technopolis | group |

Versie 30 april 2016

Kwalitatieve impact van het Energieakkoord op werkgelegenheid

Eindrapport

technopolis|group|

Kwalitatieve impact van het Energieakkoord op werkgelegenheid

Eindrapport

technopolis |group| april 2016

Andreas Ligtvoet, Annemieke Pickles, Joost van Barneveld

Inhoudsopgave

Samenvatting 3
1 Achtergrond 5
1.1 Het Energieakkoord 5
1.2 Vijf bestedingscategorieën van de Nationale Energieverkenning als uitgangspunt 6
1.3 Inspelen op veranderingen in de arbeidsmarkt 8
1.4 Human Capital Agenda (HCA) 9
1.5 Aanleiding en aanpak van het onderzoek 9
2 Het Energieakkoord in context 11
2.1 Ontwikkelingen in de energietransitie 11
2.1.1 De energietransitie 11
2.1.2 Duurzame opwekking en de implicatie voor werk 11
2.1.3 Toepassingen en besparingsmogelijkheden 13
2.2 Arbeidsmarktontwikkelingen in Nederland 16
2.2.1 Vraag naar arbeid in de bouw daalt; industrie en energie stabiliseert 16
2.2.2 Twee categorieën knelpuntberoepen zijn van belang voor de energietransitie 17
2.2.3 Het toenemende aantal zelfstandigen zonder personeel (ZZP'ers) en tijdelijk personeel 17
2.2.4 Krimpregio's versus groeiregio's 18
2.3 Reflectie: de energietransitie, het Energieakkoord en de arbeidsmarkt 19
3 Samenkomende ontwikkelingen 20
3.1 Algemene observaties 20
3.2 Doorsnijdende thema's 21
3.3 Fabrieksmatig bouwen 22
3.3.1 Relatie met het Energieakkoord 22
3.3.2 Technologische ontwikkelingen 22
3.3.3 Organisatorische ontwikkelingen 22
3.3.4 Benodigde competenties 23
3.4 Systeemintegratie 24
3.4.1 Relatie met het Energieakkoord 24
3.4.2 Algemene ontwikkelingen 24
3.4.3 Technologische ontwikkelingen 24
3.4.4 Organisatorische ontwikkelingen 25
3.4.5 Benodigde competenties 25
3.5 Energiecoaching 26
3.5.1 Relatie met het Energieakkoord 26
3.5.2 Algemene ontwikkelingen 27
3.5.3 Technologische ontwikkelingen 27

3.5.4 Organisatorische ontwikkelingen 27
3.5.5 Benodigde competenties 28
3.6 ICT 28
3.6.1 Relatie met het Energieakkoord en algemene ontwikkelingen 28
3.6.2 Technologische ontwikkelingen 29
3.6.3 Organisatorische ontwikkelingen 29
3.6.4 Benodigde competenties 30
3.7 Veranderende context: leven lang leren 30
3.7.1 Relatie met het Energieakkoord 30
3.7.2 Algemene ontwikkelingen 31
3.7.3 Technologische ontwikkelingen 31
3.7.4 Organisatorische ontwikkelingen 31
3.7.5 Benodigde competenties 32
4 Bevindingen en aanbevelingen 33
4.1 Veranderende vraag naar competenties 33
4.2 Uitdagingen 33
4.3 Aanbevelingen 34
Bijlage A Geraadpleegde personen en organisaties 36
Bijlage B Geraadpleegde literatuur 38

Tabellen

Tabel 1 Energieakkoord afspraken en beoogde resultaten binnen Pijler 8 over werkgelegenheid 8
Tabel 2 Toepasselijkheid van de doorsnijdende thema's op de top 5 bestedingscategorieën uit de NEV 2015 21

Figuren

Figuur 1 Schematische weergave van Pijler 8 van het Energieakkoord: beoogde impact op werkgelegenheid 5
Figuur 2 Impact van het Energieakkoord op werkgelegenheid op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid voor investeringen (Inv) en exploitatie (Expl). Bruto effect over de periode 2014-2020. 7
Figuur 3 Finaal energiegebruik in Nederland (realisatie 2013, temperatuur gecorrigeerd, niet-energetisch gebruik van energiedragers uitgesloten) 14
Figuur 4 Aantal banen (x1000) per bedrijfstak/branche in tussen 2005-2015.....16

Samenvatting

Het Energieakkoord voor duurzame groei uit 2013 beoogt veranderingen in het Nederlandse energiesysteem voor een betrouwbare, betaalbare, en schone energievoorziening. Het akkoord bevordert een verduurzaming van het energiesysteem door besparing in het energieverbruik en verdere uitbreiding van het aandeel duurzame energiebronnen. Daarnaast moet het ook tot een substantiële groei in banen leiden (90.000 arbeidsjaren van 2014-2020, oftewel 15.000 voltijdsbanen over deze periode, voor een belangrijk deel in de eerstkomende jaren te creëren).

Het valt te verwachten dat de toekomstige werkgelegenheid in energie-gerelateerde sectoren niet van exact dezelfde aard zal zijn als het huidige werk in de energie. Dit komt door ontwikkelingen in de technologie, die van duurzame energietechnologie in het bijzonder, en de verschuiving van een centraal geleid naar een meer decentraal gedreven energiesysteem. Het is dan ook de vraag of bepaalde banen verdwijnen of nieuwe banen ontstaan, of dat wellicht nieuwe vaardigheden nodig zijn voor het uitvoeren van werk in de toekomstige energiesector.

Dit onderzoek heeft mogelijke ontwikkelingen in de aard van de werkgelegenheid (binnen het tijdsbestek van het Energieakkoord) in kaart gebracht en knelpunten geïdentificeerd die de aanpassing van huidige competenties en profielen verhinderen. Hierbij dient aangetekend te worden dat de grootte van de investeringen in bijvoorbeeld gebouwde omgeving en industrie achter blijft bij de ambities van het Energieakkoord. Van de verwachte arbeidsmarkteffecten is dus slechts het eerste begin zichtbaar.

Op basis van documentenanalyse en gesprekken met experts hebben we een aantal doorsnijdende thema's geïdentificeerd: fabrieksmatig bouwen, systeemintegratie, energiecoaching, ICT, en leven lang leren. Deze doorsnijdende thema's leiden niet tot exacte voorspellingen, maar geven een beschrijving van patronen die door het complexe geheel van afhankelijkheden en interacties in het energiesysteem naar voren komen. In het algemeen kan gesproken worden over een "branchevervaging" in beroepen, vanwege de verknoping van verschillende systemen. Daarnaast zien we de volgende ontwikkelingen:

Meer behoefte aan soft skills en digitale geletterdheid, bij technici en niet-technici. De vraag naar technisch personeel blijft onveranderd bestaan, maar er wordt meer van ze geëist: additionele competenties die passen binnen complexe systemen waar meer samenwerking tussen partijen en afstemming van subsystemen verwacht wordt (bijvoorbeeld soft skills zoals omgang met klanten en collega's, plannen, en samenwerken). Ook wordt meer kennis gevraagd van *(embedded)* ICT-systemen die onderling verbonden zijn, hetgeen ook zijn weerslag heeft op de systeemintegratie. Daarnaast zullen ook voor niet-technici meer elementen van techniek in werk een belang spelen.

Gevraagde competentieniveau schuift omhoog; er is ook ruimte voor mbo1 en 2. Qua scholing leiden de additionele eisen van systeeminzicht en –overzicht ertoe dat het gevraagde niveau van werknemers omhoog schuift. Er is meer behoefte aan abstractievermogen en het toepassen van de geleerde kennis in een andere context. Echter, juist door ICT en automatisering wordt er ook ruimte geschapen voor mbo1 en 2-niveau werk aan plug-and-play componenten. Er zal op elk niveau aandacht moeten blijven voor de veranderende technologische en organisatorische context en een leven lang leren gewoner zal worden dan nu het geval is.

De wisselwerking tussen werkgelegenheid en de energietransitie, onder andere door het Energieakkoord, speelt zich af in een situatie die gekenmerkt wordt door organisatorische, technische en economische complexiteit. Er is daarom behoefte aan personen die samen kunnen werken aan complexe vraagstukken, binnen een voortdurend veranderende context en veranderende technologie. Om die behoefte te helpen vervullen, doen wij de volgende aanbevelingen:

- De Human Capital Agenda moet blijven aansluiten bij reeds bestaande nationale initiatieven zoals bij het Techniekpact. Het tekort aan technisch personeel is namelijk een probleem dat verder reikt dan de energiesector en het Energieakkoord. Coördinatie helpt om concurrentie op de markt voor

technisch personeel te voorkomen. Daarbij zou extra aandacht moeten komen voor algemene knelpuntberoepen van mbo2 tot en met wetenschappelijk niveau, die ook relevant zijn voor de energiesector.

- Opleidings- en bijscholingstrajecten moeten reageren op de blijvende (en mogelijk groeiende) vraag naar ICT als een standaard onderdeel van opleidingen en bijscholingstrajecten, ook in het mbo. Hierbij gaat het niet alleen om programmeurs maar ook om data-wetenschappers en basale kennis die te vatten is als *digitale geletterdheid*.
- De initiatieven van de Centers of Expertise en Centra voor Innovatief Vakmanschap moeten gezien hun succes en groei worden gecontinueerd, aangezien ze op regionaal niveau duurzaam vraag vanuit het bedrijfsleven en aanbod vanuit scholing bij elkaar brengen. Daarmee kan in een snel veranderende context adequaat worden ingespeeld op de voorziene behoefte aan nieuwe vaardigheden, zoals soft skills en digitale geletterdheid. Continueer in dit kader ook activiteiten gericht op de scholing van docenten.
- Let in de context van de regionale focus op het dilemma in regio-overstijgende vraag en aanbod: stimuleer samenwerking in het aanbieden van specifieke energiethema's (zoals in het kader van de HCA gebeurt voor Wind op Zee), maar heb oog voor het feit dat er ook lokaal scholing gevraagd wordt. Zorg dus voor landelijke coördinatie en lokale beschikbaarheid.
- De lessen uit het BuildUpSkills initiatief kunnen breder worden toegepast. Het is een goed voorbeeld van om- en bijscholing in het thema gebouwde omgeving. De manier waarop kwalificatieprofielen worden ontwikkeld voor de bouw zou ook kunnen worden ingezet voor systeemintegratie en energiecoaching. Een evaluatie kan leren van de aanpak van dit initiatief, zodat de lessen breder toegepast kunnen worden in sectoren, zoals de industrie, wind, smart-grids en (bio) procestechnologie.
- Werkgevers moeten ruimte maken voor leer-/experimenteeromgevingen en living labs, en moeten hun rol vervullen door stageplekken te bieden. Hierin staan zij niet alleen: ook CoEs en CiVs en technologieleveranciers moeten hieraan bijdragen. Dit vergt ondernemingszin en innovatiekracht.
- Werkgevers moeten ook worden gestimuleerd om flexibel in te spelen op de verwachte veranderende vraag. Dit vereist scholingsinvesteringen van hun zijde, die deels kunnen worden ingevuld met aanschuifonderwijs en specifieke, kleinere scholingsmodules (middels open en online leren, bijvoorbeeld). In het kader van systeemintegratie en de ontwikkelingen rondom het leveren van (energie)diensten ('servitisation') ligt hier een rol voor technologieleveranciers die met hun kennis van de verschillende systeemcomponenten kunnen bijdragen aan betere verspreiding van kennis.
- Voor ZZP'ers en tijdelijk personeel is er behoefte aan stroomlijning van (met name private) bijscholing, die zou moeten leiden tot een erkend diploma of certificaat. Gegeven de geconstateerde en voorziene krimp in opleidingsfondsen gefinancierd middels de cao-bijdragen zouden deze opengesteld kunnen worden voor ZZP'ers, die hiervoor een eigen bijdrage kunnen leveren. Daarnaast kan in samenwerking met Stichting Opleiding & Ontwikkeling Flexbranche (STOOF) gewerkt worden aan energietechnologie-gerelateerde om- en bijscholing.
- De verandering in behoeften aan personeel en competenties verdient constante aandacht. Ontwikkelingen in de vraag naar arbeid kunnen snel gaan gezien de grote benodigde bestedingsimpulsen. Monitor daarom regelmatig of de behoefte aan personeel, danwel de gevraagde competenties, verandert. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van een (half)jaarlijkse enquête onder HR-managers in de energiesector en sectoren gerelateerd aan de energietransitie.

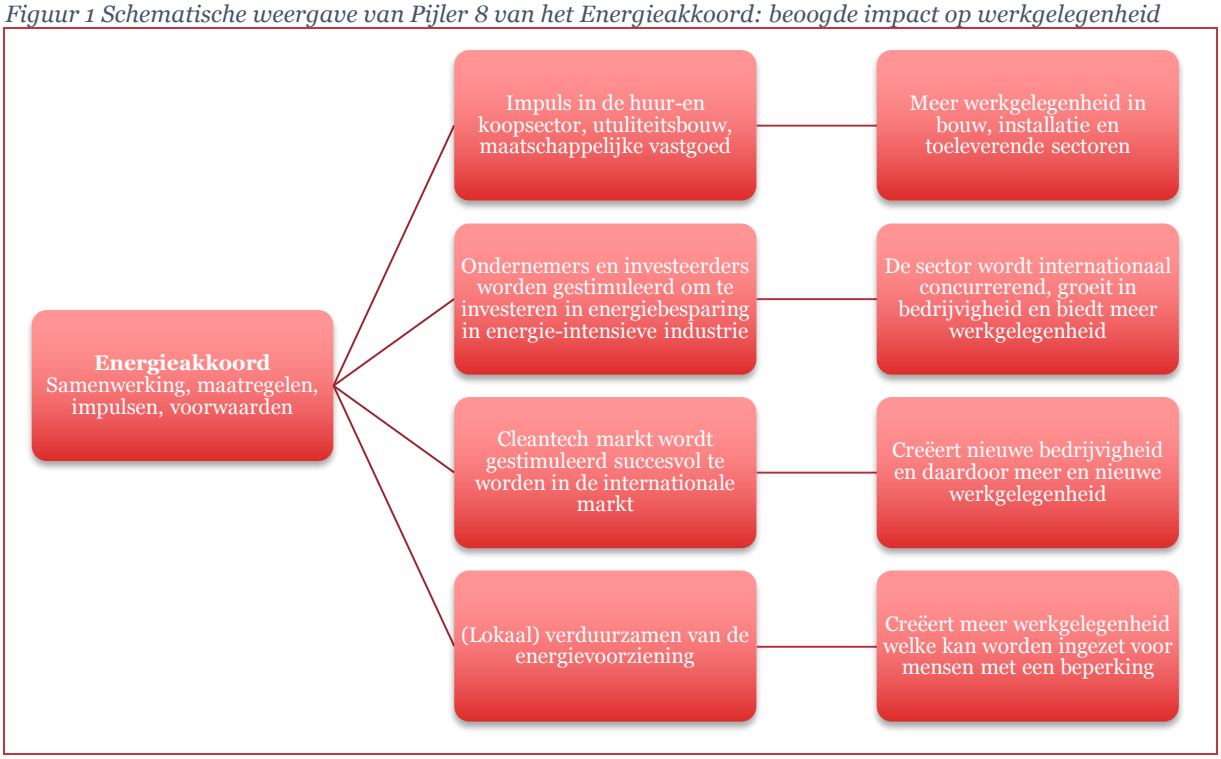
1 Achtergrond

1.1 Het Energieakkoord

In september 2013 stelden 47 organisaties uiteenlopend van werkgevers- en werknemersorganisaties, tot non-profit en andere vertegenwoordigers van belanghebbenden, onder coördinatie van de SER, het nationale Energieakkoord vast [1].[1] Met het Energieakkoord (EA) geven de partners invulling aan de wens om op lange termijn de samenleving en economie te verduurzamen. Het Energieakkoord is opgesplitst in tien pijlers uiteenlopend van energiebesparing (pijler 1), stimuleren van decentrale duurzame energie (pijler 3), tot mobiliteit en transport (pijler 7). Binnen elke pijler zijn concrete ambities en afspraken gemaakt tussen de ondertekenaars van het EA. De afgesproken acties worden gezamenlijk uitgevoerd en gemonitord, onder andere in de *Nationale Energieverkenning 2015 (NEV 2015* [2]*)*, via een Afspraken-Gestart en Resultaatmeter [3] en *Voortgangsrapportages* van de Borgingscommissie SER [4].

Naast verduurzaming op het gebied van energie beoogt het Energieakkoord expliciet impact op werkgelegenheid, binnen en buiten de energiesector. Pijler acht van het Energieakkoord licht de verwachtingen over de arbeidsmarkt toe, alsook wat deze veranderingen vereisen van de betrokken partijen. Hieruit blijkt dat met het Energieakkoord aandacht is gevestigd op de creatie van ***meer*** en ***nieuwe*** vormen van werkgelegenheid en ***verschuiving*** van werk binnen en tussen sectoren door transformatieprocessen. Deze veranderingen in de arbeidsmarkt zijn via het Energieakkoord verwacht binnen de investeringen rondom vastgoed, energie-intensieve industrie, cleantech en lokale verduurzaming, zoals ook weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 Schematische weergave van Pijler 8 van het Energieakkoord: beoogde impact op werkgelegenheid



Technopolis 2015

Binnen deze gebieden en met deze afspraken beoogt het Energieakkoord in de periode 2014-2020 gemiddeld ten minste 15.000 voltijdbanen te creëren en daarmee een totaal van 90.000 arbeidsjaren

[1] Voor de bronvermelding in dit rapport is gebruik gemaakt van eindnoten. De lijst van bronnen waaraan de eindnotennummers refereren zijn te vinden in Bijlage B.

over de gehele periode. Met deze ambitie werd tevens rekening gehouden met transformatieprocessen die leiden tot het verdwijnen van banen. De uiteindelijke impact op de arbeidsmarkt is echter afhankelijk van de daadwerkelijke uitvoering van de afspraken; daar waar de afspraken nog niet of slechts deels zijn uitgevoerd, zal ook de verandering in werkgelegenheid uitblijven. Daarnaast speelt ook de marktwerking een belangrijke rol, met name bij de cleantech; banen komen slechts voort als er ook een toenemende vraag is naar het gebruik van schone energie technologieën en diensten.

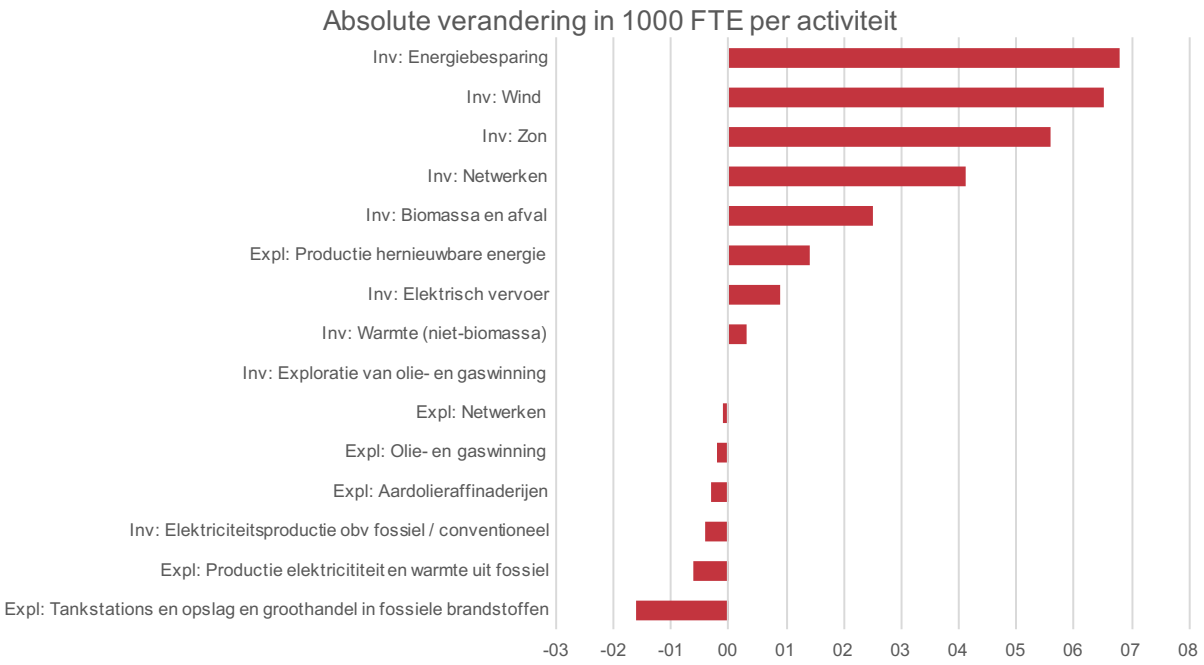
1.2 Vijf bestedingscategorieën van de Nationale Energieverkenning als uitgangspunt

De NEV peilt jaarlijks de voortgang in de Nederlandse energietransitie en biedt vooruitzichten op basis van scenario's uit vastgesteld beleid en voorgenomen beleid. In deze scenario's zijn ook de effecten van de acties uit het Energieakkoord meegenomen. Een deel van de acties uit het Energieakkoord en flankerend beleid leidt tot additionele of verschoven bestedingen. Deze bestedingen leiden tot een vraag naar arbeid, waardoor een verbinding te maken is tussen beleid en effecten op werkgelegenheid.

Voor dit onderzoek naar de kwalitatieve effecten van het Energieakkoord is gekeken naar sectoren waarin de grootste veranderingen in het volume van arbeid te verwachten zijn in de periode 2014-2020. Hoewel de omvang van arbeid niet direct gerelateerd is aan verandering in de aard van het werk, zullen veranderingen in deze gebieden wel het meeste aantal mensen beïnvloeden. Er is daarom gekozen om de scope van dit onderzoek te richten op deze sectoren.

In de berekeningen van de NEV zijn volumeveranderingen via multipliers per sector en activiteit direct gerelateerd aan bestedingen in *bestedingscategorieën* [6] [7]. De bestedingscategorieën zijn verdeeld over ***investeringen*** (het ontwikkelen van nieuwe bedrijfsmiddelen) en ***exploitatie***, waaronder onderhoud en beheer. Investeringen zorgen voor een eenmalige bestedingsimpuls, die over een grote tijdspanne kan zijn uitgesmeerd. Denk bijvoorbeeld aan het verduurzamen van de gebouwvoorraad. Exploitatie zorgt voor blijvende werkgelegenheid in bijvoorbeeld onderhoud en storingsverhelping. Een verdere verdeling van de bestedingscategorieën is gemaakt in sectoren of activiteiten. Op deze wijze valt te achterhalen in welke gebieden de grootste veranderingen in de omvang van werkgelegenheid te verwachten zijn, zoals weergegeven in Figuur 2.

Figuur 2 Impact van het Energieakkoord op werkgelegenheid op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid voor investeringen (Inv) en exploitatie (Expl). Bruto effect over de periode 2014-2020.



Gebaseerd op data uit de NEV [3] - tabellenbijlage, tabel 16b FTE VV

Op basis van de vijf activiteiten waarin de grootste positieve impact op werkgelegenheid wordt verwacht, bestaat de selectie uit de volgende geaggregeerde bestedingscategorieën:[2]

1. Investeringen in energiebesparing
   i) Gebouwde omgeving: diepe en standaard isolatie
   ii) Industrie en gebouwde omgeving: installaties, waaronder (hybride) warmtepompen, warmte/koude opslag (WKO) en geothermie
2. Investeringen in windenergie
   i) Wind op zee: Offshore (Funderingen, plaatsing, onderwateraansluiting en bekabeling)
   ii) Wind op land: het plaatsen van turbines
3. Investeringen in zonne-energie
   i) Elektrotechniek voor aansluiting
   ii) Dakbedekking en plaatsing van panelen
4. Investeringen in netwerken
   i) Aansluiten van wind-op-land en wind op zee, verzwaren van netwerken
   ii) Ontwikkelingen rond smart-grids en smart-grid applicaties, het verzwaren van netwerken, het aanleggen van laadpalen en elektrisch vervoer
5. Biobased economy (bio-energie in de vorm van biomassa en groen gas)
   i) Aanleg van installaties voor vergisting en bioraffinage

[2] De bestedingscategorieën konden niet in nader detail gegeven worden. In plaats daarvan is op basis van de NEV binnen elke bestedingscategorie een selectie gemaakt van subsectoren binnen elke bestedingscategorie waarin de meeste impact op werkgelegenheid (qua volume) wordt verwacht.

Deze categorieën zijn nader geanalyseerd in het kader van de ontwikkelingen in de energietransitie in het algemeen en de specifieke afspraken in het Energieakkoord en zijn daarmee leidend geweest voor het verdere onderzoek. Ze reflecteren de uitdagingen waarvoor we in Nederland staan wat betreft het realiseren van hernieuwbare opwekking en het besparen van energie.

1.3 Inspelen op veranderingen in de arbeidsmarkt

Met het oog op de veranderingen die in de arbeidsmarkt teweeg worden gebracht door het Energieakkoord, zijn door de ondertekenaars zeven afspraken gemaakt om het proces te faciliteren. Deze worden vormgegeven en gemonitord op een vijftal resultaten zoals weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 1 Energieakkoord afspraken en beoogde resultaten binnen Pijler 8 over werkgelegenheid

Afspraken	Resultaten
1. Samen met vertegenwoordigers van werkgevers, werknemers, onderwijs, overheid en andere relevante organisaties zorgen voor voldoende technisch geschoolde vakmensen via de Human Capital Agenda van de Topsector Energie	• De uitvoering van intersectorale scholingsprojecten in vier regio's • De uitvoering van de Human Capital Agenda van de Topsector Energie om voldoende vakmensen met 'green skills' op te leiden
2. In 2014 starten in regio's intersectorale pilots om- en bijscholing van professionals en werkzoekenden gericht op 'green skills' voor nieuwe banen in de energie- en verwante sectoren	
3. Bij uitfasering van werk in de fossiele energiesector worden betrokken werknemers zoveel mogelijk naar nieuwe banen doorgeleid	• Een plan van aanpak voor human capital ter begeleiding van de sluiting van de kolencentrales
4. Partijen in de energiesector, bouw- en installatiesector en cleantech-sector zorgen gezamenlijk voor goede arbeidsverhoudingen	• Een plan van aanpak voor goede arbeidsverhoudingen in duurzame energiesectoren via bestaande sociale plannen
5. Partijen in de energiesector, bouw- en installatiesector en cleantech-sector leven de regelgeving en cao-afspraken na	
6. De komende jaren intensiveren de Duurzame Energie Koepel, FNV en CNV de sociale dialoog over arbeidsvraagstukken in de duurzame energiesector in de brede zin van het woord	
7. De energiesector committeert zich aan internationaal maatschappelijk verantwoord ondernemen door naleving van OESO-richtlijnen voor multinationale ondernemingen	• Een rapportage aan de Borgingscommissie Energieakkoord over de naleving van de OESO richtlijnen voor maatschappelijk verantwoord ondernemen

Bron: SER Afspraken-Gestart en Resultaat meter

Met deze afspraken anticiperen de betrokken partijen niet alleen op een tekort aan gekwalificeerde werknemers voor de nieuw te creëren banen (afspraak 1 en 2) en de kans om binnen de betrokken sectoren werknemers die hun baan dreigen te verliezen om te scholen voor andere banen (afspraak 3), maar ook op veranderingen in de arbeidsomstandigheden en arbeidsverhoudingen in het algemeen (afspraken 4-7). De resultaten die worden gemonitord zijn de verwachte acties van de ondertekenaars die direct volgen uit de afspraken. Deze resultaten vormen geen indicatoren waarmee de impact gemeten wordt.

Volgens de resultatenmonitor van de SER zijn op het moment van publicatie van dit rapport alle zeven afspraken daadwerkelijk gemaakt en zijn de eerste twee van de resultaten vastgesteld. De overige drie resultaten zijn voorgenomen.

1.4 Human Capital Agenda (HCA)

Naast het maken van deze afspraken, heeft de Topsector Energie – net als de andere acht Topsectoren – een Human Capital Agenda opgesteld voor de periode 2015-2017 [5]. Deze Agenda sluit aan bij de gemaakte afspraken en speelt in op de mogelijk groeiende en veranderende vraag naar kennis in de arbeidsmarkt door middel van ondersteuning in het regulier onderwijs, beroepsonderwijs en leven lang leren. De HCA tracht randvoorwaarden te creëren voor de werkgelegenheidsgroei door toegankelijke en kwalitatief gelijkwaardige scholing te stimuleren [5].

De uitvoering van de agenda is een samenwerking tussen de Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) in de energie, universiteiten, hogescholen, roc's, en bedrijven. Binnen de HCA werkt de Topsector samen met het Europees gefinancierde BuildUpSkills project om het aanbod van bijscholing voor beroepen in de energiebesparing van de gebouwde omgeving te vernieuwen en beter te ontsluiten [6]. Dit project is een samenwerking van meerdere partijen in de bouw, installatie en energiesector en richt zich op het bijstellen van de beroepscompetenties en kwalificatiestructuur door het accrediteren, erkennen en financieren van bijscholingstrajecten en het ontwikkelen van kwalificaties en cursusmateriaal. Dit project is in 2012 van start gegaan en in 2015 opnieuw gefinancierd tot aan 2018.

Aandacht voor werkgelegenheid en de aansluiting vanuit scholing is sterk ingebed in de uitvoering van het Energieakkoord. De richting en het uiteindelijke succes van deze acties zijn echter ook afhankelijk van de bredere ontwikkelingen in de arbeidsmarkt en met name in de technische beroepen. De Topsector Energie steunt de afspraken binnen het Techniekpact gericht op het tegengaan van het landelijk tekort aan technisch personeel. Voor een succesvolle Agenda is het daarom van belang om inzicht te krijgen in de daadwerkelijke veranderingen in de arbeidsmarkt. Welke nieuwe kennis is nodig, voor welke beroepen en in welke sectoren? Deze vragen leven ook onder opleiders en op lokaal en regionaal niveau waar tevens HCA's bestaan.

1.5 Aanleiding en aanpak van het onderzoek

Om deze acties te ondersteunen heeft de Topsector Energie Technopolis gevraagd om in opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) een onderzoek uit te voeren naar de kwalitatieve impact van het Energieakkoord op werkgelegenheid. Het onderzoek moet de reeds aanwezige inzichten over de kwantitatieve impact van het Energieakkoord – met als meest recente de NEV 2015 – voorzien van een meer concrete inkleuring van de ***aard*** van de verwachte veranderingen in het werkveld. Dit rapport presenteert de resultaten van het onderzoek.

Het onderzoek richtte zich op de huidige en toekomstige kwalitatieve veranderingen in de arbeidsmarkt veroorzaakt door het Energieakkoord. In de periode van december 2015 tot april 2016 zijn deze veranderingen in kaart gebracht door middel van documentenanalyses, interviews, focusgroepen en deelname aan bijeenkomsten in het land over het Energieakkoord, de rol van het onderwijs hierbinnen en de energietransitie in het algemeen. De hoofdvraag gedurende dit onderzoek was "welke veranderingen in banen die teweeg zijn gebracht door het Energieakkoord, worden nu ervaren in de arbeidsmarkt, of worden verwacht plaats te vinden in de periode tot en met 2020?"

De looptijd van het onderzoek was te kort om binnen elke sector een diepgaande analyse van de ontwikkeling van de arbeidsmarkt te maken en deze direct te linken aan het Energieakkoord. Er verandert immers meer door de energietransitie en de ontwikkelingen in de arbeidsmarkt in het algemeen. Het onderzoek heeft zich daarom gericht op de gebieden waarin de grootste veranderingen zijn beoogd en van de algemene ontwikkelingen die juist binnen de uitvoering van het Energieakkoord van belang zijn. De illustraties die in dit rapport worden gegeven van specifieke veranderingen binnen (sub) sectoren zijn daarom niet uitputtend. Het doel is om met dit rapport de Human Capital Agenda te kunnen 'voeden' en daarbij inhoudelijke verdieping te bieden in de uitdagingen voor werkgevers in de arbeidsmarkt.

Het onderzoeksteam is zeer erkentelijk voor de samenwerking, discussies en inzichten van allen die hierbij betrokken zijn geweest en met name:

- Marsha Wagner, Frans van den Akker en John Post vanuit de Topsector Energie voor de begeleiding van dit onderzoek;
- Rein Meester en Annewieke Baank (ROC Da Vinci College / De Duurzaamheidsfabriek, Dordrecht); Cesar Trijselaar (Energy College), Ron van Helvoirt (MyTec Professionals) en Jeroen van den Berg (Hanze Hogeschool / EnTranCe, Groningen); Tinus Hammink, Roos Jaspers van Herk en Jan Oosting (Hogeschool Arnhem Nijmegen / Sustainable Electrical Energy Centre of Expertise (SEECE)); Nadia Verdeyen en Chantalle Kuijper (Hogeschool Utrecht / Center of Expertise Smart Sustainable Cities Utrecht) voor al hun inspanningen om de focusgroepen te houden;
- Jörg Gigler, Ton van Dril, Rietje van Dam, Paulien Herder, Els Bos, John Baken, Teun Bokhoven en Jan Cromwijk voor de inzichten op dit rapport vanuit hun werkvelden;
- Alle geïnterviewden en deelnemers aan de focusgroepen weergegeven in Bijlage B.

2 Het Energieakkoord in context

Om de werkgelegenheidseffecten van het Energieakkoord te kunnen plaatsen, schetsen we in dit hoofdstuk de context, die vooral gevormd wordt door de energietransitie en brede veranderingen op de arbeidsmarkt. Na een inleiding over de energietransitie en de verschillende elementen van het energiesysteem die daardoor beïnvloed worden, maken we een vertaling van deze ontwikkelingen naar veranderingen op de arbeidsmarkt.

2.1 Ontwikkelingen in de energietransitie

2.1.1 De energietransitie

Beknopt houdt de energietransitie de overgang van conventionele fossiele brandstoffen naar duurzame energiebronnen in. De term 'energietransitie' is rondom de eeuwwisseling vanuit het vierde Nationale Milieubeleidsplan (NMP4) [7] onder auspiciën van het ministerie van Economische Zaken het energiebeleid gaan beïnvloeden. In 2004 werd de Taskforce Energietransitie ingesteld die de krachten van zes ministeries bijeenbracht en een groot aantal transitie-experimenten en energie-initiatieven initieerde [9]. Gaandeweg is de aanjagende rol van het ministerie echter verzwakt en zijn veel activiteiten afgestoten of overgedragen aan marktpartijen of maatschappelijke partners. Het concept van energietransitie beklijfde.

Hoewel er niet een unaniem beeld bestaat over wat de energietransitie inhoudt en waar de energietransitie precies naartoe leidt [10], blijft een aantal kernpunten in stand. Ook het recente Energierapport (2016) van het Ministerie van Economische Zaken [11] heeft de energietransitie als vertrekpunt: de ontwikkeling naar een economie die minder energie gebruikt per eenheid productie (*ontkoppeling* door efficiëntie en besparing), waarbij de opgewekte energie die alsnog gebruikt wordt zo koolstofarm mogelijk moet zijn (duurzame opwekking). Dit impliceert een verschuiving van de inzet van bronnen, hun aanwending en de introductie van daarvoor benodigde innovatie in technologieën en organisatiemodellen.

Er wordt veel gevraagd van de betrokken actoren: van overheden o.a. in termen van wetgeving, regulering, financiering en het faciliteren van belanghebbenden, van bedrijven in het investeren en toepassen van nieuwe technologieën en het organiseren van de daarbij behorende processen en bijscholing van personeel, van onderwijsinstellingen in het aanpassen van het curriculum om studenten goed voor te bereiden voor de toekomstige arbeidsmarkt en van de gebruikers van energie in het creëren van de vraag naar duurzame energie(producten).

Naast het feit dat de benodigde technologieën voor de energietransitie zich in verschillende fases van ontwikkeling bevinden, geldt ook dat de verspreiding van kennis onder individuele beslissers niet instantaan plaatsvindt. Waar op kleine schaal de 'innovatoren' vooroplopen, blijkt het merendeel van de gebruikers (de 'early' en 'late majority' en 'laggards' in de innovatietheorie van Rogers) slecht op de hoogte van de business case voor nieuwe technologie. Dit geldt voor zowel industrie, gebouweigenaren als individuele huishoudens.

Het Energieakkoord is gesloten in deze complexe context van de energietransitie: het akkoord moet de ontwikkelingen in de energietransitie ondersteunen en versnellen en het behalen van de doelstellingen voor **duurzame opwekking** en **besparing van energie** zekerstellen.

2.1.2 Duurzame opwekking en de implicatie voor werk

Duurzame opwekking van energie betekent een beweging naar een energievoorziening die zo koolstofarm mogelijk is. Dit houdt in dat opwekking van energie zo veel mogelijk uit hernieuwbare bronnen komt en alleen waar noodzakelijk aangevuld wordt met fossiele energiebronnen zoals biogas,

aardgas, olie en kolen (in volgorde van meest koolstofarme bron).[3] Door technologische ontwikkelingen worden duurzame opwekkingsmogelijkheden steeds groter, ook voor Nederland. Echter, het potentieel van de beschikbare technologieën is afhankelijk van, met name, geografische factoren. Voor Nederland verschilt het potentieel ook per bron en liggen grote kansen voor opwekking vooral bij wind-, zonne-, en bio-energie. Deze drie duurzame bronnen zijn dan ook prominent zichtbaar in de top 5 van bestedingscategorieën van de NEV.

Duurzame opwekking door windenergie

Windenergie heeft grote potentie in Nederland, en dan vooral in de kustprovincies en op zee. Vanwege de ruimtelijke inpassing (zoals behoud van landschap en uitzicht) heeft wind-op-zee een voorkeur, hoewel daar hogere kosten tegenover staan dan bij wind op land. De hogere kosten worden veroorzaakt door de extra inspanningen voor het plaatsen van onderwater funderingen-, -kabels en -aansluitingen, en hogere kosten voor onderhoud en het verhelpen van storingen.

Windenergie is een variabele bron: haar beschikbaarheid is afhankelijk van het lokale windaanbod. Alhoewel er veel kansen liggen, heeft Nederland “zijn voorsprong verloren” op de ontwikkeling van wind(turbine)technologie, mede doordat er onvoldoende samenhang was in de implementatie tussen het Rijk, de provincies en de gemeenten [12]. Anderzijds heeft Nederland wel degelijk een goede positie in de *offshore* activiteiten [13].

Alhoewel er nu al energie uit wind wordt gehaald in Nederland, zijn er kansen en plannen om dit verder uit te breiden, zoals ook is afgesproken in het Energieakkoord. Voor de ontwikkeling van de sector betekent dit dat de activiteiten – en dus mogelijke banen – vooral initieel in de projectontwikkeling en implementatie liggen en uiteindelijk verder in de exploitatie en daar bij behorende onderhoud. De type banen die daardoor kunnen groeien zijn afhankelijk van de richting die wordt gekozen; de technische competenties vereist voor het opzetten en het onderhouden van het netwerk voor energie uit wind op land zijn niet een-op-een transformeerbaar naar wind op zee.

Duurzame opwekking door zonne-energie

Zonne-energie is in Nederland vooral toepasbaar in de gebouwde omgeving: als (geïntegreerde) dakbedekking, gevelbedekking, en in experimentele gevallen als bedekking van wegen en infrastructurele kunstwerken. Door de intensieve landbouw en hoge druk in het algemeen op landgebruik zijn weilanden of andere landschappen bedekt met zonnepanelen minder aantrekkelijk [14]. Ook zonne-energie is een variabele bron.

Het Energieakkoord behelst afspraken in de gebouwde omgeving waarbij zonne-energie wordt toegepast. De cel-technologie en productie van panelen voor zonne-energie is internationaal sterk concurrerend waarin Europese landen technisch voorlopen, maar weinig tot geen productiecapaciteit hebben [15]. De kans voor de ontwikkeling in werkgelegenheid ligt daarom in Nederland met name in de toepassing van zonnepanelen in regionale en lokale context, met name in de verdere uitrol van projectontwikkeling en onderhoud.

Duurzame opwekking met biomassa

Biomassa als energiebron is in Nederland mogelijk maar niet onomstreden. Het in Nederland verbouwen van energiegewassen is onaantrekkelijk vanwege de competitie met hoogwaardiger toepassingen van landgebruik, en vanwege de competitie met voedselproductie [15]. Het specifiek verbouwen van energiegewassen valt onder de eerste generatie bio-energie. Tweede- en latere generaties bio-energie kunnen gebruik maken van afvalstromen zoals plantresten, voedselresten, mest, en tuin- en snoeiafval. Dit soort activiteiten vallen onder de noemer *biobased economy*. De biobased economy levert de belofte om diverse producten te extraheren uit de biomassastroom, waaronder bio-energie. Wat betreft de energiebron is biomassa aantrekkelijk omdat het product (biobrandstof)

[3] De Nederlandse doelstelling voor de Europese Richtlijn hernieuwbare energie is om tegen 2020 14% van de energie uit hernieuwbare bronnen te halen. Deze doelstelling geeft aan dat opwekking uit niet-hernieuwbare bronnen de komende jaren nog altijd een belangrijke bron blijven voor Nederland.

toegepast kan worden voor directe elektriciteits- en warmteproductie, of als transportbrandstof. Qua procestechniek zijn er nog veel wegen te verkennen over welke stromen en eindproducten de beste resultaten geven. [19]

Het inrichten en onderhouden van installaties voor het gebruik en de verwerking van biomassa voor energieproductie is een arbeidsintensief proces dat (vooral) kansen voor werkgelegenheid biedt in de projectontwikkeling en procestechniek, met name met een regionale en lokale toepassing. Dit omdat bio-afval zwaar en groot kan zijn waardoor transport (financieel en logistiek) onaantrekkelijk is. Voor de uitbreiding van deze bron zullen daarom veel lokale installaties nodig zijn. Die moeten hun bio-afval uit meerdere bronnen betrekken; dat zorgt voor uitdagingen in de organisatie.

Duurzame opwekking uit andere energiebronnen

Andere energiebronnen zoals *ocean energy* hebben beperkte potentie en dragen momenteel nog hoge kosten met zich mee. Concepten die op beperkte schaal worden toegepast zijn getijden- en golfenergie en blue energy, dat energie onttrekt aan verschillen in zoutconcentraties tussen bijvoorbeeld het IJsselmeer en de Waddenzee [17]. Zij zijn de komende 5 jaar naar verwachting nog niet commercieel beschikbaar.

Hydro-elektrische energie wordt in zeer beperkte schaal gewonnen in onder andere de Nederlandse rivieren de Lek, de Neder-Rijn en de Maas. Vanwege het ontbreken van bergen en daarmee de mogelijkheid om in Nederland stuwdammen aan te leggen, is voor de opwekking van hydro-elektrische energie in Nederland geen grote rol voorzien.

Ten slotte wordt *geothermie* in Nederland op beperkte schaal toegepast [14]. Er is potentie in vooral midden- en Noord-Nederland, waar toepassingen mogelijk zijn in de tuinbouw en ruimteverwarming. Nadelen voor deze energiebron zijn de hoge investeringen en technische complexiteit die als risico worden gezien door financiers. Wanneer deze investeringen worden gemaakt liggen de kansen voor banen vooral bij de technische beroepen; met name de industriële installatietechniek, geavanceerde monitoring (software, sensors) en civiele techniek voor warmtetransport. Daarnaast vereist de toepassing de nodige organisatie en daarmee werk voor planologen, bestemmingsplanmakers en energiemakelaars die (rest- of aard) warmte generators met afnemers verbinden.

Energie uit fossiele energiebronnen

Ondanks de wens naar meer duurzame opwekking, blijven fossiele bronnen de komende jaren een belangrijk onderdeel van de energiemix in Nederland. Voor de opwekking van elektriciteit worden in Nederland hoofdzakelijk kolen en gas gebruikt [18]. Deze bronnen zijn *on demand* (gas) of op grote schaal (kolen) beschikbaar, maar dragen vanwege hun CO_2-uitstoot bij aan het broeikaseffect.

Een koolstofarme economie zal het gebruik van deze bronnen moeten minimaliseren, waarbij kolen worden uitgefaseerd en aardgas een grotere rol krijgt. Een optie om de CO_2-uitstoot te beperken is de toepassing van Carbon Capture & Storage (CCS). Deze optie wordt in veel scenario's als noodzakelijk aangemerkt, maar is niet onomstreden: er zijn zorgen over directe effecten voor de bodem en de ethische aspecten van het belasten van volgende generaties met onze huidige problemen. CCS is een additionele processtap na verbranding en zal daardoor extra kosten meebrengen voor energieopwekking die gebruik maakt van fossiele brandstoffen.

Een afname van het gebruik van fossiele brandstoffen zal hoofdzakelijk leiden tot verlies van werkgelegenheid in de aanleg en het onderhoud van installaties en procesbeheer. Een dergelijke afname laat nog op zich wachten, afhankelijk van maatschappelijke keuzes zoals sluiting van kolen- en gascentrales of de overstap op elektrisch vervoer.

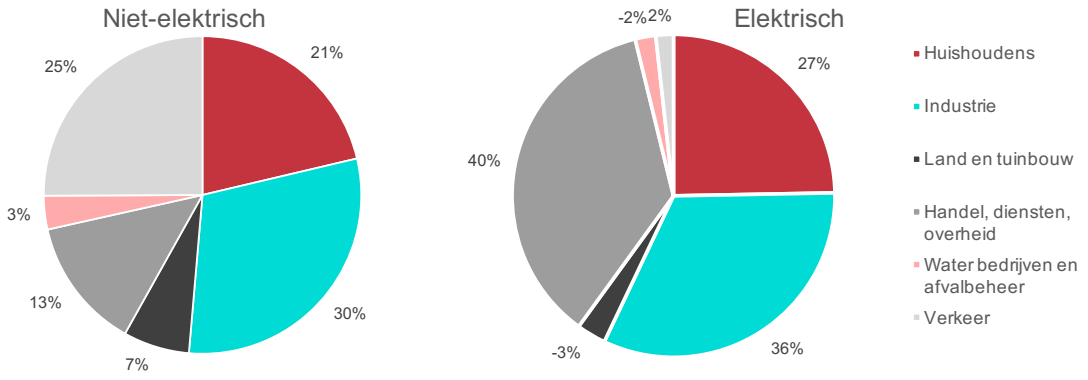
2.1.3 Toepassingen en besparingsmogelijkheden

De voorgaande paragrafen gaven een beeld weer van de mogelijkheden voor de opwekking van duurzame energie in het kader van het Energieakkoord en werkgelegenheid. Daarnaast wordt ook

besparing en efficiënter omgaan met energie gestimuleerd door het Energieakkoord: dit zijn de bestedingscategorieën 'energiebesparing' en 'investering in (slimme) netwerken'.

Figuur 3 geeft het Nederlands energiegebruik in 2013 weer, uitgesplitst naar verbruikssectoren en energiebron (elektrisch versus niet-elektrisch). Niet-elektrisch verbruik van energie betreft vooral toepassingen voor de opwekking van warmte (lage temperatuur voor ruimteverwarming en hoge temperatuur voor in de industrie), verkeer en vervoer[4].

Figuur 3 Finaal energiegebruik in Nederland (realisatie 2013, temperatuur gecorrigeerd, niet-energetisch gebruik van energiedragers uitgesloten)



Gebaseerd op data uit [2] - Tabellenbijlage, tabel 21

Besparing in ruimteverwarming in gebouwde omgeving

De warmtevraag door de gebouwde omgeving (woningen en utiliteit) is goed voor zo'n 34% van niet-elektrisch energiegebruik[5]. Hiervoor wordt hoge kwaliteit warmte gebruikt uit voornamelijk aardgas om temperaturen van <30 graden Celsius te bereiken. Als alternatief kan direct lage-kwaliteit warmte worden toegepast in de gebouwde omgeving door het gebruik van lage temperatuur verwarming. Deze lage-temperatuur warmte kan geleverd worden door (elektrische) warmtepompen, WKO-installaties, geothermie, en restwarmte uit industrie en elektriciteitsopwekking. Hiervoor is wel verregaande isolatie nodig van vooral de oudere gebouwvoorraad en zijn alternatieve warmte-afgiftesystemen noodzakelijk. Deze aanpassingen leveren werkgelegenheid voor de bouw- en installatiesector, voorafgegaan door activiteiten in projectontwikkeling.

Besparing in proceswarmte voor de industrie

De industrie is verantwoordelijk voor zo'n 30% van het Nederlandse totale finale niet-elektrische energiegebruik (zie Figuur 3). Vooral de procesindustrie gebruikt veel hoge-kwaliteit warmte voor de opwekking van stoom en het bewerken van materialen (zowel in de chemische industrie als ook in de productie van cement en metalen). Na de nuttige toepassing is er vaak een grote hoeveelheid warmte op redelijk hoge temperatuur beschikbaar die alsnog nuttig kan worden toegepast. Hiervoor moet dan wel een geschikte afnemer in de buurt zijn, zoals een warmtenet voor woningen of een andere industriële partij. Het alternatief is dat de restwarmte wordt weggekoeld in koelwaterlozingen of koeltorens.

De nuttige toepassing van restwarmte levert in de aanlegfase werkgelegenheid voor ondernemingen in civiele- en installatietechniek en aan planologen en projectontwikkelaars om de partijen met elkaar te verbinden.

[4] In het Energierapport 2016 wordt deze indeling ook gehanteerd in de beschrijving van de vier belangrijkste energiefuncties.

[5] Merk op dat de land en tuinbouw een netto-leverancier is van elektrische energie door het veelvuldig toepassen van warmte-kracht koppeling, zie het negatieve elektriciteitsverbruik van 3%.

Toegenomen elektrificatie: besparing en aanpassing van netwerken

Elektriciteit wordt vooral toegepast voor de opwekking van kracht en licht. Verlichting verschuift naar efficiëntere technologie (zoals LEDs) die effectiever wordt ingezet (aanwezigheidsdetectie, timing). Voor de inzet voor kracht is er een onderscheid te maken tussen levering van mechanische energie zoals bijvoorbeeld pompen en elektromotoren; en een meer specifieke toepassing van motoren als warmtepomp.

In de industrie wordt 70% van de elektriciteit gebruikt voor elektrische aandrijving [19], maar voor een toenemend aantal processen vindt elektrificatie plaats. Er is bijvoorbeeld veel te winnen door de toepassing van efficiëntere motoren (IE3 en IE4). Daarnaast is er een toenemend gebruik van elektromotoren in warmtepompen. Waar deze vroeger vooral werden toegepast in koelkasten, koelhuizen en luchtbehandeling, zien we in toenemende mate de toepassing van warmtepompen voor ruimteverwarming. In essentie is dit een koelkast “in z’n achteruit”.

Warmtepompen zijn interessant vanwege hun hoge efficiëntie (voor elke verbruikte eenheid energie leveren ze zo’n 3 eenheden warmte) en het feit dat ze geen aardgas nodig hebben om toch (lage kwaliteit) warmte te leveren. Warmtepompen en hybride warmtepompen leveren een cruciale bijdrage in de overgang naar aardgas-arme systemen voor verwarming.

De veranderende toepassing van elektriciteit voor met name ruimteverwarming betekent dat traditioneel gescheiden beroepen zoals loodgieter en elektricien meer met elkaar verweven worden. Daarnaast zijn de systemen voorzien van meer (regel)elektronica waardoor digitale geletterdheid ook hier een belangrijkere vaardigheid wordt.

Elektrificatie van verkeer en vervoer vraagt aanpassing van netwerken

Het vervoer van personen en goederen is verantwoordelijk voor zo’n 25% van het Nederlandse niet-elektrische totaal finaal energieverbruik [3]. Vervoer vereist energiedragers die een hoge energie- en vermogensdichtheid hebben, die snel en veilig zijn bij te vullen tegen lage kosten. Vloeibare transportbrandstoffen hebben daarom de voorkeur. Tot nog toe zijn de meeste transportbrandstoffen van fossiele afkomst. Om de CO_2-emissie van vervoer te beperken kan gekozen worden voor elektrificatie (als de elektriciteit uit hernieuwbare bronnen komt), het gebruik van biobrandstoffen (waaronder biogas of biodiesel), of het gebruik van gasvormige brandstoffen (zoals LNG, biogas en waterstof). In de afgelopen jaren heeft elektrificatie van vervoer een vlucht genomen: zie ook het aandeel van 2% elektriciteitsverbruik in het rechter taartdiagram van Figuur 3.

Deze verandering stelt hoge eisen aan het elektriciteitsdistributienetwerk vanwege de sterk toenemende vraag naar elektriciteit in plaats van vloeibare transportbrandstoffen. Aan de andere kant wordt met elk elektrisch vervoersmiddel een potentiële opslagmogelijkheid aan het netwerk toegevoegd. De veranderingen als gevolg van elektrificatie van vervoer hebben, wat de energiesector betreft, een impact op netwerkbedrijven. Het meest prominent hierin zijn activiteiten als het verzwaren van de netwerken en het invoeren van slimme software die vraag en aanbod op elkaar kan afstemmen. Dit betekent een toename in de vraag naar traditionele netwerkactiviteiten, en een toegenomen vraag naar *software engineers* en vaardigheden als digitale geletterdheid.

Samenvattend zien we dat de energietransitie vereist dat we vraag en aanbod beter op elkaar afstemmen. Industrie, gebouwde omgeving, transport en (de)centrale opwekking worden gecombineerd en samengebracht door warmtenetwerken en smart-grids. Dit vereist toegenomen intelligentie in zowel ontwerp als uitvoering en onderhoud. Daarnaast moet ingespeeld worden op de fluctuerende aard van wind- en zonne-energie, in combinatie met de elektrificatie van industrie. Er ontstaat verregaande integratie, van individuele systemen tot complete regio’s. Door de toegenomen afhankelijkheid is er meer coördinatie nodig in ruimtelijke planning, en partijen moeten voor langere tijd aan elkaar gebonden worden als het gaat om bijvoorbeeld warmtenetten. Dit vereist nieuwe organisatievormen en een toegenomen organisatiegraad.

Het Energieakkoord stimuleert individuele partijen om eigen initiatieven te starten om de transitie te verwezenlijken, terwijl de collectieve effecten nog onbekend en onzeker zijn. De energietransitie is wat dat betreft in volle gang. Dit betekent dus ook dat de veranderingen hun doorslag zullen hebben in de werkgelegenheid, maar dat die veranderingen zeer divers zullen zijn: het raakt een grote diversiteit aan beroepen en de kennis die nodig is voor deze beroepen is sterk aan verandering onderhevig.

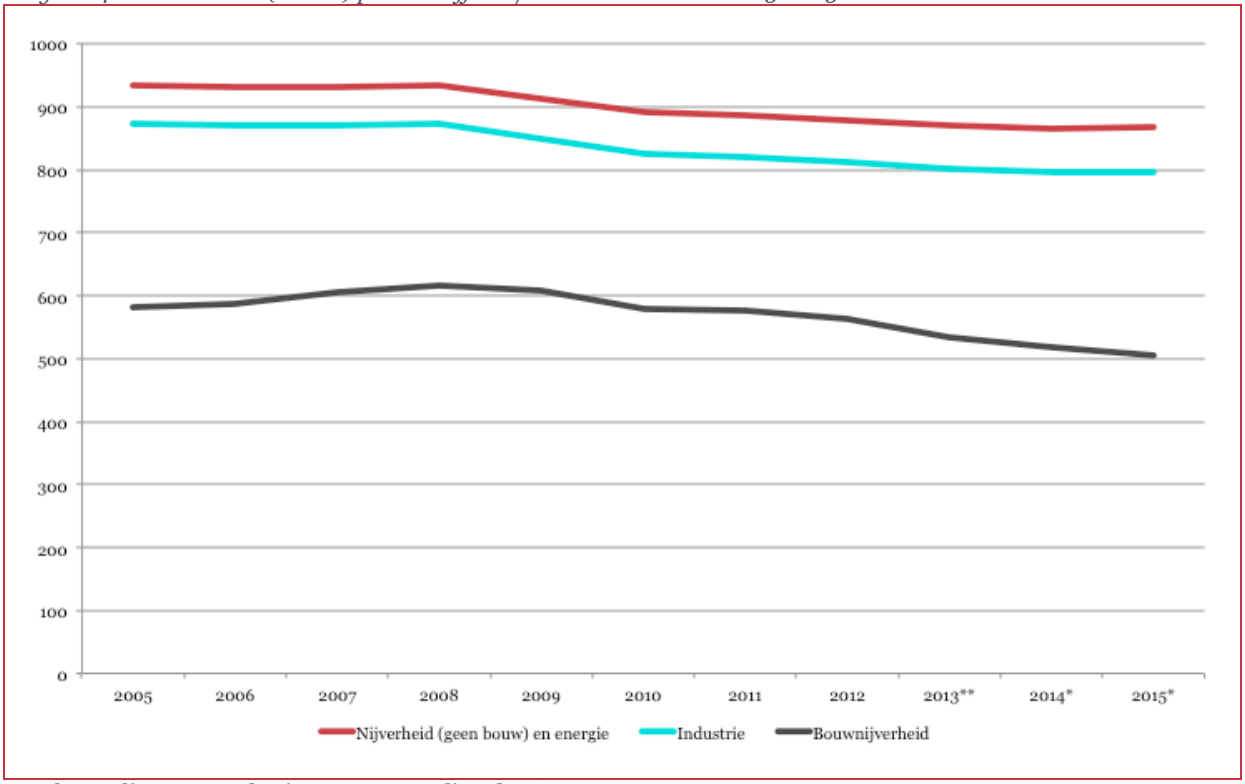
2.2 Arbeidsmarktontwikkelingen in Nederland

2.2.1 Vraag naar arbeid in de bouw daalt; industrie en energie stabiliseert

Het Energieakkoord heeft naast haar directe verbinding naar de energiesector betrekking op de werkgelegenheid in de bouw en industrie. Volgens de data van het CBS, zijn het aantal banen (inclusief ZZP'ers) in deze bedrijfstakken in de afgelopen 10 jaar afgenomen (zie Figuur 4). Deze daling in het aantal banen is in contrast tot de veranderingen van het aantal banen voor alle economische activiteiten in Nederland, die in dezelfde periode, net als de totale omvang van de beroepsbevolking, juist zijn toegenomen van 9.208.000 banen in 2005 naar 9.944.000 banen in 2015.

De economische crisis heeft in alle drie de branches impact gehad, vooral tussen 2008 en 2010, maar stabiliseerde langzaam en zeker in de industrie en energie. In de bouw, daarentegen, is het verlies van banen doorgezet, met name tussen 2010 en 2012. In alle drie de branches is het totaal aantal banen in 2015 nog altijd lager dan aan het begin van de crisis in 2008, in tegenstelling tot het totaal aantal banen in alle economische activiteiten.

Figuur 4 Aantal banen (x1000) per bedrijfstak/branche in tussen 2005-2015



Technopolis 2016, op basis van CBS Statline data[6]

[6] Data: Banen voor het totaal werkenden: Arbeidsvolume en werkzame personen, kwartalen; nationale rekeningen

De impact van de crisis blijkt ook nog zichtbaar in de technische installatiebranche (TI) waar de instabiliteit druk uitoefent op de doorstroom vanuit het onderwijs. “Steeds meer TI bedrijven laten weten dat ze het aantal leerwerkovereenkomsten zijn gaan verminderen om de gevolgen van de recessie op te vangen.” [27] Deze leerwerkplekken zullen echter wel nodig zijn om geschikt geschoold personeel te kunnen werven als deze banen weer toenemen.

Volgens de berekeningen van het Research Centrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt (ROA), zijn de prognoses voor werkgelegenheid[7] voor de periode 2015-2020 een stuk positiever voor de bouw dan de industrie en energie sector [28]. Terwijl de prognose voor de bouw betekent dat de werkgelegenheid met 2,2% groeit in de periode 2015-2020, wordt niet verwacht dat de werkgelegenheid in de sector energie en alle sub-sectoren van industrie per saldo zal toenemen behalve in de metaalindustrie. Als deze prognoses uitkomen, hebben zij ook een uitwerking op de richting waarop het onderwijs en de arbeidsmarkt het meest efficiënt kan inspelen voor duurzame energie.

2.2.2 Twee categorieën knelpuntberoepen zijn van belang voor de energietransitie

De krimp in het bestand van banen van de afgelopen jaren, betekent dat er nog arbeidskrachten aanwezig zijn die in een aantal gevallen groei in banen zouden kunnen vullen, al dan niet met benodigde bijscholing. Dit geldt echter niet voor knelpuntberoepen waarvoor in de gehele arbeidsmarkt een serieus tekort aan is geconstateerd en verwacht blijft en dus vanuit de instroom van het onderwijs meer op ingezet moet worden.

Volgens dezelfde prognoses van ROA zijn de IT beroepen het grootste knelpunt op de arbeidsmarkt in de periode 2015-2020. IT beroepen worden onderscheiden als de combinatie van technisch en commercieel profiel of als datawetenschappers. Beide typen profielen zijn relevant voor de energietransitie. Ook voor technische beroepen, alsmede managers, worden grote knelpunten op de arbeidsmarkt verwacht en kunnen werkgevers tevens tegen enige knelpunten aanlopen in het werven van bedrijfseconomische en administratief personeel. Voor de commerciële beroepen (adviseurs marketing, PR, vertegenwoordigers en inkopers) die ook in het geval van de energieontwikkelingen relevant zijn, worden daarentegen geen knelpunten verwacht [28]. Het UWV bevestigt dat deze trends nu al zichtbaar zijn op de arbeidsmarkt en dat deze zich op middelbaar en hoger niveau bevinden, niet op elementair en lager niveau. Met name vacatures voor technische beroepen of beroepen waar een technisch component onderdeel van uit maakt zijn moeilijk te vervullen. Beroepen waar met name te kort aan personeel bleek te zijn in 2014-2015 zijn [29]:

- Technische beroepen van mbo2 tot en met wetenschappelijk niveau: monteurs, cnc-verspanners, gespecialiseerde lassers en pijpfitters industriële montage, calculator (onderhoudsspecialist in de afbouw), werkvoorbereiders, ontwerperconstructeurs, projectleiders elektrotechniek, technisch opgeleide projectleiders, R&D specialisten en procestechnologen.
- ICT beroepen op hoger en wetenschappelijk niveau: developer-programmeurs, specialisten business intelligence, security-specialisten, app-developers, recruiters voor technische en ICT beroepen en combinatieberoepen van ICT en business die een regierol spelen.

Deze knelpuntberoepen zijn van belang voor de top 5 bestedingscategorieën van de NEV. Terwijl de arbeidsmarkt herstelt van de economische crisis zijn er ondertussen dus nijpende knelpunten bijgekomen voor banen die van belang zijn voor de energietransitie. Het helpt ook niet dat de vrouwelijke helft van de beroepsbevolking de weg naar technische beroepen maar in mondjesmaat vindt. Echter, door technische opleidingen meer te presenteren in de context van het toekomstige werkgebied en stereotypen weg te halen (bijvoorbeeld het project “Verbeeldingskracht” van VHTO), lijkt de interesse van nieuwe doelgroepen, waaronder vrouwen, gestimuleerd te worden.

2.2.3 Het toenemende aantal zelfstandigen zonder personeel (ZZP’ers) en tijdelijk personeel

Het aantal ZZP’ers in Nederland is over de afgelopen tien jaar substantieel toegenomen [26]. De economische crisis van de jaren 2008-2012 heeft deels bijgedragen aan deze veranderende

[7] Op basis van het aantal werkenden met een baan voor minimaal 1 uur per week

arbeidsmarktomstandigheden, waaronder meer gebruik van een externe flexibele schil, voorzichtigheid in aannamebeleid en een groei in ZZP'ers, tijdelijk personeel en eenmansbedrijven. Veranderingen in de regelgeving rondom deze fenomenen (VAR, uitbetaling bij ziekte, flexibiliteit in de ontslagwet, etc.) creëren onzekerheid binnen sectoren[8]. Deze ontwikkeling is tijdens dit onderzoek meerdere keren benoemd als aandachtspunt voor de arbeidsmarkt door werkgevers.

De mogelijkheden voor bij- en omscholing via bedrijfsscholen, bedrijfsopleidingen en scholingsfondsen zijn beperkt voor ZZP'ers. Deze zijn immers ontwikkeld voor werknemers binnen bedrijven die aangesloten zijn bij een brancheverenigingof een samenwerking zijn aangegaan met een onderwijsinstelling. ZZP'ers met eigen middelen kunnen wel gebruik maken van het grote aanbod van private opleidingen. De meerderheid van deze opleidingen (ongeveer 55% in 2014) zijn echter niet ontwikkeld om een wettelijke, branche- of beroepscertificaat af te geven [27].

Tegelijkertijd komen bestaande middelen voor opleidingen onder druk te staan omdat er minder mensen in cao-bedrijven werkzaam zijn. Volgens de gegevens van Bouwend Nederland bijvoorbeeld, is het aantal personen werkzaam onder de bouw-cao gedaald van 169.101 op 1 januari 2009 tot 99.172 personen op 1 september 2015. Een dergelijke substantiële krimp in het bestand van cao-organisaties heeft tot gevolg dat de beschikbare middelen voor omscholing en bijscholing binnen de sector voor een steeds kleinere groep beschikbaar is. De vraag is of de huidige vakmensen en professionals voldoende toegang hebben of beschikken over kennis die nodig is voor de energietransitie binnen hun werkveld.

In de bouw en vooral de industrie wordt tevens veelal gebruik gemaakt van tijdelijke personeel. Het aantal uitzendkrachten per sector over de periode 2003-2014 is in de industrie veruit het grootst van de economische sectoren in Nederland [28]. Via de scholingsfondsen voor uitzendkrachten hebben zij toegang tot de trainingen, bijvoorbeeld via de Stichting Opleiding & Ontwikkeling Flexbranche (STOOF). Via deze fondsen kunnen beroepsbegeleidende leerwegen (BBL) gevolgd worden, ervaringscertificaten (EVC) behaald worden en losse trainingen gevolgd worden, bijvoorbeeld gerelateerd aan soft skills en projectmanagement. Via deze weg is er ruimte voor het volgen van om- en bijscholing voor tijdelijk personeel en is het mogelijk om via de BBL en EVC route de opleiding in te richten op het toepassen van nieuwe technologieën die relevant zijn voor de energietransitie, maar moet dit wel door zowel het tijdelijk personeel als de leidinggevenden worden erkend als een relevante leerweg.

2.2.4 Krimpregio's versus groeiregio's

De beschikbaarheid van werk is niet alleen afhankelijk van de ontwikkelingen binnen de sectoren, maar ook van de dynamiek in de regio. Bedrijven worden tenslotte aangetrokken tot locaties waar zich voldoende goed opgeleide beroepsbevolking bevindt. In 2013 bracht het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) haar prognose uit voor de regionale ontwikkelingen tussen 2013 en 2040. Het rapport gaf aan dat in regio's die gekenmerkt worden als 'krimpregio' ook de potentiële beroepsbevolking sterk afneemt tussen 2012 en 2025 met name in Limburg, Zeeuws-Vlaanderen, het Noordoosten van Groningen en Zuidoost-Drenthe [27]. Daar waar de beroepsbevolking niet verwacht wordt af te nemen, komt dit grotendeels doordat de beroepsbevolking wordt geacht langer door te werken en daarbij op steeds latere leeftijd kennis moet blijven opdoen om mee te gaan met technologische ontwikkelingen.

De directe impact van de economische crisis en de ontwikkeling van groei- en krimpregio's hebben bijgedragen aan een toenemende samenwerking tussen overheden, bedrijven en onderwijs voor de arbeidsmarkt op regionaal niveau. Zo groeien bijvoorbeeld het aantal Centra voor Innovatief Vakmanschap (samenwerking met mbo) en Centers of Expertise (samenwerking met hbo), waarbij in sommige gevallen opleidingen in verschillende varianten worden aangeboden: voltijds, duaal, deeltijds, en deeltijds in het Engels. Binnen deze ontwikkeling heeft men "geleerd dat aansluiten op de dynamiek in een regio de basis is voor de start en de verdere ontwikkeling van een Centrum" [33]. Traditiegetrouw zijn de beroepsgerichte onderwijsinstellingen (mbo en hbo) het nauwste verbonden met de arbeidsmarkt, maar wordt ook hier een coherente en samenhangende regionale aanpak als

[8] Daarbovenop kijken veel midden- en kleine bedrijven niet verder vooruit dan 3 tot 6 maanden.

uitdaging beschouwd. De samenwerking tussen vmbo en mbo, bijvoorbeeld “is voor veel regio’s nieuw en ingewikkeld, en komt voorzichtig tot stand” [34]. De Topsector Energie heeft via deze CoE’s en CIV’s al een sterk begin gemaakt in het ondersteunen van deze samenwerkingen.

Deze regionale samenwerking speelt op meerdere niveaus een belangrijke factor voor de arbeidsmarkt. Zo wordt het tevens beschouwd als een belangrijk middel om het chronisch tekort aan technici tegen te gaan. Via nationale programma’s zoals het Nationaal Techniekpact 2020 en voorheen het Deltaplan Bèta Techniek wordt al jarenlang ingezet op het aantrekken van jongeren in technische opleidingen. Door deze programma’s is duidelijk geworden dat de regionale samenwerking een belangrijke sleutel biedt. “Het besef dat een oplossing voor het tekort aan technici samenwerking tussen meerdere regionale spelers vergt, geeft een andere dynamiek aan de doelstelling. Het komt aan op empowerment van de regio en het stimuleren van de flexibiliteit en samenwerkingscapaciteit van verschillende partijen binnen effectieve regionale netwerken.” [34]

Deze regionale samenwerkingsverbanden worden doorgaans opgezet met bedrijven die voor de regio een economisch speerpunt vertegenwoordigen. In deze ontwikkeling is het een uitdaging voor bedrijven die niet direct gelinkt zijn aan een dergelijk speerpunt om aan te sluiten en daar baat bij halen. Daarnaast zijn er nog altijd industrieën met tekorten aan technici in regio’s waar nog geen CoE of CIV aanwezig is.

2.3 Reflectie: de energietransitie, het Energieakkoord en de arbeidsmarkt

In bovenstaand hoofdstuk zien we dat de energietransitie en het Energieakkoord een grote impuls voor de vraag naar arbeid zou kunnen betekenen. Steeds sneller veranderende technologie in wisselende samenstellingen maakt de gevraagde vaardigheden minder voorspelbaar. Tegelijkertijd komen de sectoren juist uit het ‘dal’ van een economische crisis, zodat voorinvesteren in mogelijke toekomstige vraag op dit moment voor veel midden- en kleinbedrijven teveel gevraagd is.

De onzekerheid remt de bereidheid om in nieuwe competenties te investeren en plaatst de verantwoordelijkheid daarvoor bij partijen die hier minder middelen voor hebben (niet cao-gebonden ZZP’ers en MKB’ers kunnen bijvoorbeeld geen aanspraak maken [33]). Tegelijkertijd geldt dat Nederland al geruime tijd worstelt met een lage instroom in technische beroepen, waardoor aan de vraag naar gekwalificeerd technisch personeel voor meerdere sectoren slecht voldaan kan worden. Hierdoor ontstaat een spanningsveld op de arbeidsmarkt voor de sectoren die van belang zijn in de energietransitie. Via regionale samenwerkingen en nationale acties om technische beroepen aantrekkelijk te maken wordt getracht oplossingen te faciliteren. Deze acties zijn echter nog altijd in ontwikkeling en brengen een grote uitdaging met zich mee voor het inspelen op de mogelijkheden van het Energieakkoord.

In het volgende hoofdstuk analyseren we welke thema’s te extraheren zijn uit bovenstaande ontwikkelingen en knelpunten.

3 Samenkomende ontwikkelingen

De uitdagingen voor de Human Capital Agenda moeten gezien worden in een breder kader van ontwikkelingen uit hoofdstuk 2: het Energieakkoord, de energietransitie, en de daaraan gekoppelde arbeidsmarktvraagstukken. In dit hoofdstuk staat hoe deze ontwikkelingen samenkomen: de vijf bestedingscategorieën die ter afbakening zijn uitgelicht krijgen te maken met algemene ontwikkelingen, technologische ontwikkelingen, en organisatorische ontwikkelingen, die leiden tot een aantal benodigde competenties. We hebben deze ontwikkelingen gecombineerd tot vijf doorsnijdende thema's: fabrieksmatig bouwen, systeemintegratie, energiecoaching, ICT, en leven lang leren.

3.1 Algemene observaties

Voordat we deze thema's en de selectie daarvan beschrijven, moeten we observeren dat op dit moment de bijdragen van het Energieakkoord aan veranderingen in de arbeidsmarkt pas op zeer kleine schaal zichtbaar zijn: de beoogde schaal van de veranderingen wordt nog niet gehaald. Dit is enerzijds niet verwonderlijk aangezien het akkoord pas in september 2013 is gesloten en veel factoren voor het succes van invloed zijn. Anderzijds wordt in het Energieakkoord aangegeven dat juist in de beginjaren de arbeidsmarktveranderingen verwacht worden. We geven een aantal redenen aan waarom het bereiken van de ambities moeizaam is.

Veel van de afspraken zijn kaderscheppend en agendazettend van aard, maar worden niet altijd vertaald in daadwerkelijke investeringen in duurzame energie. Deze investeringen moeten op hun beurt weer voor extra of veranderde werkgelegenheid zorgen. Het gebrek aan investeringen heeft deels te maken met het feit dat het Energieakkoord veel verantwoordelijkheid legt bij partijen die bij het afsluiten van het akkoord niet (direct) aan tafel zaten en die nu minder hard investeren dan beoogd:

- De ambities ten aanzien van de gebouwde omgeving zijn prominent aanwezig, maar de daadwerkelijke investeringen en bouwactiviteiten voor nul-op-de-meter woningen lopen nu nog achter [31]. Woningeigenaren hebben weinig animo voor het energiezuiniger maken van hun huis [32], deels omdat het algehele bewustzijn van de energieproblematiek in de maatschappij nog steeds vrij laag is [33].[9] Bovendien is de hoeveelheid aan ontwikkelingen nagenoeg niet te overzien voor individuen. Specifiek technische ontwikkelingen hebben elk hun voors en tegens, die niet altijd makkelijk af te wegen zijn. Er blijven zo weinig experts over die zicht hebben op het gehele plaatje en voor niet-experts is dit woud aan opties totaal onoverzichtelijk.
- Ook de beoogde grootschalige energiebesparing in de energie-intensieve industrie vinden nog niet plaats. De industrie wil huidige installaties nog niet vervangen omdat ze nog niet zijn afgeschreven. Daarnaast wordt het gebrek aan toegang tot investeringskapitaal genoemd. Hoewel er legio voorbeelden zijn van innovaties die binnen bestaande installaties tot kostenbesparing én energiebesparing kunnen leiden (bijvoorbeeld door sensoring & control of optimalisatie van elektrische aandrijving), heerst er investeringsaversie, omdat de risico's voor nieuwe technologieën (te) hoog worden ingeschat of is de benodigde kennis niet aanwezig bij technologieleveranciers [11] [34].

De ontwikkelingen in het energiesysteem zijn complex door de samenhang van subsystemen, onoverzichtelijk vanwege het grote aantal opties, en deels onvoorspelbaar vanwege internationale technologische ontwikkelingen en ontwikkelingen in de energieprijs[10]. Hierdoor ontstaat onzekerheid,

[9] Omdat in Nederland zo'n 56% van de woningen particulier bezit is moet nog blijken of de renovaties in zulk een volume plaats gaanvinden als geraamd; de keuze is en blijft immers aan de eigenaar. Recent onderzoek van Bouwend Nederland [25] raamt de bereidheid tot renovaties bij huiseigenaren binnen 2 jaar op zo'n 7%, waarbij het grootste deel denkt aan het aanbrengen van opwekking (PV) en <25% aan enige vorm van isolatie.

[10] De prijs van fossiele brandstoffen is een belangrijke determinant van wat er gebeurt in het energiesysteem op de korte termijn. Bij een hoge prijs voor fossiel wordt de vraag naar duurzame alternatieven sterk aangewakkerd, maar die vraag zakt in als gas- en olieprijzen in mineur zijn. Op de lange termijn, wanneer de technologie ver genoeg ontwikkeld is dat de prijs van duurzame energie goedkoper is, zal deze impact minder worden. De verwachtingen voor de middellange termijn gaan uit van een energieprijs die niet significant stijgt: tot 2040 jaarlijks met minder dan 2%. [26]

waardoor de markt geneigd is voorzichtig of niet te investeren. Het Energieakkoord steekt sterk in op de zelfredzaamheid van de markt, maar het blijkt dat de markt alleen het niet kan of wil doen[11] en niet voldoende in de Return On Investment vertrouwt.

Verschillende vormen van regelgeving dragen niet bij aan de implementatie van veranderingen in het energiesysteem: de Splitsingswet maakt het bijvoorbeeld moeilijk voor netwerkbeheerders om proactief nieuwe initiatieven te ontplooien, waardoor investeringen en dus werkgelegenheid uitblijven. De vertraging in het aannemen van de wet Stroom heeft geleid tot onzekerheid over investeringen in wind op zee. Woningcorporaties zijn beperkt in de mogelijkheden om eventuele investeringen in isolatie en efficiëntie te kunnen verhalen op de huurders; ook zij zijn niet geneigd te investeren. Daarnaast heeft Nederland te kampen met een gebrek aan consistent beleid: de overheid wordt niet gezien als betrouwbare partner, eerder als een bron van verstoring en verwarring. Lange-termijn investeringen van de nationale of lokale overheid zouden kunnen bijdragen aan een basis-marktvraag en daarmee zekerheid creëren.

3.2 Doorsnijdende thema's

Ondanks bovenstaande complicerende of remmende factoren, leiden de ontwikkelingen op de arbeidsmarkt tot een aantal doorsnijdende thema's, die gericht zijn op nieuwe beroepen of competenties die individuen in de toekomst zouden moeten bezitten. Deze thema's zijn enerzijds te herleiden tot de verschillende sectoren waar wij ons in dit onderzoek op richten: de top 5 van de bestedingscategorieën waarin volgens de NEV 2015 de meeste extra banen zullen ontstaan: investeringen in energiebesparing, windenergie, zonne-energie, slimme netwerken, en investeringen in biobased economy. Anderzijds zochten we thema's die niet exclusief voor één investeringsgebied of sector gelden. We hebben daarom gezocht naar doorsnijdende thema's: zaken die in meerdere bronnen of discussies worden genoemd en voor meerdere bestedingscategorieën/sectoren gelden. In deze zoektocht hebben we gebruik gemaakt van discussies met HCA-experts die op de Energiedag op 28 januari 2016 te Baarn aanwezig waren, aangevuld met literatuuranalyse. Vervolgens hebben we een selectie gemaakt van thema's op basis van: 1) prominente aanwezigheid in (beleids)discussies, 2) een inschatting van de hoeveelheid mensen die met deze verandering te maken krijgt, 3) het doorsnijdende karakter. Uiteindelijk hebben wij deze in een breder gezelschap van bedrijven, hogescholen en roc's in meerdere regio's getoetst.

In de onderstaande paragrafen beschrijven we de doorsnijdende thema's. Daarnaast geven we aan in hoeverre we de thema's van toepassing achten op de top 5 bestedingscategorieën van de NEV (zie Tabel 2), waarbij het aantal plussen een indicatie geeft van de sterkte van de verbinding.

	Energiebesparing	**Wind op zee (en op land)**	**Zon-PV**	**Slimme netwerken**	**Biobased**
Fabrieksmatig bouwen	+++	+	+		
Systeemintegratie	+++	+	+(+)	+++	+++
Energiecoaching	+++	+	+(+)	++	++
ICT	++	++	++	+++	++
Leven lang leren	++	++	++	++	++

Tabel 2 Toepasselijkheid van de doorsnijdende thema's op de top 5 bestedingscategorieën uit de NEV 2015

[11] Zélfs maatregelen gericht op het "ontzorgen" van individuen werken niet altijd: voordat mensen tot een investering beslissen willen ze ongeveer snappen hoe het werkt en genoeg werkende voorbeelden zien.

3.3 Fabrieksmatig bouwen

Zowel uit de beschrijvingen in het Energieakkoord als de vertaling naar nieuwe werkgelegenheid in de NEV komt de gebouwde omgeving als belangrijk speerpunt naar voren. De enorme ambitie van energiebesparing in honderdduizenden nul-op-de-meter woningen (onder andere in het programma Stroomversnelling), die grotendeels door renovatie en herbouw bereikt zou moeten worden, vraagt een gigantische omslag ten opzichte van de traditionele bouw, maar ook bij het grootst aantal vakmensen. Deze opgave, gekoppeld aan technologische ontwikkelingen die vallen onder de noemer industrie 4.0, prefab, en mass customisation [35], hebben geleid tot het thema "fabrieksmatig bouwen". Dit thema is het minst doorsnijdend van aard: de integratie van zonnepanelen in gebouwelementen en eventueel gebouwgebonden windmolens vallen hier nog enigszins onder. De verbinding met de overige twee gebieden (slimme netwerken en biobased economy) is klein.

3.3.1 Relatie met het Energieakkoord

Een van de grote uitdagingen in het Nederlandse energielandschap is het realiseren van energiebesparingen in de uiterst diverse gebouwvoorraad: zowel in woningen als in de utiliteitsbouw. Het Energieakkoord zet hier stevig op in voor zowel eigenaren als huurders van panden. De beoogde toepassing is zowel in bestaande bouw als in de nieuwbouw: in dat laatste geval wordt ingezet op nul-op-de-meter woningen.

Energiebesparingen in de bouw vereisen grootschalige ingrepen. Als de bouwschil geïsoleerd wordt, kan dat in bepaalde gevallen de vervanging van de hele gevel betekenen. Daarna worden de installaties voor warmte-opwekking en -afgifte aangepakt, eventueel gevolgd door aanpassingen in de verlichting en andere apparatuur. De opgave is enorm: om alle woningen in Nederland binnen afzienbare tijd energiezuinig te maken, moeten honderdduizenden woningen per jaar worden gerenoveerd. In sommige gevallen "blijft geen steen op z'n plek". Sommige wijken bestaan uit grotendeels dezelfde gebouwen; voor andere, vooral oudere, wijken is maatwerk nodig. Er is in de toegepaste techniek daarom behoefte aan standaardisatie, terwijl tegelijkertijd maatwerk nodig is. Naast volledige verbouwing tot nul-op-de-meter woningen die voor circa 1,5 tot 2 miljoen woningen gelden, zijn voor overige gebouwen ook andere ingrepen denkbaar, waarbij stapsgewijs de isolatiegraad wordt verhoogd.

3.3.2 Technologische ontwikkelingen

De technische oplossingen voor de geschetste opgave bestaan of er zijn demonstraties beschikbaar. Gevels worden in toenemende mate gemaakt in fabriekshallen in plaats van op de bouwplaats. In deze prefab gevels kan de nodige installatietechniek zoals leidingen en warmteafgifte worden geïntegreerd. Vensters met hoogwaardig isolerend glas worden in de hal direct in de gevel geplaatst. Dergelijke vensters kunnen ook nog worden uitgerust met *Building Integrated PV* (BIPV) technologie; hiermee wordt het glas gelijk een zonnecel die elektriciteit produceert. Deze techniek is ook toepasbaar voor dakpannen en andere dakbedekking. Hoewel de gevels in de hal handmatig geassembleerd kunnen worden, is ook 3D-printen van gevels en gebouwdelen een optie. 3D-scannen en -printen stelt ons in staat om *mass customisation* toe te passen in de gebouwdelen. Dit is essentieel om onderdelen te fabriceren voor gelijkaardige, maar niet identieke gebouwen; bijvoorbeeld rijtjeshuizen met een standaardbreedte maar andere plaatsing van vensters. Verschillende bouwers zijn al bezig met deze concepten en bieden bijvoorbeeld "renovatie in 1 dag" aan.

3.3.3 Organisatorische ontwikkelingen

De aanpassing van de woningvoorraad is van groot belang voor het halen van onze energiedoelstellingen. Hiervoor zijn met gemengde resultaten in het verleden al nationale programma's geweest, zoals "Meer Met Minder". Een groot struikelblok is altijd de financiering

geweest: dit struikelblok komt voort uit het feit dat de investeerder vaak niet de vruchten plukt van lagere energierekeningen, maar ook uit de complexiteit van de projecten. Snelle renovaties met voorgefabriceerde gebouwdelen nemen een deel van de complexiteit weg, waardoor onzekerheid vermindert en financiers meer vertrouwen krijgen in de uitvoering. Omdat nieuwe fabricageprocessen projectontwikkelaars beter in staat stellen om maatwerk te bieden tegen acceptabele kosten, worden renovatieplannen ook beter vatbaar voor lokale overheden. Deze kunnen in maatwerk per wijk worden gebundeld. Projectontwikkelaars schrijven zich in voor de uitvoering, en gaan bij akkoord aan de slag met het ontwerpen van alle nodige onderdelen. Die worden vervolgens gefabriceerd, getransporteerd, ingebouwd en aangesloten op het huis.

3.3.4 Benodigde competenties

Vakmensen zien hun werkplek verplaatsen van de bouwplaats naar de fabriekshal. Arbeid op de bouwplaats blijft nodig maar de inhoud van het werk verschuift naar het aansluiten, inpassen en integreren in plaats van ter plekke fabriceren. Deze verandering heeft ook een potentieel impact op huidige banen in bepaalde regio's; de afstand tot de fabriek kan tot een verschuiving in banen leiden, zeker omdat in de bouw vaak lokaal wordt gewerkt. Ook is het een uitdaging om de ZZP en MKB bedrijven in de bouw in staat te stellen om de vereiste (her)scholingstrajecten aan te gaan.

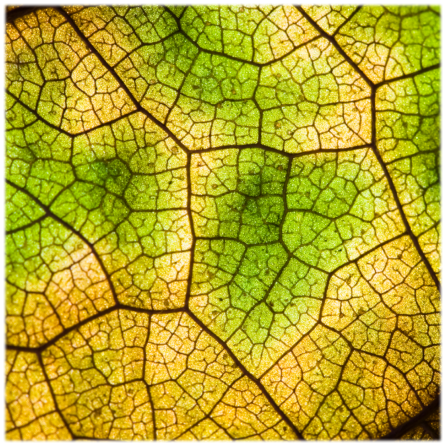
In de fabriekshal worden met hoge precisie de bouwdelen compleet gemaakt met installatietechniek. Het is mogelijk dat een bouwvakker verantwoordelijk wordt voor fabricage van gehele delen; dan moet deze persoon naast kennis van constructies ook kennis hebben van installatietechniek voor elektra, water en verwarming. De opkomst van 3D-printen voor bouwdelen vermindert de relevantie van vaardigheden zoals metsel- en verbindingswerk. In plaats daarvan moet de bouwer kennis krijgen van het aansturen van de 3D-printer, het controleren van de kwaliteit van het werk en het verhelpen van storingen.

In bredere zin zien technici op het gebied van elektriciteit, water en gas hun werk verschuiven naar de fabriekshal. Op de werkplaats sluiten ze de prefab onderdelen op elkaar aan en controleren de juiste werking; de vraag naar het aanleggen van installaties ter plekke zal afnemen, ook wat betreft zonne-energie en andere hernieuwbare energietechniek: deze wordt in de fabriekshal in de bouwdelen geïntegreerd.

Projectontwikkelaars krijgen te maken met toegenomen complexiteit van het projectontwerp. De ontwerpen die worden besteld bij de fabriek worden geleverd zoals besteld en eens geleverd kunnen ze moeilijk worden aangepast. Daarom is verhoogde precisie in het ontwerp een vereiste. Hierbij moet in toenemende mate gebruik worden gemaakt van CAD-software, waarin niet alleen de constructie maar ook de volledig uitgewerkte installatieprocedure moet worden ingetekend. Tot nog toe waren deze disciplines vaak gescheiden; eerst werd de constructie uitgewerkt, dan de installaties.

Samengevat; wat bouwen betreft zien we een verschuiving naar massaproductie in fabriekshallen die op de middellange termijn wordt ondersteund door 3D-printen. Hoe meer er in de hal kan worden gerealiseerd, hoe meer werk ter plekke dat bespaart en daarmee tijd, kosten en risico's in de uitvoering. Er zal meer en sneller gebouwd kunnen worden voor zowel bestaande bouw als nieuwbouw. Deze verschuiving verdringt arbeid in constructie- en installatietechniek, de rol verschuift naar aansturend en controlerend. Projectontwerpers krijgen te maken met ingewikkeldere aanlooptrajecten doordat meer techniek geïntegreerd wordt die foutloos moet zijn voordat de productie begint. Dat houdt in dat hun taak omvangrijker en belangrijker wordt, waardoor de vraag naar hun benodigde vaardigheden in volume en kwaliteit zal stijgen.

3.4 Systeemintegratie



De grote complexiteit van toekomstige decentrale, dynamisch opererende energiesystemen wordt als thema misschien wel als het meest uitdagend gezien, met daaraan gekoppeld de behoefte aan mensen die de samenhang en interactie tussen subsystemen kunnen begrijpen en doelmatig inregelen. De topsector Energie en TKI's erkennen het belang van systeemintegratie [36] en zijn daarom in 2015 gestart met het programma "systeemintegratie".[12] Alle bestedingscategorieën zullen te maken krijgen met systeemintegratie.

3.4.1 Relatie met het Energieakkoord

De behoefte aan systeemintegratie wordt mede gedreven door de uitvoering van het Energieakkoord. Het programma Systeemintegratie van de topsector Energie adresseert "het proces van integratie tussen schakels en spelers in de energiewaardeketens, tussen verschillende energiedragers, tussen actoren in de waardeketen en met aanpalende sectoren in het systeem, waardoor oplossingen voor knelpunten worden geboden en waardoor er kansen ontstaan voor nieuwe producten en diensten."

Een concreet voorbeeld dat in zeer grote volumes moet worden neergezet is de nul-op-de-meter-woning. Binnen zulk soort woningen moeten (op micro-niveau) verschillende installaties goed op elkaar afgestemd zijn. Maar ook de woning als verbruikende of opwekkende eenheid moet op zijn beurt op het wijk-niveau in verbinding staan met andere woningen, of nabije energiebronnen zoals leveranciers van (rest-)warmte. De industriële leveranciers en afnemers van energiestromen gaan met elkaar en met hun omgeving een industriële symbiose aan: ze worden onderling afhankelijk, waarmee naast de eigen belangen ook de netwerkbelangen een rol gaan spelen. Op dat punt haakt bijvoorbeeld de oprichting van het programmabureau duurzame warmte Zuid-Holland in. Ook de ambities in de glastuinbouw, aardwarmte, en de ontwikkeling van de warmtevisie 2014-2030 sluiten hier op aan.

3.4.2 Algemene ontwikkelingen

In het afgelopen decennium zagen we dat de verschillende energiesystemen die bijdragen aan de behoefte naar lage- en hoge temperatuur warmte, elektriciteit, en transport, in toenemende mate complex worden. Verschillende componenten worden vaker en op grotere schaal met elkaar verbonden om aan steeds hogere prestatie-eisen te voldoen. In plaats van een centraal geleid systeem, met één of enkele bronnen, zijn er steeds meer decentrale opwekkers die deels producent en deels consument zijn van verschillende soorten energie. Verhoudingen tussen aanbieders en afnemers worden in bepaalde gevallen vluchtiger en kortdurender van aard, bijvoorbeeld in decentrale elektriciteitsopwekking, maar in andere gevallen juist langduriger, zoals in het gebruik van restwarmte waar nieuwe infrastructuur voor aangelegd moet worden.

De "democratisering" van energielevering en het ombuigen van een waardeketen naar een waardenetwerk vindt niet alleen in de energiesystemen plaats, maar ook bij andere stromen van goederen en materialen. Dit staat dan bekend als industriële symbiose en nauw hieraan verwant circulaire economie. Een kenmerk van al deze ontwikkelingen is dat organisaties niet meer alleen rekening kunnen houden met hun eigen wensen en doelen, maar ook moeten afstemmen met hun netwerkpartners om de voordelen van samenwerking te plukken.

3.4.3 Technologische ontwikkelingen

De kanteling van een top-down systeem naar een horizontaal systeem wordt mogelijk gemaakt door een groot aantal technische ontwikkelingen: innovaties en kostendalingen in zon- en windtechnologie,

[12] http://topsectorenergie.nl/systeemintegratie/

verbeterde opslagmogelijkheden, nieuwe ontwikkelingen in de biobased en groen gas technologieën, en dat alles gekoppeld aan “slimme” ICT-componenten.

Hierdoor is het bijvoorbeeld mogelijk om steeds flexibeler duurzaam productievermogen in te zetten, maar ook tegelijkertijd overschotten op te slaan of om te zetten (power-to-gas of flexibele koeling). Er wordt veel verwacht van dynamische vraagsturing: door energieoverschotten en -tekorten anders te beprijzen zijn gebruikers geneigd om hun behoeftepatronen aan te passen: industrieën kunnen gebruik maken van warmte- of koudebuffers, en bovengenoemde opslag maakt het mogelijk om slim in te spelen op prijsverschillen.

Dit betekent ook dat er aanpassingen aan de bestaande energie-infrastructuren nodig zijn: in plaats van de oude boomstructuur vanuit een dikke stam (bij de centrales) naar steeds kleinere takken en twijgjes richting de afnemers, wordt het netwerk sterker onderling verbonden en worden de verbindingen gelijkwaardiger.

3.4.4 Organisatorische ontwikkelingen

Traditionele grenzen van organisaties vervagen: niet langer beginnen of eindigen verantwoordelijkheden “bij de poort”: zo worden bijvoorbeeld verwarmings- of koelinstallaties op eigen terrein eigendom van derden, die aanleg en onderhoud efficiënter kunnen regelen. Afvalstromen, zoals restwarmte of CO_2, vormen belangrijke inputstromen voor andere organisaties, zodat lange-termijn verbintenissen zowel fysiek als organisatorisch worden gevormd. Organisaties met gedeelde energiebehoeften bundelen hun krachten en zetten gezamenlijke infrastructuren (industriële smartgrids) op.

Dit vraagt een herinrichting van bedrijfsprocessen en het ontdekken van nieuwe businesscases. Standaard contractvormen voldoen niet meer in deze nieuwe situaties en ook wetgeving is hier vaak niet op ingericht. Voor het inrichten van samenwerkingsverbanden is dus kennis van wet- en regelgeving van belang, inzicht in nieuwe contractvormen, én oog voor (financiële) kansen in de lokale context.

3.4.5 Benodigde competenties

Dit thema impliceert het belang van een toekomstige competentie “systeemintegrator” (voor verschillende opleidingsniveaus en -richtingen) die kennis heeft van verschillende systeemniveaus en op verschillende niveaus opereert: individueel object, lokale omgeving, regionaal, landelijk en internationaal. In termen van kennis en vaardigheden heeft dit ook consequenties: het is niet langer genoeg om expert te zijn op het gebied van één systeem of één bedrijf, maar ook van de afhankelijkheden en samenhang voorbij het “eigen” systeem. Het vereist dus kennis op verschillende organisatieniveaus en van verschillende technologieën.

In termen van de bestedingscategorieën van de NEV:

- Energiebesparing en biobased: vereist kennis van de verschillende energiesystemen binnen gebouwen en industriecomplexen en hoe die op elkaar inspelen. De systeemarchitect moet samenwerken met de installateurs voor de beste prestaties, en de gebiedsontwikkelaar moet rekening gaan houden met de verschillende vraag en gebruiksprofielen van de aanwezige gebouwen en organisaties. Gerelateerde vaardigheden zijn te vinden in bouwkunde, installatietechniek (E,G), gebouwbesturing (domotica), gebiedsontwikkeling (vooral als het aankomt op WKO en bodemwarmte/geothermie), industriële procestechniek, en nieuwe business modellen.
- Wind en zon: juiste aanpassing van vraag en aanbod van decentrale levering op het netwerk; beter inspelen op prijsprikkels door gebruik te maken van (decentrale) opslag. De levensvatbaarheid van deze oplossingen wordt niet alleen bepaald door de juiste combinatie van technologieën, maar ook door de businesscase en zelfs de handelsalgoritmen achter de installaties. Gerelateerde vaardigheden zijn te vinden in software engineering, business, power engineering.

- Slimme netwerken: verder ontwikkelen van controlesystemen; interfaces tussen systemen zodat lokale behoeften in kunnen spelen op systeembehoeften. Dit speelt op verschillende niveaus, zowel binnenshuis (domotica), binnen wijken (lokale load balancing tussen huizen) en binnen regio's. Gerelateerde vaardigheden zijn te vinden in power engineering, energiemarkten/veilingen en business modellen, ruimtelijke planning.

3.5 Energiecoaching

Een ander belangrijk thema dat gekoppeld is aan vaardigheden zijn de zogenaamde "soft skills", die allerlei psychologische, interpersoonlijke, organisatorische en institutionele elementen bevatten [37]. Waar de systeemintegratie in onze bovenstaande interpretatie met name gericht is op (de interactie tussen) technische systemen, is er ook een sociaal systeem waarin de nieuwe technologieën moeten worden ingebed, met daarbij horende andere gebruikswijzen en persoonlijke interacties. Samen met thema's als de onoverzichtelijkheid van technologische opties, de snelle technologische veranderingen, en de behoefte aan "ontzorging" heeft dit geleid tot het thema "energiecoaching", die energiediensten op verschillende niveaus en voor verschillende soorten klanten kan leveren. Gezien de nadruk in het Energieakkoord op de inzet van individuele burgers verwachten we in de toekomst een grote vraag op huishouden-niveau, die echter op dit moment nog niet zichtbaar is. Ook professionele beheerders van gebouwen en industriecomplexen kunnen hulp in het beheer en de optimalisatie van hun energiestromen gebruiken: op directieniveau zijn besparingsmogelijkheden op basis van nieuwe technologie vaak onbekend. We achten de toepassing van dit thema op grootschalige wind en zon lager in dan voor de andere bestedingscategorieën – daar waar wind en zon op lokaal niveau ingepast moeten worden, is juist wél veel aandacht voor interactie nodig .

3.5.1 Relatie met het Energieakkoord

Er zijn vooral hoge verwachtingen voor energiebesparing in de gebouwde omgeving waarin de rol van de 'gewone bewoner' van belang is. Zo zijn er maatregelen voor nul-op-de-meter woningen, het geven van energielabels aan woningen en de uitrol van de slimme meter, subsidies voor energiebesparing in de verhuur, een fonds met leningen voor huiseigenaren en Verengingen van Eigenaren (VvE's) en een nationaal programma voor de vervanging van oude apparatuur zoals wasmachines en koelkasten.

Van gemeenten wordt gevraagd dat zij ondersteuning bieden aan lokale burgers en bedrijven, bijvoorbeeld door ze naar het Energieloket te verwijzen. Ook worden zij geacht bij te dragen aan energiebesparing in lokale voorzieningen zoals openbaar transport, openbare verlichting, schoolgebouwen en ander maatschappelijk vastgoed.

Hoewel voor de industrie wordt uitgegaan van een professionele drive om energiebesparing die zich op korte termijn terugverdient te implementeren, blijft de daadwerkelijke inzet beperkt. Enerzijds wordt in het Energieakkoord gewezen op een strengere handhaving van de wet Milieubeheer – die bedrijven verplicht om maatregelen met een terugverdientijd van minder dan vijf jaar toe te passen. Anderzijds lijkt ook de kennis van besparingsmogelijkheden beperkt.

Als zowel burgers, verenigingen, lokale overheden, en industrie inderdaad bereikt worden en overtuigd zijn om mee te doen, beschikken ze vaak niet over de kennis en kapitaal om dit te realiseren. Het Energieakkoord geeft daarom ook extra aandacht aan voorlichting en bewustwording, ontzorging en financieringsondersteuning. Kortom, de benodigde coaching om de wil en de weg te realiseren.

3.5.2 Algemene ontwikkelingen

Energiebesparing in de gebouwde omgeving is geen nieuw aandachtspunt in Nederland. Al sinds 1995 voert de overheid onderzoek uit naar de energietechnische kwaliteit van woningen en gedrag van huishoudens, waaruit blijkt dat elektriciteitsgebruik van huishoudens tussen 2004-2010 vrijwel gelijk blijft en dat het gasverbruik in dezelfde periode lichtelijk daalt. Dit betekent volgens het onderzoek dat o.a. huizen beter geïsoleerd worden en dat het gedrag van bewoners verandert. Ook de monitor energiebesparing in de gebouwde omgeving bevestigt dit beeld en laat zien dat dit de laatste jaren met name gebeurt in koopwoningen, maar dat er voor huurwoningen nog veel winst te halen valt. Tevens laat de monitor zien dat er tegen 2012 voor 1 op de 6 utiliteitsgebouwen (kantoren, scholen etc.) energiebesparende maatregelen zijn genomen zoals verbeterde isolatie, nieuwe beglazing of het vervangen van de CV ketel, en dat er nog een lange weg te gaan is voordat alle gebouwen onder handen genomen worden.

Ondertussen ontwikkelt er ook druk vanuit de politiek. In 2006 wordt de Europese Richtlijn voor energielabels van gebouwen in Nederland ingevoerd en sinds 2008 verplicht gemaakt. Het label wordt weinig gebruikt of gecontroleerd en er wordt aan betrouwbaarheid getwijfeld. Naast besparing van energie, worden hernieuwbare energiebronnen steeds aantrekkelijker voor huiseigenaren en pandbeheerders. Sinds 2013 spreken we van Grid Parity, de prijs waarbij zonne-energie voor consumenten op hetzelfde kosten niveau ligt als energie uit het net. Mede gedreven door deze prijsontwikkeling worden eigenaren gestimuleerd 'groener' energie in te kopen door zowel maatschappelijk betrokken organisaties (consumentenbond, maatschappelijke bewegingen op milieugebied) als leveranciers.

3.5.3 Technologische ontwikkelingen

De techniek die moet worden toegepast om gebouwen en industrie aanzienlijk energiezuiniger te maken is in principe al ontwikkeld. Warmtepompen, isolatiematerialen, verlichting, warmte-afgiftesystemen, stookinstallaties, absorptiekoelers en regeltechniek zijn *off-the-shelf* beschikbaar. De kosten en opbrengsten van deze verschillende technieken lopen ver uiteen, en zo ook hun terugverdientijd. Om een gebouw als totaal systeem aan te pakken moet de juiste keuze van subsystemen gemaakt worden, beperkt door de maximaal wensbare terugverdientijd. De technische uitdaging zit hem in het ontwerpen van het systeem en het analyseren en voorspellen van hoe de verschillende subsystemen elkaar beïnvloeden. Daarbij moeten ook klimaat, gebruikersgedrag en storingen worden meegenomen. Vanwege de lange terugverdientijd is inzicht in deze materie essentieel om financiers te overtuigen van de haalbaarheid.

3.5.4 Organisatorische ontwikkelingen

De organisatie is veruit het grootste knelpunt om energiebesparing door te voeren. Het speelveld bestaat uit duizenden individuele huiseigenaren, gebouwbeheerders, huurders, gemeenten en bedrijven die hun weg aan het zoeken zijn om hun technologische ontwikkelingen bij deze heterogene groep toe te passen. Naast een enorm palet aan technische opties voor besparing en opwekking, spelen er de volgende punten op organisatorisch en financieel vlak:

- Split incentive: Gebruikers van panden die niet de eigenaar zijn, ontvangen de baten van energie investeringen zonder direct in de kosten mee te delen. Dit remt de investeringsbereidheid. Huurverhoging, huur die (omgekeerd) proportioneel is aan het energieverbruik, of terugbetalen via de meter kunnen hiervoor een oplossing zijn. Voor de utiliteitsbouw kunnen Energy Service Companies (ESCO's) een uitkomst zijn; zij dragen de investeringskosten en innen vervolgens (een deel van) de energierekening, waarmee de renovatie wordt terugbetaald.
- Gebrek aan schaal en vraagbundeling: zowel voor de woningbouw als in de industrie loont het om vraag te bundelen, door bijvoorbeeld hele woningblokken tegelijk te renoveren of warmtebronnen te koppelen. Hiertoe moeten wel alle betrokken partijen bereid gevonden worden. Dit zorgt voor problemen om een project met voldoende schaal van de grond te krijgen.
- Risicoperceptie en financiering: Hoewel er maatregelen zijn die zich binnen enkele jaren terugverdienen, vereist de benodigde energiebesparing pakketten die een terugverdientijd tot 20

jaar nodig hebben. Daarbij spelen het gebruikersgedrag en weersomstandigheden ook een rol. Hierdoor is de businesscase moeilijk te voorspellen, wat als risico gezien wordt. Financiers die zich specialiseren in deze problematiek zijn nog niet gemeengoed. Voor industriële partijen blijken de afhankelijkheid van en contractuele verplichtingen aan andere organisaties vaak een belangrijke rem om samen in zee te gaan.

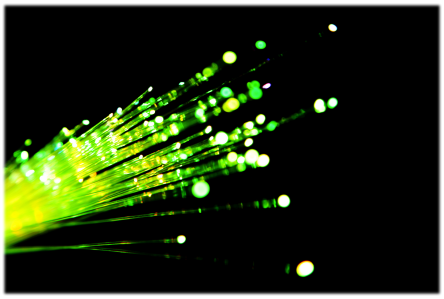
Vanwege deze grote variabelen is het voor individuele beslissers lang niet duidelijk welke stappen zij het beste kunnen maken. Wat levert het meest rendement op? Is er een slimme volgorde van stappen, zonder *lock-in*? Hoe kan dit gefinancierd worden? Welke bedrijven leveren kwaliteit?

3.5.5 Benodigde competenties

De energiecoach biedt als tussenpersoon tussen belanghebbenden op verschillende manieren oplossingen. Daarvoor is echter een breed palet van kennis en vaardigheden nodig, onder andere:

- Technologische kennis; over isolatie, installaties, machines, smart meetsystemen en elektriciteitsopwekking, en de laatste kennis van de nieuwe materialen en processen; dit komt neer op kennis van systeemintegratie
- Bestuurskundige kennis; over beleid en beleidsinstrumenten
- Financiële kennis; over mogelijke geldbronnen, kosten van investeringen en mogelijke besparingen
- Organisatorische kennis; programma en proces management vaardigheden
- Interpersoonlijke en communicatie vaardigheden; individuele situaties en wensen goed kunnen plaatsen, technische taal vertalen, individuen en bedrijven bij elkaar brengen

3.6 ICT



De digitalisering van onze samenleving is een lopende maatschappelijke trend, die zijn weerslag vindt in automatisering op het werk [38] [39]. Deze trend is enerzijds zo alomvattend, dat we twijfelden haar te vermelden als specifieke ontwikkeling voor ons onderzoek. Anderzijds wordt de disruptieve invloed van ICT veelvuldig genoemd in discussies. Deze ontwikkelingen worden het meest genoemd als het gaat over het investeringsgebied van slimme netwerken en in het algemeen over ingebedde slimheid van technologie. Voor alle gebieden die met technologieontwikkeling te maken hebben, is dit thema van belang – we hebben dan ook niet een duidelijk beroepsprofiel of vaardigheid die naar voren springt. Daadwerkelijke ICT programmeerkennis is maar bij een beperkt aantal mensen noodzakelijk [40], maar een grote hoeveelheid installateurs en onderhoudslieden zal met vernetwerkte apparatuur moeten leren omgaan.

3.6.1 Relatie met het Energieakkoord en algemene ontwikkelingen

ICT beschrijven als sector, beroep of vaardigheid op zich is als het benadrukken van het belang van geletterdheid in een professionele omgeving.

In het Engels beschrijft de term *Data Literacy* de vaardigheden die nodig zijn om met data en (de juiste) software om te gaan om vragen te beantwoorden en problemen op te lossen. Deze vaardigheden zijn in vrijwel alle aan het Energieakkoord gerelateerde afspraken vereist: uiteraard in *smart grids* en prestatiemonitoring in bijvoorbeeld gebouwbeheer en industriële processen. Maar ook in toenemende mate bij prestatiemonitoring van windmolens, waar sensoren worden ingebouwd tot in de tandwielkast om bijvoorbeeld preventief onderhoud aan te sturen. Als het aankomt op geothermie en WKO systemen speelt ICT een grote rol in simulaties zodat de bodemsystemen elkaar niet “in de weg zitten”, naast de nodige real-time monitoring als de systemen eenmaal gerealiseerd zijn.

Deze ontwikkelingen op het gebied van ICT worden gedreven door een andere manier van omgang met communicatie en gegevens. De communicatiekosten zijn sinds 25 jaar met ruim 90% gedaald; de hoeveelheid data die de industrie opslaat verdubbelt ongeveer elk jaar. Wat de toekomst gaat brengen is onzeker en vooral bij ICT onderhevig aan speculatie en hypes. Zeker is wel dat data een grote rol gaat spelen in het ontwerp, de ontwikkeling en het onderhoud van toekomstige energiesystemen, ook in Nederland.

3.6.2 Technologische ontwikkelingen

De ontwikkelingen in ICT worden gedreven door miniaturisatie van hardware, toenemende rekenkracht, toenemende (draadloze) verbinding van componenten, en aan de gebruikerskant automatisering van gegevensverwerking. In het algemeen kan gesteld worden dat steeds meer apparaten “slim” en vernetwerkt worden. Bekende begrippen die dit beschrijven zijn *Internet of Things* en *Cyber Physical Systems* – de combinatie van de fysieke wereld met de internetwereld.

De combinatie van sensoren die de status van apparaten en installaties meten en kunnen aansturen, met sensoren die omgevingsfactoren als licht, temperatuur, luchtvochtigheid, en aanwezigheid van mensen meten, maken het mogelijk om zeer nauwkeurig met onze gebouwde en industriële omgeving om te gaan: het stellen van prestatienormen en het zodanig inregelen van systemen zodat de prestaties gehaald worden. De systemen (inclusief het gebouw en het gebruik daarvan) waarin deze technologie wordt toegepast zijn van tevoren al doorgerekend en geoptimaliseerd en kunnen op afstand gemonitord worden. Specifiek in de onderhoudssector en assetmanagement kunnen onderhoudswerkzaamheden geoptimaliseerd worden doordat installaties zelf aangeven wanneer ze falen. Hier is ruimte voor de Nederlandse industrie om internationaal vooruit te lopen.

Het gevolg van deze ontwikkelingen is de stortvloed aan data die wordt gegenereerd (ook wel *big data* genoemd). Daarom moeten middels datamining de informatiestromen worden beheerst en overzichtelijk worden weergegeven, waarvoor begrijpelijke gebruiker-interfaces van groot belang zijn. Zogenaamde home of industrial energy management systems (HEMS & IEMS) moeten eindgebruikers in staat stellen om kosten te besparen door energieverbruik te monitoren en vervolgens te rationaliseren.

3.6.3 Organisatorische ontwikkelingen

Organisaties zien hun rol verschuiven op een groot aantal vlakken. Bij het beheer van netwerken en installaties (assetmanagement) speelt (big) data een toenemend grote rol. Daarnaast vereist interoperabiliteit tussen en binnen systemen afspraken over formaten van dataverzameling en rapportage. Data kan met preventief onderhoud helpen om de totale hoeveelheid onderhoud te verminderen; daartegenover staat dat een goede inrichting van de datasystemen essentieel wordt, waarvoor kennis en kunde vereist is. Het gebruik van ICT stelt projectontwikkelaars om complexere systemen te ontwerpen met geoptimaliseerde prestaties. Dat houdt wel in dat bij de implementatie minder speelruimte is voor fouten of alternatieve werkwijzen; precisie wordt belangrijker.

Er ontstaan ook nieuwe samenwerkingen tussen organisaties die de traditionele sectoren overstijgen. Waar informatiestromen een grote rol spelen, speelt kennis van informatietechnologie een grote rol. Deze kennis zal niet altijd intern aanwezig zijn, en kan worden geleverd door partijen die voorheen niet in de energiebranche zaten. Voor specialisten in analyse van klantgegevens maakt het onderwerp niet per se uit, of die nu afkomstig is uit de supermarkt of uit het gebruiksprofiel uit de slimme meter.

Andere voorbeelden van branche-overstijgende samenwerkingen zijn voorzien tussen softwareontwikkelaars bij de eerdergenoemde energie management systemen en bij de netwerkbedrijven. De algoritmen die in de systemen worden ingeprogrammeerd moeten geen negatieve gevolgen hebben voor het netwerk door bijvoorbeeld verbruikspieken of juist -dalen. Wederom moet er dus op meerdere niveaus geoptimaliseerd worden.

3.6.4 Benodigde competenties

De installatie en het gebruik van slimme componenten in het energiesysteem vereist dus begrip van de rol van gegevensstromen en de vaardigheden om die stromen te gebruiken dan wel te manipuleren. In termen van onze bestedingscategorieën:

- Energiebesparing: begrijpen welke sensoren prestatie-indicatoren aangeven en het gebruik van installaties daaraan aanpassen; snappen welke data binnen welke componenten gedeeld wordt; gebruik maken van prijssignalen en andere vormen van systeemterugkoppeling.
- Zon, wind, en biobased: gebruik maken van zelfdiagnostiek van installaties en systemen en daarnaar handelen; installaties die zelfsturend zijn – sturingscriteria begrijpen.
- Slimme netwerken: ook hier gebruik maken van systeemterugkoppeling en prijssignalen; aandacht voor gebruikersinterfaces.

3.7 Veranderende context: leven lang leren

Hierboven hebben we al geschreven over de complexiteit van het energiesysteem. Die complexiteit neemt toe door het (gevoel van) constante verandering: de technologie ontwikkelt zich snel en de maatschappij past haar vragen en eisen ook voortdurend aan [12]. Dit is eveneens een thema dat van ver voor het Energieakkoord al speelt. Het is niet langer vanzelfsprekend dat het onderhoudswerk van bestaande energiecomponenten jarenlang gelijk blijft. Werknemers en hun werkgevers zullen dus constant alert moeten zijn op de veranderende kenniseisen, vandaar het thema “leven lang leren”. Dit geldt voor alle bestedingscategorieën van de NEV.

3.7.1 Relatie met het Energieakkoord

De afspraken in het Energieakkoord stimuleren en creëren ruimte voor technologische vernieuwingen op het gebied van onder andere cleantech, (smart) netwerken, en gedecentraliseerde energievoorzieningen.

De bekostiging van de energietransitie heeft direct impact op werkgelegenheid: daar waar wordt geïnvesteerd, wordt ruimte gecreëerd voor meer werk. Zo is onder de tiende pijler van het Energieakkoord afgesproken om de financiering van grootschalige duurzame investeringen te bevorderen. Bijvoorbeeld door het opzetten van het Expertisecentrum Financiering Duurzame Energieprojecten, dat advies geeft over technische en financiële haalbaarheid aan initiatiefnemers van projecten en marktpartijen. Daarnaast wordt door het oprichten van de Nederlandse Investeringsinstelling structuur geboden aan het faciliteren van vraag en aanbod van grootschalige projecten.

Dergelijke veranderingen in de structuur zijn gericht op de lange-termijn ontwikkelingen en hebben op den duur impact op een keten van activiteiten; van projectontwikkeling tot realisatie tot implementatie waarin meer banen worden gecreëerd. Op kortere termijn wordt er geld geïnvesteerd via de Stimuleringsregeling Duurzame Energie (SDE+) en wordt investeringsgedrag gestimuleerd door o.a. de EnergieInvesteringsAftrek (EIA) en het verlaagd tarief voor energiebelasting van duurzame energie.

De combinatie van deze lange- en korte-termijn maatregelen moet er toe leiden dat er voldoende massa gecreëerd wordt om een daadwerkelijke energietransitie te realiseren. Deze omslag slaat ook op bestaande banen. Zolang er wordt geïnvesteerd in de toepassing van nieuwe technologische ontwikkelingen, moeten werknemers hiermee leren om te gaan. Dit kan gaan om te leren hoe bepaalde technologie werkt tot het aanpassen van werkvormen en vaardigheden. Technologieleveranciers hebben ook een rol in de kennisoverdracht naar de gebruikers.

3.7.2 Algemene ontwikkelingen

Volgens Europees onderzoek dat onlangs door CBS naar de Nederlandse context is vertaald, is Nederland een Europese leider op het gebied van leven lang leren. Slechts vier landen (Frankrijk, Finland, Zweden en Denemarken) presteren beter in het aantal mensen dat aan leven lang leren activiteiten mee doet. Desalniettemin is het daadwerkelijke aantal mensen dat formeel of informeel doorleert nog altijd relatief klein; minder dan 1 op de 5 mensen tussen de 25-65 jaar oud, waarvan de grootste groep tussen de 25 en 35 is. Dat er onvoldoende wordt doorgeleerd wordt ook door de overheid als problematisch erkend voor de economie. Hiertoe is in 2014 een aantal maatregelen genomen om het doorleren verder te bevorderen zoals meer investeringen in deeltijdsopleidingen, leervouchers en maatwerk.

Als er wel wordt doorgeleerd, gaat het vaak om technische, praktische of beroeps-specifieke cursussen. Het is daarom ook geen verassing dat van degenen die deelnemen aan korte opleidingen een kwart aangeeft dat het direct effect heeft gehad op het kunnen uitvoeren van nieuwe taken op het werk. Onder degenen die lange opleidingen volgen ligt dit aandeel met meer dan 40% van de deelnemers, veel hoger. Zijn langere opleidingen voor werkenden dan uiteindelijke beter voor de economie?

3.7.3 Technologische ontwikkelingen

Het Energieakkoord heeft betrekking tot de opwekking, opslag en gebruik van energie en daarmee een wijde groep van sectoren, bedrijven en werknemers. Het aanpassen aan de veranderende context van de energietransitie is voor deze sectoren zeker niet de enige uitdaging. Zo wordt er al enkele jaren veel aandacht besteed aan het potentieel en de uitdaging van de 'vierde industriële revolutie' waarin slimmere oplossingen voor werk mogelijk worden gemaakt.

Door digitalisering en de robotisering van werk, maar ook steeds snellere ontwikkelingen in sensoren en (nano)technologie, verandert de werkomgeving en de rol van de werknemer. Deze veranderingen hebben invloed op allerlei banen in de energietransitie; van de productie tot de plaatsing en het onderhoud van technische installaties in industrie en gebouwde omgeving, van wind op zee tot elektrische auto's. Ook het concept 'servitisation' is voor energie-gerelateerde bedrijven aan de orde. Dit omvat de verandering in productlevering naar dienstverlening; bijvoorbeeld in de casus van CV-ketels die steeds vaker worden geleased, met de bijkomende serviceverlening, of zelfs een contract dat gewenste temperatuur garandeert zonder de achterliggende technologie te benoemen. De groeiende vraag naar groene energie leidt ook tot een verschuiving in de opwekking van energie op decentraal niveau: of het nu van zonnepanelen op het dak komt, wind uit burgercoöperaties of van een regionaal boerencollectief, of industriële warmtenetten. De combinatie van deze veranderingen hebben hun weerslag op de kennis en expertise die van verschillende beroepen wordt geëist.

3.7.4 Organisatorische ontwikkelingen

Het aanbod van leven lang leeractiviteiten komt vooral uit de private sector daar deze meer kansen voor korte opleidingen bieden. Door financiering te organiseren en sectorspecifieke trainingen in kaart te brengen of aan te bieden, spelen de opleidings- en ontwikkelingsfondsen (O&O-fondsen) hierbij een belangrijke rol, zoals bijvoorbeeld voor de technische installatiebedrijven (OTIB), productie en leveringsbedrijven (OOFPLb), kabel en telecombedrijven (OOFKTb) en netwerkbedrijven (OOFNwb).

Er is in de loop van de jaren veel veranderd met betrekking tot het aanbod van bedrijven aan hun werknemers om door te leren. Daar waar 20 jaar geleden minder dan de helft van het MKB opleidingen aanbood, doet tegenwoordig meer dan twee-derde dit voor de medewerkers. Voor grote bedrijven is dit al jaren een norm. Vanaf 100 werknemers hebben bijna alle bedrijven enige vormen van opleidingsactiviteiten beschikbaar. Of hiermee ook de veranderende kennis van energiebesparingsmogelijkheden wordt gedekt, is afhankelijk van het belang en de kennis van beslissingsbevoegde managers.

Onder de sectoren waarin leven lang leren plaatsvindt, scoren bedrijven die werken aan productie, distributie en handel van elektriciteit, aardgas, stoom een gekoeld lucht relatief goed (iets meer dan 1

op de 5 werknemers). Dit is na overheidsinstellingen en financiële instellingen de sector waarin leven lang leren het meest plaats vindt.

3.7.5 Benodigde competenties

De diversiteit aan veranderingen in de energiesector maakt het onmogelijk om aan te wijzen welke specifieke vaardigheden en kennis benodigd zijn. Wél lijkt het van belang om de wereld van de leercontext wat verder op te rekken dan één specifieke toepassing: elektrotechnische kennis, bijvoorbeeld, biedt een basis die in meerdere toepassingsgebieden kan worden toegepast. De uitdaging is om leerlingen/cursisten in te laten zien dat zij zich nieuwe vaardigheden eigen kunnen maken: het leren leren.

Zowel werkgevers als hogescholen en aanbieders van deeltijdopleidingen bevestigen dat het voor veel beroepen in de energiesector niet realistisch is om een kant-en-klare werknemer af te leveren die direct over de benodigde vaardigheden beschikt. De afgestudeerde heeft een basisprofiel met technische kennis om nieuwe technologie snel te kunnen doorgronden. Zij/hij heeft de wil om meer te leren en meer te begrijpen vanuit een interesse in de technologie en het vak, maar ook vanuit de realisatie dat zijn vaardigheden morgen misschien niet meer relevant zijn. Deze werknemer moet dus goed kunnen leren, en samen met de werkgever inschatten welke ontwikkelingen bestaan en relevant zijn.

4 Bevindingen en aanbevelingen

Uit dit onderzoek komt een aantal uitdagingen ten aanzien van de (potentiële) werkgelegenheidseffecten van het Energieakkoord naar voren. In eerste instantie identificeren wij de consequenties van de doorsnijdende thema's uit hoofdstuk drie vertaald in een veranderde vraag naar competenties. Vervolgens identificeren we uitdagingen voor scholing en uitdagingen voor de werkgelegenheid, die uiteindelijk naar aanbevelingen vertaald worden.

4.1 Veranderende vraag naar competenties

Er vindt "brancheverveging" in beroepen plaats: de huidige loodgieter is niet meer de loodgieter van weleer. Sterker nog: er zijn verschillende loodgieters met elk hun eigen specialismen, zoals bijvoorbeeld voor de integratie van zonneboilers in een verwarmingssysteem. De door ons genoemde systeemintegratie en energiecoaching leiden momenteel nog niet tot één profiel, maar behelzen meerdere banen of beroepen. De vraag naar technisch personeel blijft onveranderd bestaan. Daarnaast zullen ook voor niet-technici meer elementen van techniek in werk een belang spelen. Voor beroepen die aansluiten op mbo-opleidingen, zoals in beheer en onderhoud, zijn mogelijkerwijs minder mensen nodig, maar ze maken wel gebruik van geavanceerdere technologie zoals programmeerbare sensoren en computers.

Bestaande banen en daarbij behorende competenties blijven relevant, maar worden aangevuld met additionele eisen die passen binnen complexe systemen waar meer samenwerking tussen partijen en afstemming van subsystemen verwacht wordt. Soft skills (omgang met klanten en collega's in organisaties, plannen, samenwerken) worden steeds meer gevraagd, met name in de richting van energiecoaching en –advisering. De vraag naar competenties wordt aangevuld met meer kennis van *embedded* ICT-systemen die met het net verbonden zijn, zelfdiagnoses kunnen uitvoeren, maar wiens software af en toe vernieuwd moet worden. Het belang van ICT wordt groter, hetgeen ook zijn weerslag heeft op de systeemintegratie.

De additionele eisen van systeeminzicht en –overzicht, leiden ertoe dat het gevraagde niveau van werknemers omhoog schuift. Dit vereist een bepaald niveau van abstractievermogen en het toepassen van de geleerde kennis in een andere context. In het kader van het werken aan een kenniseconomie (o.a. het Lissabon-akkoord) wordt al geruime tijd een alsmaar hogere opleidingsgraad van de bevolking nagestreefd, terwijl er in de energiewereld ook ruimte is voor mbo-niveau technisch personeel (hoewel steeds meer richting mbo4+-niveau). Juist door ICT en automatisering wordt er ook ruimte geschapen voor mbo1 en 2-niveau werk aan plug-and-play componenten. Hoe dan ook zal op elk niveau aandacht moeten blijven voor de veranderende technologische en organisatorische context en een leven lang leren gewoner worden dan nu het geval is.

4.2 Uitdagingen

Er is een breed gedragen consensus dat er meer zou moeten gebeuren om ambitie en daadwerkelijke activiteiten dichter bij elkaar te brengen, vooral op regionaal en lokaal niveau. Voor zowel investeren als aanjagen wordt toch naar de overheid gekeken. Op het lokale en regionale niveau is de aansluiting tussen overheid, bedrijfsleven en opleidingsorganisaties overzichtelijker en kunnen projecten concreter worden ingevuld.

Om de juiste opleiding te bieden moet een spanningsveld verwijderd worden met betrekking tot stageplekken. Die moeten voor onderwijsdoeleinden aan minimumeisen en -duur voldoen, terwijl er in het bedrijfsleven soms kortstondig behoefte is aan input van studenten. Dit is een probleem, omdat praktijkervaring vereist is die leerlingen dus niet kunnen opdoen.

Roc's geven daarnaast aan dat er afspraken gelden over de gebieden waarin zij operationeel mogen zijn om niet elkaars studenten "af te vangen". Deze afspraken werken belemmerend in de opstartfases van nieuwe opleidingen: voor bepaalde opleidingen is de instroom uit één regio namelijk te klein om de *business case* rond te krijgen. Er is voor dit probleem behoefte aan nieuwe vormen van samenwerking en indeling van de "opleidingsmarkt", bijvoorbeeld volgens het systeem van het Energy College Groningen. De inzet van nieuwe onderwijsvormen met gebruik van ICT (bijvoorbeeld MOOC's: Massive Open Online Courses) wordt als kans genoemd om het schaalprobleem te overkomen, maar succesvoorbeelden zijn vooralsnog schaars.

Een andere uitdaging die het aanbod van nieuwe opleidingen remt is dat het voor onderwijsinstellingen moeilijk is om voor de vraag uit te lopen. Rendabele opleidingen vereisen toch snel een twintigtal deelnemers. Als zo'n minimumgrootte vooraf niet goed aantoonbaar is, dan is het moeilijk om nieuwe opleidingen te starten. Binnen de sterk veranderende context van de energietransitie is dit regelmatig het geval.

Gegeven de complexiteit en snelheid van de technologische veranderingen is het niet alleen voor vakmensen maar ook voor vakdocenten moeilijk om alle ontwikkelingen bij te houden. Zelfs voor de meest ervaren vakkrachten is niet vol te houden dat zij alles weten. Daarom is een verschuiving nodig van de docent als ultieme uitdrager van kennis naar een leercoach voor de leerlingen[13].

Ook aan de zijde van de werkgevers zijn er uitdagingen. Vanuit de installatiebranche en de bouw komt het signaal dat *in principe* de (vooruitstrevende) werkgevers klaarstaan om nieuwe energietechnologie te implementeren, maar dat dit alleen gebeurt als er ook vanuit de markt naar wordt gevraagd. Een grote vraag blijft vooralsnog uit, onder andere vanwege de bovengenoemde punten van bekendheid, bewustzijn, en het uitblijven van investeringen – zowel bij individuele huishoudens als bij bedrijfsleven en industrie.

Wat betreft vaardigheden geven werkgevers aan dat er meer behoefte is aan bij- of omscholen Dit onderschrijft het belang van het thema van leven lang leren. Enerzijds moet de basis wél solide zijn, maar gegeven de technologische ontwikkelingen moet er regelmatig aandacht aan de nieuwe stand van de techniek worden gegeven. Daarnaast is de werknemerspoel al enige tijd verouderd, ook vanwege de geringe aanwas van technologiestudenten op verschillende niveaus. Ondanks alle inspanningen heeft techniek in Nederland nog steeds niet genoeg aantrekkingskracht.

4.3 Aanbevelingen

De wisselwerking tussen werkgelegenheid en de energietransitie, waaronder het Energieakkoord, speelt zich af in een situatie die gekend wordt door organisatorische, technische en economische complexiteit. Er is daarom behoefte aan personen die samen kunnen werken aan complexe vraagstukken, binnen een voortdurend veranderende context en veranderende technologie. Om die behoefte te helpen vervullen doen wij de volgende aanbevelingen:

- De Human Capital Agenda moet blijven aansluiten bij reeds bestaande nationale initiatieven zoals bij het Techniekpact. Het tekort aan technisch personeel is namelijk een probleem dat verder reikt dan de energiesector en het Energieakkoord. Coördinatie helpt om concurrentie op de markt voor technisch personeel te voorkomen. Daarbij zou extra aandacht moeten komen voor algemene knelpuntberoepen van mbo2 tot en met wetenschappelijk niveau, die ook relevant zijn voor de energiesector.
- Opleidings- en bijscholingstrajecten moeten reageren op de blijvende (en mogelijk groeiende) vraag naar ICT als een standaard onderdeel van opleidingen en bijscholingstrajecten, ook in het mbo. Hierbij gaat het niet alleen om programmeurs maar ook om data-wetenschappers en basale kennis die te vatten is als *digitale geletterdheid*.

[13] Het is in die context jammer dat de specifieke opleiding docent techniek op hbo-niveau is afgeschaft.

- De initiatieven van de Centers of Expertise en Centra voor Innovatief Vakmanschap moeten gezien hun succes en groei worden gecontinueerd, aangezien ze op regionaal niveau duurzaam vraag vanuit het bedrijfsleven en aanbod vanuit scholing bij elkaar brengen. Daarmee kan in een snel veranderende context adequaat worden ingespeeld op de voorziene behoefte aan nieuwe vaardigheden, zoals soft skills en digitale geletterdheid. Continueer in dit kader ook activiteiten gericht op de scholing van docenten.
- Let in de context van de regionale focus op het dilemma in regio-overstijgende vraag en aanbod: stimuleer samenwerking in het aanbieden van specifieke energiethema's (zoals in het kader van de HCA gebeurt voor Wind op Zee), maar heb oog voor het feit dat er ook lokaal scholing gevraagd wordt. Zorg dus voor landelijke coördinatie en lokale beschikbaarheid.
- De lessen uit het BuildUpSkills initiatief kunnen breder worden toegepast. Het is een goed voorbeeld van om- en bijscholing in het thema gebouwde omgeving. De manier waarop kwalificatieprofielen worden ontwikkeld voor de bouw zou ook kunnen worden ingezet voor systeemintegratie en energiecoaching. Een evaluatie kan leren van de aanpak van dit initiatief, zodat de lessen breder toegepast kunnen worden in sectoren, zoals de industrie, wind, smart-grids en (bio) procestechnologie.
- Werkgevers moeten ruimte maken voor leer-/experimenteeromgevingen en living labs, en moeten hun rol vervullen door stageplekken te bieden. Hierin staan zij niet alleen: ook CoEs en CiVs en technologieleveranciers moeten hieraan bijdragen. Dit vergt ondernemingszin en innovatiekracht.
- Werkgevers moeten ook worden gestimuleerd om flexibel in te spelen op de verwachte veranderende vraag. Dit vereist scholingsinvesteringen van hun zijde, die deels kunnen worden ingevuld met aanschuifonderwijs en specifieke, kleinere scholingsmodules (middels open en online leren, bijvoorbeeld). In het kader van systeemintegratie en de ontwikkelingen rondom het leveren van (energie)diensten ('servitisation') ligt hier een rol voor technologieleveranciers die met hun kennis van de verschillende systeemcomponenten kunnen bijdragen aan betere verspreiding van kennis.
- Voor ZZP'ers en tijdelijk personeel is er behoefte aan stroomlijning van (met name private) bijscholing, die zou moeten leiden tot een erkend diploma of certificaat. Gegeven de geconstateerde en voorziene krimp in opleidingsfondsen gefinancierd middels de cao-bijdragen zouden deze opengesteld kunnen worden voor ZZP'ers, die hiervoor een eigen bijdrage kunnen leveren. Daarnaast kan in samenwerking met Stichting Opleiding & Ontwikkeling Flexbranche (STOOF) gewerkt worden aan energietechnologie-gerelateerde om- en bijscholing.
- De verandering in behoeften aan personeel en competenties verdient constante aandacht. Ontwikkelingen in de vraag naar arbeid kunnen snel gaan gezien de grote benodigde bestedingsimpulsen. Monitor daarom regelmatig of de behoefte aan personeel, danwel de gevraagde competenties, verandert. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van een (half)jaarlijkse enquête onder HR-managers in de energiesector en sectoren gerelateerd aan de energietransitie.

Bijlage A Geraadpleegde personen en organisaties

Annewieke Baank	Duurzaamheidsfabriek / Da Vinci
Ronald van Bemmel	Cablean
Thijs van Bemmel	Circular Challenge (ENGIN)
Jacqueline Bijlsma	Oostnederland Energiek
Jan Cromwijk	BuildUpSkills
Piet Deenen	Hogeschool Utrecht
Jacques Doormerik	KW1c
Ton van Dril	EnergieonderzoeksCentrum Nederland
Keijen van Eijk	NDSM Energie
Jan Flonk	Enexis
Maartje van Gelder	TenneT
René Hartman	Stork
Judith van Heeswijk	Uneto-VNI
Ron van Helvoirt	MyTec Professionals
Rento Hermanns	RondomDom Isolatie
Dennis Huft	Stork
Dos de Keijser	Lauwershof
Mereille Klein Koerkamp	Allego
Daaf de Kok	De Kok en Partners
Ronald Kooman	Gemeente Dordrecht
Hans Kraaij	Provincie Utrecht
Harm van Lieshout	Hanze Hogeschool
Rein Meester	Duurzaamheidsfabriek / Da Vinci
Samson Nibi	Healthy Urban Living Foundation
Roel Oosterhoff	Oosterhoff Poolen Installatietechniek
Jan Oosting	Hogeschool Arnhem Nijmegen
Menno Ottens	Borgingscommissie SER
Wilko Planje	Hogeschool Utrecht
Jaron Reddy	Alliander
Arien Scholtens	InSamenspraak/Gelders Energieakkoord
Cesar Trijselaar	Energy College

Wubbo Trip	Alliander/HAN
Andrea de Vaal-van Hooren	Alliander
Nadia Verdeyen	Hogeschool Utrecht
Kas Verhagen	Enexis
Helen Visser	Bouwend Nederland
Bart Wesmaas	Gasterra

Feedback op eerdere versies van het rapport

John Baken	TKI Wind op Zee
Teun Bokhoven	TKI Urban Energy
Els Bos	FNV
Rietje van Dam	TKI BBE
Ton van Dril	ECN
Jörg Gigler	TKI Gas
Paulien Herder	Topteam Energie / TU Delft

Begeleidingscommissie

Marsha Wagner	Topsector Energie
John Post	TKI Urban Energy
Frans van den Akker	TKI ISPT

Bijlage B Geraadpleegde literatuur

[1] SER, „Energieakkoord voor duurzame groei," Sociaal-Economische Raad, Den Haag, 2013.

[2] K. Schoots en P. Hammingh, „Nationale Energieverkenning 2015," EnergieonderzoeksCentrum Nederland / Planbureau voor de Leefomgeving, Petten, 2015.

[3] SER, „Resultaatmeter," [Online]. Available: http://afsprakengestart.energieakkoordser.nl/resultaatmeter.html . [Geopend 2016].

[4] Borgingscommissie SER, „Energieakkoord voor duurzame groei: voortgangsrapportage 2015," Sociaal-Economische Raad, Den Haag, 2015.

[5] A. Grootenboer, M. Koning, R. Saitua, M. Vrolijk en M. Zuidema, „SER Energieakkoord: Macro-economische doorwerking," Economisch Instituut voor de Bouw, Amsterdam, september 2013.

[6] IRENA, „Renewable Energy and Jobs," International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2013.

[7] M. Wagner, „Human Capital Agenda 2020 Topsector Energie, Plan van aanpak 2015-2017," Topsector Energie, Den Haag, 2015.

[8] BuildUpSkills, „BUILD UP Skills – Netherlands – National Roadmap & Results of WP3 Final Report," 2013.

[9] Ministerie van VROM, „Een wereld en een wil - werken aan duurzaamheid - Nationaal Milieubeleidsplan 4," Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 2001.

[10] Task Force Energietransitie, „Meer met energie! Kansen voor Nederland," SenterNovem, Utrecht, 2006.

[11] A. Ligtvoet, E. Cuppen, K. Hemmes, D. Mehos, U. Pesch, J. Quist en O. D. Ruggero, „De komende 50 jaar gas in Nederland – perspectieven en robuuste strategieën," Technische Universiteit Delft, Delft, 2015.

[12] Ministerie van EZ, „Energierapport - Transitie naar duurzaam," Ministerie van Economische Zaken, Den Haag, 2016.

[13] WRR, „Naar een lerende economie: investeren in het verdienvermogen van Nederland," Amsterdam University Press, Amsterdam, 2013.

[14] T. van der Hagen, P. Herder en C. Hellinga, „Het Delft Plan - Nederland als Energy Gateway," TU Delft, Delft, 2015.

[15] ECN, „Naar een schone economie in 2050: routes verkend. Hoe Nederland klimaatneutraal kan worden.," ECN/Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, 2015.

[16] G. van der Veen, M. Altmann, P. Eparvier, M. Ploeg en P. Trucco, „Evaluation of the impact of projects funded under the 6th and 7th EU Framework Programme for RD&D in the area of non-nuclear energy," Technopolis, LBST, Hinicio, Amsterdam, 2014.

[17] PBL, „Biomassa wensen en grenzen," Planbureau voor de Leefomgeving, 2016. [Online].

Available: http://infographics.pbl.nl/biomassa/. [Geopend 26 3 2016].

[18] G. van der Veen, J. van Barneveld, Wilts, Eckartz en Duque-Ciceri, „Regulatory barriers for the Circular Economy: Lessons from 10 case studies," European Commission, Brussels, 2016.

[19] Rijkswaterstaat, „Wat is de planning? De afsluitdijk," 2016. [Online]. Available: http://www.deafsluitdijk.nl/projecten/blue-energy/wat-is-de-planning/.

[20] CBS, „Statline Energiebalans 2015 kwartaal 3," Centraal Bureau voor de Statistiek, 2016. [Online]. [Geopend 25 3 2016].

[21] RVO.nl, „Best Practice efficiënte elektrische aandrijvingen," Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Utrecht, 2015.

[22] H. van den Tillaart, „Trends en ontwikkelingen in de technische installatiebranche 2014: Bedrijvigheid, arbeidsmarkt en beroepsopleiding in de periode tot 2018," ITS, Nijmegen, 2014.

[23] ROA, „De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 2020," 2015.

[24] UWV, „Welke beroepen bieden kansen? Overzicht van krapte- en overschotberoepen," februari 2015.

[25] Ministerie van SZW, „Monitor Arbeidsmarkt Oktober 2015," Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag, 2015.

[26] SEO Economisch Onderzoek, „Marktmonitor private opleiders van beroepsopleidingen en trainingen," Amsterdam, 2015.

[27] UWV, „Uitzendarbeid, aard, omvang en ontwikkeling," Amsterdam, 2015.

[28] C. Huisman, A. De Jong, C. Van Duin en L. Stoeldraijer, „Regionale prognose 2013-2014: Vier grote gemeenten blijven sterke bevolkingstrekkers," Planbureau voor de Leefomgeving/CBS, Den Haag, oktober 2013.

[29] Platform Bèta Techniek, „Publiek Privaat Innoveren: Succesvolle samenwerking bedrijfsleven & beroepsonderwijs," juni 2015.

[30] Platform Bèta Techniek, „Help! De regio aan zet," augustus 2015.

[31] FD, „Steen in de vijver van arbeidsmarkt," *Financieele Dagblad,* 15 maart 2015.

[32] R. de Lange, „Nul op de meter wordt de nieuwe norm, ook internationaal," *Financieele Dagblad,* 24 maart 2016.

[33] E. Jonker en R. Frerichs, „Motieven Verduurzaming Particuliere Koopwoningen (Conceptrapportage)," Team Vier, 2016.

[34] K. Vringer, M. van Middelkoop en N. Hoogervorst, „Energie besparen gaat niet vanzelf," Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, 2014.

[35] M. Harmelink, W. Graus, M. Marsidi, D. Saygin en E. Worrell, „Potentieel voor Besparing en Efficiency van Energiegebruik in Nederland (BEEN)," Universiteit Utrecht, Ecofys, Harmelink consulting, Utrecht, 2010.

[36] S. Karnouskos en J. van Barneveld, „Cyber-Physical Systems in Critical Infrastructures - Energy: Societal and Ethical Impact of CPS Emerging Trends," SAP / Technopolis Group, Karlsruhe /

Amsterdam, mei 2016.

[37] Topsector Energie, „Innovatie- en Kennisagenda Topsector Energie – Doorsnijdend thema Systeemintegratie," Topsector Energie, 2015.

[38] Textkernel, „Skillsonderzoek Textkernel voor Brainport regio," maart 2016.

[39] R. Shehadi, C. A. Vollmer en D. Karam, „Designing the digital workplace: Connectivity, communication, collaboration," Booz & Company, Chicago/London, 2013.

[40] R. Went, M. Kremer en A. Knottnerus, „De robot de baas: de toekomst van werk in het tweede machinetijdperk," WRR/Amsterdam University Press, Amsterdam, 2015.

[41] E. Frinking, A. Ligtvoet, P. Lundin en W. Oortwijn, „The supply and demand of e-skills in Europe," RAND Europe, Leiden, 2005.

[42] M. Korstanje en P. Moerman, „Handboek Publiek Privaat Innoveren," Platform Bèta Techniek, Den Haag, mei 2015.

[43] J. Rotmans, R. Kemp en M. Van Asselt, „More evolution than revolution: transition management in public policy," *Foresight,* vol. 3, nr. 1, pp. 15-31, 2001.

[44] P. Bolhuis, D. Grijpstra, P. Klaver en B. Frouws, „Hoogspanning op de arbeidsmarkt," SPP/WENb, Amsterdam, 2008.

[45] World Economic Forum, „The Future of Jobs -- Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution," World Economic Forum, Genève, 2016.

[46] J. Straatmeijer en M. Koning, „Energiebesparende technieken en kwalificaties bouwpersoneel," Economisch Instituut voor de Bouw, Amsterdam, 2015.

[47] L. Damen, M. Geenen en R. Hoogenboom, „Human Capital Roadmap Duurzaamheid Regio West-Brabant," Wise up Consultancy, Mill, 2015.

[48] ISPT, „De rol van de industrie in de energie transitie, Kennis- en innovatieagenda 2016-2019," ISPT, 2015.

[49] Topsector Energie , „Kennis- en Innovatieagenda Topsector Energie 2016-2019," 2015.

[50] TKI Urban Energy, „Solar & Smart Energy Solutions, Kennis- en Innovatieagenda 2016-2019," 2015.

[51] TKI Gas, „Met gas naar een klimaatneutraal energiesysteem, innovatie- en kennisagenda gas 2016-2019," mei 2015.

[52] TKI BBE, „B4B: biobased voor bedrijven, burgers, en beleid, Onderzoeksagenda Biobased Economy, 2015-2027," mei 2015.

[53] A. Oskamp, „Onderwijs en training voor de mens van 2050," juni 2015.

[54] M. G. van Leeuwen, W. J. V. Vermeulen en P. Glasbergen, „Planning eco-industrial parks: an analysis of Dutch planning methods," *Business Strategy and the Environment,* vol. 12, pp. 147-162, 2003.

[55] UWV, „Duiding arbeidsmarktontwikkelingen februari 2016," 2016.

[56] UWV, „Arbeidsmarktprognose 2015-2016," 2015.

[57] Ministerie van EZ, „Techniekpact monitor: Facts & Figures bètatechniek 2015," Ministerie van Economische Zaken / Platform Bèta Techniek, Den Haag, juni 2015.

[58] Ministerie van Financiën, „IBO Zelfstandigen zonder personeel," Ministerie van Financiën, Den Haag, 2015.

[59] U.S. Energy Information Administration, „Annual Energy Outlook 2015," 2015.

[60] S. Brunsting, K. Straver en K. Vringer, „Industriële energiebesparing vanuit bedrijfsperspectief," ECN, Amsterdam, 2015.

[61] A. van der Slot, J. Althoff en W. van den Berg, „Stimulering van de economische potentie van duurzame energie voor Nederland," Roland Berger, Amsterdam, 2010.

[62] B. Meijer, M. Zaaijer en E. van Zuijlen, „TKI Wind op Zee, Kennis- en innovatieagenda 2016-2019," mei, 2015.

[63] C. Huisman, A. de Jong, C. van Duin en L. Stoeldraijer, „Regionale prognose 2013-2014: Vier grote gemeenten blijven sterke bevolkingstrekkers," Planbureau voor de Leefomgeving/CBS, Den Haag, oktober 2013.

technopolis |group| The Netherlands
Spuistraat 283
1012 VR Amsterdam
The Netherlands
T +31 20 535 2244
F +31 20 428 9656
E info.nl@technopolis-group.com
www.technopolis-group.com