Mobiele geothermische test- en waterzuiveringsinstallatie	Mobiele geothermische test- en waterzuiveringsinstallatie waarmee ter plaatse afvalwater kan worden verwerkt.	2024	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Gas
Detectie van problemen bij Zon-PV systemen	Automatische methode die problemen met Zon-PV systemen signaleert zodat deze snel kunnen worden opgelost.	2028	Toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
Integratie batterij-energieopslag-systemen	Ontwikkeling van ontwerprichtlijnen, -regels en -technieken voor de integratie van batterij-energieopslag-systemen in distributienetwerken	2022	Ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
Uniforme en gestructureerde 'suite'	Ontwikkeling van een uniforme en gestructureerde 'suite' (koppelmecanisme) op basis van bestaande energiemodellen, tools en data. Door de suite kunnen energie-rekenmodellen met elkaar communiceren en data uitwisselen.	2020	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
Verbetering batterijcellen	Verbetering kathoden voor NaSTOR-technologie, wat leidt tot aanzienlijk verbeterde eigenschappen van batterijcellen.	2026	Ontwikkeling nieuwe technologie	Urban Energy
Efficiëntere zonnecellen	Vernieuwing aan de voorkant van zonnecellen waardoor ze efficiënter worden en zonne-energieopwekking goedkoper en duurzamer wordt.	2030	Ontwikkeling nieuwe technologie	Urban Energy

Verbeterd rendement zonnepanelen	Hoogrenderend bifaciaal zonnepaneel dat meer energie oplevert tegen een lagere prijs.	2019	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
Betaalbaar en flexibel zonnepaneel	Betaalbaar en flexibel zonnepaneel dat geïntegreerd kan worden in dakbedekkingsmaterialen.	2026	Geheel nieuw productieproces	Urban Energy
Verhoogd aandeel hernieuwbare energie	Verhoogde inpassing van het aandeel hernieuwbare energie in de totale energiemix in combinatie met energiebesparing in het midden- en hoogspanningsnet.	2025	Ontwikkeling nieuwe technologie	Urban Energy
Variabele nettarieven	Implementatie van variabele nettarieven met flexibele laadopties op 200 laadpalen in Utrecht.	2021	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, toepassen van een bestaande technologie	Urban Energy
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
Radarsysteem voor windmolenpark-onderhoud	Radarsysteem dat de efficiëntie van windmolenpark-onderhoud verbetert en productieverlies vermindert.	2025	Toepassen van een bestaande technologie	Wind op Zee
Nieuwe versie van de offshore windatlas	Nauwkeurigere versie van de huidige offshore windatlas, inclusief langetermijnklimatologie en informatie over windvelden.	2018	Ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	Wind op Zee
Efficiënter paalinstallatieproces	Efficiënter installeringsproces van funderingspalen voor offshore windturbines om geluid en kosten te verminderen.	2027	Geheel nieuw productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie	Wind op Zee
Drones voor onderhoud windturbinebladen	Drones die erosie op windturbinebladen kunnen detecteren en eenvoudige reparaties kunnen uitvoeren.	2027	Toepassen van een bestaande technologie	Wind op Zee
Hijskraan voor plaatsen windturbines	Innovatieve hijskraan voor het plaatsen van steeds hogere windturbines, als alternatief voor het bouwen van een compleet nieuw schip.	2025	Geheel nieuw productieproces	Wind op Zee

Monitorsysteem offshore windturbines	Robuust monitoringssysteem waarmee de support structure van offshore windturbines systematisch gemonitord kunnen worden.	2027	Verbetering / doorontwikkeling van bestaand productieproces, ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	Wind op Zee
Verbeterde blade monitoring door middel van drones	Geavanceerde drones en coatings om problemen bij windturbinebladen op te sporen en te repareren.	2028	Ontwikkeling nieuwe technologie, toepassen van een bestaande technologie	Wind op Zee

---



# “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 2024-49**

**ISBN 978-90-5220-402-4**

## **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](mailto:secretariaat@seo.nl).

Roetersstraat 29  
1018 WB Amsterdam

**+31 20 399 1255**  
[secretariaat@seo.nl](mailto:secretariaat@seo.nl)  
[www.seo.nl](http://www.seo.nl)