



Rapport

Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren

Naar een digitaal vaardiger beroepsbevolking

Drs. Martijn Röfekamp MMC
12 april 2019

Berenschot

Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren

Naar een digitaal vaardiger beroepsbevolking

Drs. Martijn Rõfekamp MMC

12 april 2019



Holland Chemistry
Global Challenges, Smart Solutions



TOPSECTOR ENERGIE
Empowering the new economy

Health~Holland



Holland High Tech
High Tech Solutions for Global Challenges



Pioneers in international business

Berenschot

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	6	4. Het effect van de digitale technologische ontwikkelingen per Topsector	34
De bevindingen	8	4.1 Inleiding	35
De conclusies	9	4.2 Topsector Energie	35
De aanbevelingen: naar een digitaal		4.3 Topsector HTSM	40
vaardiger beroepsbevolking	10	4.4 Topsector Chemie	46
Tot slot	11	4.5 Topsector LS&H, onderdeel Health	
		(gezondheids- en zorgsector)	50
1. Inleiding	12	4.6 Topsector LS&H, onderdeel Life Sciences	58
1.1 Aanleiding	13	4.7 Belangrijkste conclusies voor alle topsectoren	61
1.2 Probleemstelling	13	5. Aansluiting tussen vraag en aanbod op de	arbeidsmarkt
1.3 Opdracht en doelstelling	14	5.1 Mismatch met aanbod op de arbeidsmarkt	62
1.4 Onderzoeksvragen	14	5.2 Mismatch met aanbod vanuit het onderwijs	65
1.5 Context	14	5.3 Conclusie aansluiting vraag en aanbod op de	
1.6 Aanpak en scope	16	arbeidsmarkt	67
1.7 Definities	16	6. Conclusies en aanbevelingen voor arbeids-	marktbeleid
1.8 Leeswijzer	17	6.1 Conclusies	68
2. De digitale revolutie	18	6.2 Aanbevelingen	72
2.1 Inleiding	19	Bijlagen	80
2.2 Digitale technologische ontwikkelingen	19	Bijlage 1. Beschrijving digitale technologieën	81
2.3 De toekomstverwachtingen van sectorexperts	23	Bijlage 2. Literatuurlijst	87
2.4 Conclusie	24	Bijlage 3. Opdrachtgevers en stuurgroep	93
3. De verwachte effecten op de arbeidsmarkt	26	Bijlage 4. Geconsulteerden	94
3.1 Inleiding	27		
3.2 Meer of minder werkgelegenheid?	27		
3.3 De aard van het werk verandert	28		
3.4 Conclusie verwachte effecten op de arbeidsmarkt	33		

Management-samenvatting

Hoofdstuk 1

Nederland ondergaat een digitale revolutie. Een revolutie die steeds meer vorm krijgt en die complete economische en sociale structuren ingrijpend gaat veranderen. De belangrijkste drijvende krachten achter de digitale revolutie zijn technologische ontwikkelingen op het gebied van Artificiële Intelligentie (AI), The Internet of Things (IoT), big data analytics en cybersecurity. Vroeg of laat gaan deze digitale technologische ontwikkelingen, in wisselende samenstellingen met elkaar en met aanverwante technologieën, elke organisatie in elke sector raken.



Hierdoor rijst de vraag hoe en in welk tempo deze technologische ontwikkelingen organisaties en sectoren gaan raken en wat dit betekent voor werk en (potentiële) werkenden. Daarom heeft het opleidingsfonds Arbeidsmarkt ICT (CA-ICT) in samenwerking met Nederland ICT, het CIO Platform Nederland en de topsectoren Energie, Chemie, Life Sciences & Health en HTSM het initiatief genomen tot onderzoek om juist dit inzicht te verwerven. Dit inzicht vormt de basis voor het ontwikkelen en uitvoeren van passende arbeidsmarktmaatregelen die voorzien in de behoefte op de arbeidsmarkt in deze periode van digitale transformatie. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en dutch digital delta ondersteunen dit onderzoek.

De bevindingen

De onderzoeksresultaten laten zien dat het saldo van de werkgelegenheid als gevolg van de digitale ontwikkelingen op de lange termijn onbekend is. Voor de korte termijn is de verwachting dat de digitale technologische ontwikkelingen zullen leiden tot banengroei, vooral in het hogere en lagere segment van de arbeidsmarkt. Naar verwachting komen banen met relatief veel routinematige taken onder druk te staan, omdat zij relatief eenvoudig gedigitaliseerd, geautomatiseerd of gerobotiseerd kunnen worden. Veel van deze banen bevinden zich in het middensegment van de arbeidsmarkt. Door de ontwikkeling van AI is de verwachting dat in de toekomst steeds meer niet-routinematige taken worden overgenomen door slimme technologie en dat banen in het lagere en hogere segment ook worden geraakt. Dit 'raken' betekent niet dat banen verdwijnen, maar dat zij veranderen. In ieder geval zullen de digitale technologische ontwikkelingen op de volle breedte van de arbeidsmarkt invloed hebben.

De digitale technologische ontwikkelingen hebben vooral impact op de inhoud van werk. Banen zullen in toenemende mate digitaliseren waardoor van werkenden wordt verwacht dat zij digitaal vaardiger worden. In alle beroepen en functies op alle opleidingsniveaus is sprake van een toenemende vraag naar digitale vaardigheden, variërend van harde ICT vaardigheden tot basis digitale vaardigheden. Voor de onderzochte topsectoren geldt dat bovendien sterker dan voor de arbeidsmarkt als geheel. Uitzondering hierop vormt de gezondheids- en zorgsector. In deze sector is sprake van slechts een kleine toename in de vraag naar digitale vaardigheden. In de gehele arbeidsmarkt is tevens sprake van een toenemende vraag naar specifieke vaardigheden, met name op het gebied van creativiteit, samenwerking, communicatie en computational thinking. Digitalisering van banen betekent namelijk ook dat werknemers op een andere manier gaan (samen)werken en andere taken gaan uitvoeren die meer soft skills vragen.

Deze ontwikkelingen hebben betrekking op de gehele arbeidsmarkt en gelden voor alle (top)sectoren, alle beroepen en alle opleidingsniveaus. Het tempo waarin en de schaal waarop het werk veranderd is afhankelijk van de digitale technologische ontwikkelingen zelf, maar is evenzeer afhankelijk van de adoptiegraad en -snelheid van digitale technologieën in organisaties. Hoewel dit verschilt per sector en per organisatie, is het algemene beeld dat deze adoptiegraad en -snelheid in veel organisaties in de betrokken topsectoren lager is dan wat op basis van de stand der techniek mogelijk zou zijn. Vooral de zorgsector blijft achter in het benutten van de digitale technologische mogelijkheden die in de markt beschikbaar zijn.

Niettemin is in de gehele arbeidsmarkt sprake van een stijgende vraag naar personeel met digitale vaardigheden. Zelfs in de huidige situatie waarin nog lang niet alle bedrijven (met name het mkb) en instellingen (zorg, onderwijs en overheid), het potentieel van digitale technologie benutten. Tevens is in de betrokken topsectoren Chemie, Energie en HTSM sprake van een groot tekort aan technisch en ICT-personeel. Dit tekort remt de groei van de arbeidsproductiviteit en daarmee de groei van bedrijven. Daarnaast bedreigt het tekort aan technisch en ICT-personeel de effectieve aanpak van grote maatschappelijke uitdagingen zoals de energietransitie en de transformatie van de gezondheidszorg.

De vraag naar steeds hogere, bredere en digitale kennis en vaardigheden in alle beroepen en functies op alle opleidingsniveaus en de vraag naar vaktechnische specialisten botst steeds harder met de krapte op de arbeidsmarkt waarin het arbeidsaanbod steeds verder vergrijsst en vanaf 2021 gaat krimpen. De instroom op de arbeidsmarkt vanuit het onderwijs is niet toereikend om de groeiende kwalitatieve en kwantitatieve kloof op de arbeidsmarkt te dichten. In ICT-opleidingen op mbo-niveau is sprake van beperkte arbeidsmarktperspectieven en bij ICT-opleidingen op hbo en wo niveau is sprake van een te geringe instroom en hoge uitvalpercentages. In curricula van veel niet-ICT-opleidingen (bijvoorbeeld in de curricula van zorgopleidingen) is slechts beperkt of helemaal geen aandacht voor de digitale vaardigheden die nodig zijn binnen de digitale economie. Daarnaast volstaat het huidige onderwijssysteem niet voor een leven lang leren, terwijl dat vanwege de digitale technologische ontwikkelingen vanuit zowel maatschappelijk als economisch oogpunt gewenst is.

De conclusies

Nederland heeft over de volle breedte van de arbeidsmarkt een digitaal vaardiger beroepsbevolking nodig om goed mee te kunnen, of zelfs voorop te lopen, in de digitale revolutie. Nederland heeft weliswaar een hoog digitaal ontwikkelingsniveau gekend, hetgeen heeft geleid tot een goede digitale infrastructuur, maar nu loopt Nederland het risico om achterop te raken. De relatief beperkte adoptiegraad en -snelheid van digitale technologieën binnen organisaties en het tekort aan geschikte mensen met de juiste digitale kennis en vaardigheden vormen daarbij grote uitdagingen. Deze uitdagingen worden steeds groter als er geen passende maatregelen worden genomen, terwijl de Nederlandse beroepsbevolking sterk vergrijsd en vanaf 2021 gestaag zal krimpen en veel andere landen vol inzetten op de ontwikkeling en toepassing van digitale technologieën.

In Nederland is een grootschalige inzet op digitale technologie noodzakelijk om internationaal als topline concurrerend te zijn en te blijven. Met name op het gebied van IoT, big data analytics en cybersecurity kan Nederland haar sterke internationale concurrentiepositie verder uitbouwen. De maatschappelijke uitdagingen waar Nederland voor staat vragen ook om de inzet op digitale technologie. De energietransitie is alleen mogelijk met behulp van digitale technologieën. Dit geldt ook voor de noodzakelijke verschuiving van de zorg van de traditionele zorgaanbieders naar de thuisomgeving.

Het grootschalig inzetten van (digitale) technologie gaat voor de korte termijn naar verwachting niet tot een omvangrijk banenverlies leiden, maar zal mogelijk zelfs leiden tot banengroei. De verwachting is dat de digitale technologische ontwikkelingen vooral kwalitatieve gevolgen gaan hebben voor de inhoud van werk. In Nederland zijn daarom op grote schaal investeringen nodig in de kennis en vaardigheden van mensen om met de technologieën op het gebied van onder andere AI, big data & analytics, IoT en cybersecurity om te gaan.

De opgave waar we in Nederland voor staan overstijgt het opleiden van meer ICT-professionals. De gehele (aankomende) beroepsbevolking moet digitaal vaardiger worden, dit beperkt zich niet slechts tot het opleiden van leerlingen en studenten. Als gevolg van de (noodzakelijke) inzet van digitale technologieën zal een substantieel deel van de werkende en niet-werkende beroepsbevolking om- of bijgeschoold moeten worden, waarschijnlijk meerdere keren per loopbaan en mogelijk continu. Uiteindelijk zullen alle producten, diensten, processen en taken die gedigitaliseerd kunnen worden, ook daadwerkelijk gedigitaliseerd worden.

Hierdoor vervagen de grenzen tussen ICT-beroepen en andere beroepen en tussen de sectoren. De gezondheids- en zorgsector zal, gezien haar transformatieopgave, ook niet aan deze digitalisering ontkomen.

Voor mensen in een krimpend beroep of voor mensen die niet mee kunnen of willen in de digitale technologische ontwikkelingen, zijn er goede mogelijkheden om over te stappen naar een andere baan. Het vergt uiteraard wel de nodige inspanningen van werkgevers en werknemers om deze overstapmogelijkheden ook daadwerkelijk te benutten. Vanwege het maatschappelijk belang ligt de verantwoordelijkheid hiervoor niet alleen bij de werkgevers en werknemers, maar ook bij de overheid en het onderwijs.

Er is dringend actie nodig om kansen die door de digitale ontwikkelingen ontstaan, te grijpen en bedreigingen het hoofd te bieden. Dit gaat veel verder dan het aanwenden van extra middelen voor scholing. Actie is nodig voor het creëren van bewustzijn van de toegevoegde waarde die de toepassingen van digitale technologische ontwikkelingen hebben op organisaties, werk en werknemers. Daarnaast is het van belang om de wijze waarop ICT kennis en digitale vaardigheden in het Nederlandse onderwijs haar beslag krijgt te innoveren. Hiervoor moet de samenwerking tussen onderwijs en arbeidsmarkt op een andere manier worden vormgegeven. Het is de overtuiging van de samenwerkingspartners dat we als maatschappij voor de uitdaging staan om het opleiden van mensen opnieuw te definiëren en zo te ontwerpen dat we in Nederland duurzaam in staat zijn om mee te bewegen met de snelheid van technologische vooruitgang en de kennis en vaardigheden die deze vooruitgang vraagt.

Het kunnen beschikken over voldoende arbeidskrachten met adequate digitale en overige vaardigheden (soft skills) en de schaal waarop, is een veel grotere maatschappelijke en economische uitdaging dan dat werkgevers, onderwijsinstellingen en de politiek zich momenteel beseffen. Vanwege de omvang en de urgentie is het opleidingsvraagstuk van de huidige en toekomstige beroepsbevolking één van de belangrijkste, zo niet het belangrijkste sociaaleconomische vraagstuk in Nederland van de komende decennia. Het is een sociaaleconomisch vraagstuk dat Nederland moet oplossen om mee te kunnen, of zelfs voorop te lopen, in de digitale revolutie en de kansen te verzilveren die de digitale technologieën bieden.

Passende en urgente arbeidsmarktmaatregelen zijn nodig voor het oplossen van dit grote sociaaleconomische vraagstuk. De samenwerkingspartners doen daartoe negen aanbevelingen die hierna verkort zijn weergegeven.

De aanbevelingen: naar een digitaal vaardiger beroepsbevolking

1. *Werkgevers: investeer in het verhogen van de digitale kennis op bestuurs- en directie niveau en in de digitale mindset van leidinggevend op alle managementniveaus ter bevordering van leiderschap op de totstandkoming van technologische doorbraken en de verhoging van de adoptiegraad en adoptiesnelheid van nieuwe digitale technologieën*

Een digitale mindset van leidinggevend op alle niveaus binnen organisaties is de enabler voor de implementatie van nieuwe digitale technologieën binnen organisaties. Leidinggevend moeten in staat zijn om een visie op de inzet van digitale technologie neer te zetten en een digitale strategie te ontwerpen. Onderdeel hiervan is het conceptualiseren van de manier waarop digitale technologieën en hieraan verbonden business modellen invloed hebben op de organisatie en haar werknemers. Leidinggevend moeten hun werknemers in een vroeg stadium betrekken en meenemen in het beeld van hun organisatie in de toekomst, in samenhang met de invoering van nieuwe technologieën.

2. *Werkgevers: investeer in het verbeteren van de digitale vaardigheden van werknemers.*

Zeker als het gaat om werknemers van boven de 35 jaar met een middelbaar of lager opleidingsniveau, waarvan in toenemende mate meer digitale en overige vaardigheden (soft skills) worden gevraagd, en die deze vaardigheden niet in hun opleiding hebben meegekregen.

3. *Overheid: stel cofinanciering beschikbaar om de digitale vaardigheden van werknemers en met werkloosheid bedreigde werknemers in het mkb en van zzp'ers te verbeteren.*

Werkgevers in het mkb missen vaak de capaciteit en de financiële middelen om eigen opleidingsprogramma's aan te bieden voor nieuwe instromers uit het onderwijs en de eigen werknemers. Zzp'ers ontbreekt het ook vaak aan de middelen om in de eigen bij- of omscholing te voorzien. Gezien het grote maatschappelijke belang is het de medeverantwoordelijkheid van de overheid om er voor te zorgen dat werkenden in het mkb en zzp'ers gedurende hun werkzame leven inzetbaar blijven in het arbeidsproces en niet terecht komen in een werkloosheidsituatie waarin hun afstand tot de steeds verder digitaliserende arbeidsmarkt snel onoverbrugbaar wordt.

4. *Onderwijs: geef binnen bestaande onderwijscurricula op alle opleidingsniveaus meer aandacht aan specifieke digitale vaardigheden en specifieke soft skills.*

Voor ICT-opleidingen betekent dit dat zij meer investeren in het in de onderwijscurricula opnemen van vakken waarin digitale technologieën en hun (toekomstige) verbindingen met elkaar en met aanverwante technologieën, centraal staan. Voor alle overige opleidingen geldt dat digitale vaardigheden een standaard onderdeel zijn in het curriculum en daarbij in de context staan van de verschillende vakgebieden. Tevens moet er in mbo-opleidingen en universitaire STEM-opleidingen meer aandacht komen voor specifieke soft skills. In zowel ICT-opleidingen als niet-ICT-opleidingen op mbo en hbo niveau moet meer aandacht worden besteed aan het zelfredzamer maken van leerlingen. Voor het onderwijs liggen er ook kansen voor opleidingen voor nieuwe veel gevraagde hybride functies.

5. *Onderwijs: verhoog de instroom en verlaag van de uitvalpercentages in de ICT-opleidingen op hbo en wo niveau.*

Het hbo en het universitaire onderwijs moeten investeren in de realisatie van meer instroom in hbo en wo ICT-opleidingen en het verlagen van de uitvalpercentages om in de stijgende behoefte van de markt te kunnen voorzien. Ter bevordering van de instroom kan gedacht worden aan maatregelen voor het vergroten van de vijver van potentiële instromers vanuit het middelbaar onderwijs en zij-instromers.

6. *Werkgevers, onderwijsinstellingen en overheid: investeer en participeer de komende vijf jaar in experimenten met nieuwe onderwijs-arbeidsmarkt concepten.*

Experimenten met nieuwe onderwijs-arbeidsmarkt concepten zijn een absolute vereiste om te kunnen voorzien in de kennis, vaardigheden en motivatie die leerlingen, studenten en werknemers nodig hebben in de digitale economie. De experimenten moeten erop gericht zijn om kennis en ervaring op te doen met nieuwe grens doorbrekende constructies waarin het onderwijs, private opleidingsinstellingen en werkgevers integraal met elkaar samenwerken. Belangrijk is dat de overheid in deze experimenten actief participeert, zodat regelgeving kan aansluiten bij het stimuleren van nieuwe kansrijke experimenten.

7. Werkgevers, onderwijs en overheid: werk toe naar een nieuw integraal opleidingsstelsel in Nederland.

De experimenten met nieuwe onderwijs-arbeidsmarkt concepten kunnen dienen als bouwstenen voor een geheel nieuw geïntegreerd opleidingsstelsel in Nederland, waarvan zowel bekostigde onderwijsinstellingen als private opleiders en opleidings- en ontwikkelingsfondsen deel uitmaken. We staan als maatschappij voor de uitdaging om het opleiden van mensen opnieuw te definiëren en zo te ontwerpen dat we duurzaam in staat zijn om mee te bewegen met de snelheid van technologische vooruitgang en de kennis en vaardigheden die deze vooruitgang vraagt. Onderwijs en werkpraktijk moeten sterk en duurzaam met elkaar worden verbonden in één geïntegreerd open leersysteem, waarin leren, werken en innoveren via gezamenlijke regionale platforms en learning communities vloeiend in elkaar overlopen. Een leersysteem waarin de strikte scheiding tussen school en werk, en tussen bekostigd onderwijs en privaat opleiden wegvalt. Hierdoor ontstaat een nieuw publiek-privaat opleidingsdomein. Juridische en culturele drempels die deze gewenste ontwikkeling naar een sterkere verbinding blokkeren moeten worden geïdentificeerd en geslecht.

8. Overheid: stel een Deltacommissaris aan op het thema Leren, Werken en Innoveren.

De digitale transformatie snijdt dwars door alle departementen. Het risico dat Nederland loopt om achterop te raken in de digitale transformatie vraagt om slagvaardigheid en leiderschap. Voor het realiseren van de noodzakelijke transitie van het Nederlandse opleidingsstelsel dient een Deltacommissaris te worden aangesteld die hierin de regie neemt. De Deltacommissaris heeft een eigen budget, staat los van de belangen van afzonderlijke sectoren en ministeries, heeft eigen verantwoordelijkheden en bevoegdheden, formuleert een scherpe visie op het nieuwe opleidingsstelsel voor leren, werken en innoveren en pakt hierop leiderschap.

9. Opleidings- en Ontwikkelingsfondsen: breng gezamenlijk in kaart welke intersectorale overstapmogelijkheden er zijn voor werknemers in krimpberoepen.

Voor de grote meerderheid van beroepen in krimpende sectoren of beroepsklassen als gevolg van digitalisering, robotisering en automatisering, zijn overstapmogelijkheden te vinden. Vaak zijn deze overstapmogelijkheden te vinden waar men het niet zou verwachten. De Opleidings- en Ontwikkelingsfondsen (O&O-fondsen) kunnen de overstapmogelijkheden middels een gezamenlijke aanpak faciliteren door de krimpberoepen binnen de (top)sectoren te identificeren en de competenties van de mensen in deze krimpberoepen te matchen met de benodigde competenties in de (vacatures voor) kansberoepen.

Tot slot

Nederland heeft de capaciteit, de infrastructuur en het vermogen om de investeringen te doen die nodig zijn voor het opvolgen van de aanbevelingen. Met een gericht arbeidsmarktbeleid kunnen arbeidsmarktactoren in de triple helix bewerkstelligen dat er voldoende geschikte mensen zijn die het potentieel van digitale technologieën weten te benutten en de technologische vooruitgang helpen versnellen. Dit is van groot belang voor het verbeteren van de Nederlandse concurrentiepositie en voor de realisatie van grote maatschappelijke opgaven waar Nederland voor staat.

Met het 'Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren' leveren de samenwerkingspartners een eerste bijdrage voor het ontwikkelen van passend arbeidsmarktbeleid door inzicht te bieden in de richting waarin de vraag naar kennis en vaardigheden zich de komende jaren naar alle waarschijnlijkheid ontwikkelt. Voor het realiseren van het arbeidsmarktbeleid dat op basis van de aanbevelingen uit het 'Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren' kan worden opgesteld is de publiek-private samenwerking een belangrijke hefboom. De samenwerkingspartners zullen voor het opstellen en uitvoeren van arbeidsmarktbeleid daarom nadrukkelijk de samenwerking zoeken met het onderwijs, de overheid en sociale partners.

Inleiding

Hoofdstuk 1

De komende tien jaar bevindt Nederland zich in een overgangperiode waarin de digitale technologische ontwikkelingen bepalend zullen zijn voor de eisen die aan werknemers worden gesteld. Om internationaal als topland concurrerend te zijn en te blijven is het van cruciaal belang dat Nederland voldoende geschikte mensen heeft om het potentieel aan innovatief vermogen en economische groei in Nederland ten volle te benutten.



1.1 Aanleiding

Het tijdperk van digitale transformatie verlangt dat mensen in staat zijn om (nieuwe toepassingen van) digitale technologieën te helpen ontwikkelen en dat (potentiële) werkenden goed voorbereid zijn om met nieuwe technologieën en de gevolgen daarvan om te gaan, zodat ze voor de arbeidsmarkt niet verloren gaan. Want niet kunnen participeren betekent voor (potentiële) werknemers dat ze op een onoverbrugbare afstand tot de arbeidsmarkt komen te staan.

Momenteel is er nog onvoldoende inzicht in de gevolgen van de digitale technologische ontwikkelingen op werk en de benodigde kennis en vaardigheden in de verschillende topsectoren. Het heersende beeld is dat de arbeidsmarkt door digitale ontwikkelingen in rap tempo verandert en dat digitalisering, robotisering en automatisering zorgt voor het verdwijnen en veranderen van bestaande banen en het ontstaan van nieuwe banen. Het heersende beeld is tevens dat deze veranderingen tot gevolg hebben dat werkgevers een steeds groter beroep gaan doen op de digitale kennis en vaardigheden van werknemers.

Het is echter de vraag welke banen verdwijnen, hoe bestaande banen veranderen en welke nieuwe banen ontstaan en in welk tempo. Tevens is het de vraag wat dit betekent voor de benodigde (digitale) kennis en vaardigheden in de betrokken topsectoren. Nader inzicht in deze ontwikkelingen is nodig om passende arbeidsmarktmaatregelen te kunnen treffen die voorzien in de behoefte op de arbeidsmarkt in deze periode van digitale transformatie.

1.2 Probleemstelling

Het zorgen voor voldoende geschikte mensen in de periode van digitale transformatie vraagt om een diepgaand inzicht in de richting waarin werk en de ICT-, digitale en overige relevante kennis en vaardigheden zich de komende jaren gaan ontwikkelen. Daarom heeft het opleidingsfonds Arbeidsmarkt ICT (CA-ICT) in samenwerking met Nederland ICT, het CIO Platform Nederland en de topsectoren Energie, Chemie, Life Sciences & Health en HTSM (hierna: de samenwerkingspartners) het initiatief genomen tot onderzoek om juist dit inzicht te verwerven. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en dutch digital delta ondersteunen dit onderzoek.

1.3 Opdracht en doelstelling

De samenwerkingspartners hebben aan CentERdata en Berenschot de opdracht verleend om de gevolgen van de verregaande technologische verandering en digitalisering voor de arbeidsmarkt in het algemeen, en de betrokken topsectoren in het bijzonder, in kaart te brengen. Het doel is het duiden van de veranderingen in werk en de kennis en vaardigheden die mensen de komende jaren nodig hebben om mee te kunnen of zelfs voorop te lopen in het tijdperk van digitale transformatie.

De opdracht is tweeledig en bestaat uit:

1. het uitvoeren van kwantitatief en kwalitatief onderzoek;
2. het ontwikkelen van passend arbeidsmarktbeleid op het snijvlak van onderwijs en arbeidsmarkt op basis van de inzichten die voortkomen uit het onderzoek.

Met betrekking tot de te verkrijgen inzichten is een onderscheid gemaakt tussen de functiegroepen ICT-professionals, niet-ICT-professionals en leidinggevend. Tevens wordt, ten behoeve van het inzicht in de ontwikkelingen van de benodigde kennis en vaardigheden, een verdiepingsslag naar de betrokken topsectoren Energie, Chemie, Life Sciences & Health en HTSM gemaakt. Het te ontwikkelen beleid moet helpen om op de arbeidsmarkt een toereikend aanbod van goed opgeleide en digitaal vaardige mensen te realiseren.

1.4 Onderzoeksvragen

De hoofdvraag die moet worden beantwoord luidt als volgt:

Wat zijn de gevolgen van de verregaande technologische verandering en digitalisering voor de arbeidsmarkt in het algemeen en voor de topsectoren Energie, Chemie, Life Sciences & Health en HTSM in het bijzonder?

De hoofdvraag wordt in dit rapport beantwoord met behulp van de volgende deelvragen:

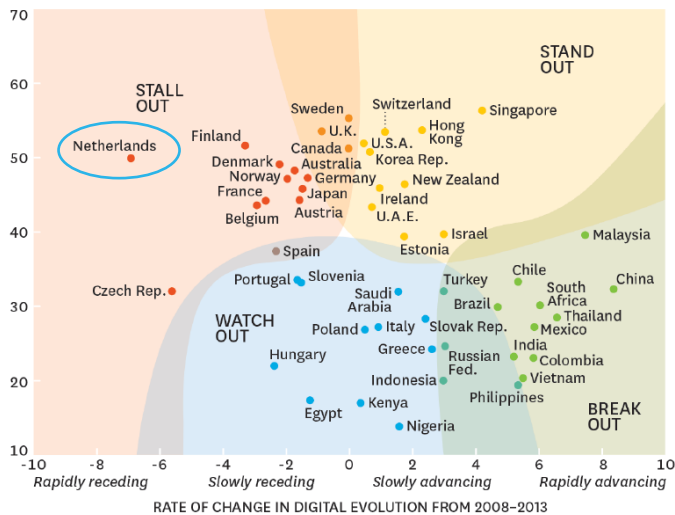
- Van welke digitale technologische ontwikkelingen wordt de kans het grootst geacht dat deze sectoren en organisaties in Nederland de komende jaren gaan transformeren, op welke wijze en in welk tempo?
- Wat zijn de verwachte effecten hiervan op de arbeidsmarkt in Nederland: hoe beïnvloedt dit de omvang en de aard van werk en de benodigde kennis en vaardigheden?
- Wat zijn per topsector de belangrijkste digitale technologische ontwikkelingen en de effecten hiervan op de werkgelegenheid en banen, taken en benodigde kennis en vaardigheden?
- In hoeverre kan het onderwijsaanbod voorzien in de digitale kennis en vaardigheden die de arbeidsmarkt vraagt?

1.5 Context

Het onderzoek is uitgevoerd in de context van de digitaliserende economie. Alle sectoren en beroepen ondervinden de gevolgen van de digitalisering. Volgens gezaghebbende internationale en nationale instanties zoals het World Economic Forum (WeF), de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO), de Sociaal Economische Raad (SER) en het Rathenau Instituut, staan we aan het begin van de vierde industriële revolutie waarin technologische innovaties gebaseerd op ICT de wereld van ons leven, werken en ondernemen gaan veranderen.

Volgens de SER is Nederland relatief goed voorbereid op de komende industriële revolutie. Ons land beschikt over een goede digitale infrastructuur en scoort bovengemiddeld op de kwaliteit van het wetenschappelijk onderzoek, de samenwerking binnen de universiteiten, de industrie en patenten. Daar tegenover staat een tekort aan ICT-professionals, hetgeen een belangrijk knelpunt vormt. Volgens de SER is het van belang om te blijven investeren in onze state-of-the-art infrastructuur (vanwege het catching up-effect van andere landen), onszelf te beschermen tegen een toenemende cyberdreiging en zo snel mogelijk het rendement van de Nederlandse investeringen in de ICT te verhogen, gezien Nederland op internationaal niveau achterblijft (SER, 2016).

Het jaarlijks onderzoek naar de stand van de digitale economie door de Europese Commissie bevestigt dit beeld. Volgens dit onderzoek scoort de Nederlandse digitale economie als geheel hoog, maar niet zo hoog als deze in Denemarken, Zweden en Finland doet. Dat komt met name doordat nog lang niet alle bedrijven, met name het midden- en kleinbedrijf (mkb), de mogelijkheden van digitale technologie ten volle benutten (The Digital Economy and Society Index, 2018). Ondanks het feit dat Nederland tot de top performers hoort qua basis digitale vaardigheden en internetgebruik, doen het Verenigd Koninkrijk, Zweden, Finland en Ierland het beter waar het gaat om het aantal ICT-specialisten en afgestudeerden in STEM (Science, Technology Engineering en Mathematics) disciplines (Digital Economy and Society Index Report Human Capital, 2018, p. 3).



Figuur 1. How countries scored across four factors on the digital evolution index (out of 100). Bron: Digital Evolution Index, The Fletcher School at Tufts University.

Volgens de Digital Evolution Index (DEI), dat de voortgang van de digitale economie in 60 landen datagedreven evalueert, vertraagt de Nederlandse digitale economie in haar ontwikkeling.

Volgens deze evaluatie valt Nederland in de categorie 'Stall Out' landen (zie figuur 1). Dit houdt in dat Nederland weliswaar een hoog digitaal ontwikkelingsniveau heeft gekend, maar dat zij nu het risico loopt om achterop te raken. Nederland moet zich er bewust voor inspannen om zichzelf opnieuw uit te vinden, te investeren in opkomende digitale technologieën waarin zij leiderschap kan hebben en om belemmeringen voor innovatie weg te nemen. Kleine landen als Nederland met sterke instellingen kunnen een hoge waarde creëren als vroege toepassers (early adopters) door het juiste ecosysteem samen te stellen. Publiek-private samenwerkingen zijn daarbij sterke hefboomen omdat ze kunnen helpen om de digitale ontwikkelingen te stimuleren (Chakravorti & Chaturvedi, 2017).

Het creëren van het juiste innovatieklimaat is noodzakelijk om uit de 'Stall Out' situatie te breken. Hiervoor zijn verschillende factoren van belang, zoals:

- het creëren van een gunstig ondernemings- en investeringsklimaat;
- het creëren van omstandigheden, cultuur en incentives voor het nemen van meer risico's;
- een goede afstemming van werk- en productieprocessen binnen arbeidsorganisaties die nieuwe technologieën implementeren;
- het realiseren van een goed opgeleid arbeidsaanbod (Chakravorti & Chaturvedi, 2017, p. 46).

De focus van dit rapport ligt op deze laatste factor. De verwachting voor de toekomst is dat automatisering alle opleidingsniveaus – op verschillende wijzen – zal treffen (Est & Kool, 2015). Ook nu worden scholing en investeringen in het onderwijs genoemd als belangrijke beleidsopties om ervoor te zorgen dat mensen de juiste kennis en vaardigheden hebben voor het werk van de toekomst (Est et al., 2015). Tegelijkertijd is onzeker hoe dat werk er precies uit gaat zien en welke kennis en vaardigheden in dit werk nodig zijn. Het 'Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren' is er op gericht om juist dit inzicht te bieden.

Human Capital Roadmap 2016 – 2020

Het 'Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren' is onderdeel van de 'Topsector overkoepelende Human Capital Roadmap 2016-2020' (hierna: Roadmap). Om een impuls te geven aan de toekomstbehendigheid van de beroepsbevolking, werken de topsectoren in het kader van deze Roadmap samen in de volgende drie actielijnen:

1. Onderwijs en innovatie
2. Een leven lang ontwikkelen
3. Skills, digitalisering en robotisering

Binnen Actielijn 1 zetten de topsectoren zich in binnen de eigen sector voor bijvoorbeeld het verbeteren van de samenwerking tussen mbo, hbo en wo in onderzoeks- en innovatieprojecten met een sterke betrokkenheid van het mkb. Het hoofddoel van Actielijn 2 is het realiseren van een doorbraak op het gebied van een leven lang ontwikkelen, door het linken van werken, leren en innoveren in learning communities.

Het 'Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren' is uitgevoerd in het kader van Actielijn 3: skills, digitalisering en robotisering. In het te ontwikkelen beleid op het snijvlak van onderwijs en arbeidsmarkt komen de drie actielijnen uit de Roadmap samen. Want om de uitdagingen aan te gaan die digitalisering, automatisering en robotisering bieden voor kennis en vaardigheden, zijn onderwijsinnovatie en een leven lang ontwikkelen cruciale randvoorwaarden.

1.6 Aanpak en scope

Het kwantitatieve onderzoek is uitgevoerd door CentERdata. Het kwantitatieve onderzoek geeft door middel van data mining en predictive analyses inzicht in patronen in onder andere de meest gezochte/benodigde vaardigheden (en functies) en de verandering daarvan in de tijd. Daarbij maakt CentERdata een onderscheid tussen de drie functiegroepen 'ICT-professionals', 'niet-ICT-professionals' en 'leidinggevenden' en maakt zij een verdiepingsslag naar de betrokken topsectoren. Tevens geeft het kwantitatieve onderzoek inzicht in de overstapmogelijkheden van baan naar baan en de loopbaanperspectieven van werknemers in krimpberoepen. CentERdata volgt hierin de aanpak van het World Economic Forum rapport 'Towards a Reskilling Revolution' (World Economic Forum, 2018). Een uitgebreide beschrijving van de onderzoeksbenadering van het kwantitatieve onderzoek is te vinden in het rapport van CentERdata (Prüfer, Den Uijl, & Kumar, 2019).

Het kwalitatieve deel van het onderzoek is in eerste instantie ook opgepakt door CentERdata. Vervolgens is de kwalitatieve onderzoekslijn voortgezet door Berenschot om tussentijds beleidsinzichten te verwerven in de arbeidsmarktvraagstukken die leven in de praktijk. Het ging daarbij om de verwachtingen voor de nabije toekomst omtrent digitalisering, automatisering en robotisering en het effect hiervan op werk, de competenties van mensen en de rol van het onderwijs. Het kwalitatieve onderzoek heeft plaatsgevonden aan de hand van een online enquête, een literatuuronderzoek, interviews met experts op het gebied van arbeidsmarkt en specifieke technologische ontwikkelingen, twee plenaire visiesessies en vier sectorspecifieke beleidsessies (expert meetings), met experts uit de betrokken sectoren, het onderwijs, de overheid en andere stakeholders.

Dit rapport bevat de uitkomsten van het kwalitatieve onderzoek en legt tevens het dwarsverband met de uitkomsten van het kwantitatieve onderzoek van CentERdata. Echter, niet op alle te beantwoorden deelvragen is het leggen van een dwarsverband met het onderzoek van CentERdata mogelijk, omdat niet alle deelvragen zowel kwalitatief als kwantitatief zijn onderzocht. De resultaten van beide onderzoeken zijn complementair en bieden context aan elkaars bevindingen. Samen geven het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek een holistisch beeld van de gevolgen van de verregaande technologische verandering en digitalisering voor de arbeidsmarkt in het algemeen en in de betrokken topsectoren in het bijzonder. De conclusies en aanbevelingen in dit rapport zijn gebaseerd op de uitkomsten van zowel het kwalitatieve als het kwantitatieve onderzoek.

1.7 Definities

Arbeidsmarkt:	vraag naar en aanbod van personeel op de externe en interne arbeidsmarkt
Arbeidsmarkt-beleid:	beleid gericht op het bij elkaar brengen van vraag en aanbod van personeel op de arbeidsmarkt. Arbeidsmarktbeleid in dit onderzoek beperkt zich tot het snijvlak van onderwijs en arbeidsmarkt.
Automatisering:	het gebruik van ICT om een bestaand proces te ondersteunen en de efficiëntie daarvan te verhogen. Dit betekent generiek een snellere manier om dingen te doen zonder menselijke interactie. Vaak toegepast in fabrieken (robots bij autofabricage), kantoren (ERP en CRM implementaties), maar ook benut in ons dagelijks gebruik.
Cybersecurity:	het streven naar het voorkomen van schade door verstoring, uitval of misbruik van ICT en, indien er toch schade is ontstaan, het herstellen hiervan. De schade kan bestaan uit: aantasting van de betrouwbaarheid van ICT, beperking van de beschikbaarheid en schending van de vertrouwelijkheid en/of integriteit van de in ICT opgeslagen informatie en de herkomst hiervan. (Cyber Security Raad, 2018, p. 2).
Digitalisering:	de adoptie en toepassing van digitale technieken in de maatschappij, in onze huizen, bedrijven of organisaties. De integratie van OT (operationele technologie) en IT (informatie technologie) creëert niet slechts verbeteringen op hetgeen toch al gedaan wordt, maar ook volstrekt nieuwe mogelijkheden; Met alle potentie van waarde toevoeging. Maar ook met maatschappelijke, institutionele en ethische consequenties.
Digitale technologie:	technologie die gebaseerd is op of gebruik maakt van geavanceerde ICT.
Digitale vaardigheden:	de vaardigheden die nodig zijn om actief én bewust te kunnen omgaan met de recente ontwikkelingen op het gebied van digitalisering en te kunnen deelnemen aan de digitaliserende samenleving. Digitale vaardigheden bestrijken het hele spectrum van specialistische ICT-vaardigheden tot basis digitale vaardigheden.
Informatie en Communicatie Technologie (ICT):	het samenspel van de afzonderlijke onderdelen (hardware, software, netwerken en data) die automatiseren en digitaliseren mogelijk hebben gemaakt. En met name ten aanzien van digitalisering nog veel meer mogelijkheden zal gaan bieden.
ICT-professionals:	ISCO ¹ code 25 (Information and Communications Technology Professionals) en ISCO code 35 (Information and Communications Technicians).
Leidinggevenden:	ISCO code 11 (Chief Executives, Senior Officials, Legislators), ISCO code 12 (Administrative & Commercial Managers), ISCO code 13 (Production & Specialized Services Managers), ISCO code 14 (Hospitality, Retail & Other Services Managers).
Niet-ICT-professionals:	werkenden op alle opleidingsniveaus die geen ICT-beroep uitoefenen (alle overige ISCO Codes).

¹ ISCO is de afkorting voor International Standard Classification of Occupations

1.8 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 beschrijft van welke digitale technologische ontwikkelingen de kans het grootst wordt geacht dat deze de sectoren en organisaties in Nederland de komende jaren gaan transformeren, op welke wijze en in welk tempo. Vervolgens gaat hoofdstuk 3 in op de verwachte effecten van de digitale technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt in Nederland en hoe dit de omvang en de aard van werk en de benodigde kennis en vaardigheden beïnvloedt. Hoofdstuk 4 beschrijft per betrokken topsector de belangrijkste digitale technologische ontwikkelingen en de effecten hiervan op de werkgelegenheid, banen, taken en benodigde kennis en vaardigheden. In hoofdstuk 5 wordt gekeken in hoeverre het onderwijsaanbod kan voorzien in de digitale kennis en vaardigheden die arbeidsmarkt vraagt. Tenslotte eindigt het rapport in hoofdstuk 6 met de conclusies en aanbevelingen.

De digitale revolutie

Hoofdstuk 2

Informatie- en communicatietechnologie (ICT) is de dominante technologie van deze tijd en de spil waar alles om draait in de vierde industriële revolutie. Zoals wij iedere dag merken is deze al aan de gang, maar volgens het World Economic Forum krijgt de digitale revolutie de komende twintig jaar pas echt vorm. De verwachting is dat deze digitale revolutie de complete economische en sociale structuren gaat veranderen en dat de impact hiervan misschien zelfs groter is dan die van de industriële revolutie.



2.1 Inleiding

In het 'Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren' staan de gevolgen van de digitale revolutie voor de arbeidsmarkt centraal. In dit hoofdstuk wordt op zoek gegaan naar het antwoord op de volgende vraag:

Van welke digitale technologische ontwikkelingen wordt de kans het grootst geacht dat deze sectoren en organisaties in Nederland de komende jaren gaan transformeren, op welke wijze en in welk tempo?

Voor het beantwoorden van deze vraag wordt gebruikt gemaakt van literatuuronderzoek en van de visies van de experts uit de visie sessies en expert meetings. Allereerst volgt een korte uiteenzetting van de belangrijkste trends in digitale technologische ontwikkelingen vanuit de literatuur. Daarna worden de verwachtingen van de experts voor Nederland en de betrokken sectoren beschreven. Tot slot volgt de conclusie gebaseerd op de visies uit de literatuur en van de experts. Een beschrijving van de digitale technologieën die naar verwachting het meeste impact gaan hebben op organisaties in de betrokken topsectoren, is opgenomen in bijlage 1.

2.2 Digitale technologische ontwikkelingen

ICT is een 'disruptieve' technologie, die leidt tot grote economische dynamiek. ICT is zelf een algemeen toepasbare technologie (general purpose technology), maar ook de key enabler voor vrijwel alle andere key enabling technologies (Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie, 2015). 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. Het gevolg van deze ontwikkelingen is een stortvloed aan data die wordt gegenereerd (Ligtvoet, Pickles & Van Barneveld, 2016).

Uit de kwalitatieve analyse blijkt dat verschillende digitale technologische ontwikkelingen steeds weer worden genoemd wanneer het gaat om technologieën die de bestaande orde binnen economieën in meer of mindere mate gaan veranderen of zelfs ontregelen.

Het betreft de volgende (potentieel disruptieve) digitale technologische ontwikkelingen (in alfabetische volgorde):

- Artificiële Intelligentie (AI)
- Autonome voertuigen en apparaten
- Blockchain
- Big data analytics
- Cloud computing
- Cybersecurity
- 3D-printen
- Digitale platformen
- Digital twins
- Fotonica 5e generatie communicatietechnologie (5G)
- Genomics (volgende generatie)
- Geavanceerde materialen
- The Internet of Things (IoT)
- Kwantum- en nanotechnologie
- Opslagssystemen voor elektriciteit
- Robotica
- Smart grids
- Virtual en augmented reality
- Wearables

Van de bovenstaande digitale technologische ontwikkelingen staan AI, big data analytics, blockchain, cybersecurity en 5G expliciet op het programma van de nationale wetenschapsagenda (NWA). Volgens het NWA zijn er weinig technologieën die zich zo snel ontwikkelen als deze vijf voornoemde. Blockchain wordt momenteel als een nieuwe, potentiële disruptieve digitale technologie gezien, maar staat net als 5G, volgens de NWA nog in de kinderschoenen. Deze vijf technologieën zijn ook randvoorwaardelijk voor de impact van tal van andere technologieën, zoals robotica en sensortechnologie. De NWA benadrukt dat ook andere technologieën (nu en mogelijk in de toekomst) een rol spelen, zoals kwantumtechnologie en fotonica. De rol van ICT komt ook sterk tot uiting in bijna alle agenda's voor de maatschappelijke uitdagingen en de topsectoren.

Het gezaghebbende Gartner brengt het merendeel van de eerder genoemde digitale technologische ontwikkelingen onder in drie megatrends voor de digitale economie, die de komende vijf tot acht jaar bepalend gaan zijn. Dit zijn:

1. AI
2. transparante meeslepende ervaringen
3. digitale platformen.

Volgens Gartner zijn AI-technologieën (zoals machine learning en deep learning) in de komende vijf tot acht jaar het meest disruptief, als gevolg van radicale computationele kracht, vrijwel eindeloze hoeveelheden data en ongekende vooruitgang in diepe neurale netwerken. Onder de tweede megatrend 'transparante meeslepende ervaringen' verstaat Gartner technologische ontwikkelingen als 4D Printing, augmented reality (AR), computer-brain interface, connected home, human augmentation, nanotube electronics, virtual reality (VR) en volumetric displays. Naarmate deze technologieën meer adaptief, contextueel en geïncorporeerd worden in de omgang met bedrijven en mensen, op de werkplek en thuis, zal de relatie tussen mens en technologie steeds meer verstrengeld raken. De derde megatrend die Gartner benoemd zijn digitale platformen. De sleuteltechnologieën die deze megatrend volgens Gartner gaan aanjagen zijn 5G, digital twin, edge computing, blockchain, IoT, neuromorphic hardware, quantum computing, serverless PaaS en software-defined security (Gartner, 2017).

Het wereldwijd gevestigde adviesbureau Oliver Wyman baseert zich op bronnen die verwachten dat de meeste disruptieve kracht in combinatie met de snelste groei in de periode tot 2025 komt van autonome voertuigen, IoT-sensoren en bedrijfsapplicaties met AI en grootschalige energieopslagsystemen (zie figuur 2).



Figuur 2. Nieuwe markten met een waarde van meer dan US \$ 1 biljoen (Oliver Wyman, 2017).

Volgens Steve Muylle, professor Marketing & Digital Strategy bij Vlerick Business School wordt ook blockchaintechnologie de komende jaren steeds meer een standaardtoepassing en zal IoT de komende jaren flink groeien. Daar komt volgens Muylle nog bij dat de digitale mogelijkheden exponentieel zullen toenemen zodra er échte doorbraken worden genoteerd op het snijvlak van kwantum computers en 5G-connectiviteit. Volgens Muylle zal de combinatie van deze twee technologieën op termijn gaan fungeren als een enorme katalysator voor digitale innovatie (Peters, 2018). In diverse publicaties van gezaghebbende partijen wordt big data aangehaald als dé belangrijkste digitale ontwikkeling van de komende jaren. ICT-toepassingen waarvan grote gevolgen in de toekomst worden verwacht, zijn gebaseerd op big data (de beschikbaarheid en snelle toegankelijkheid van gigantische hoeveelheden gegevens uit heel veel bronnen), gecombineerd met data analytics en machine learning (Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie, 2015, p. 17).

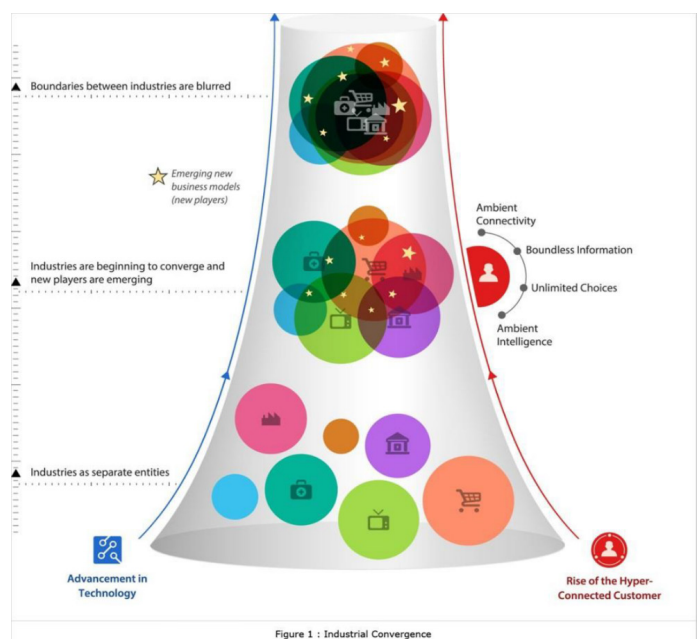
2.2.1 De versmelting van technologieën, sectoren en datastromen

De verwachte impact van de digitale technologische ontwikkelingen komt vooral tot stand door een versmelting van technologieën. Big data analytics, IoT en cybersecurity zijn in ieder geval al onlosmakelijk met elkaar verbonden. Er ontstaan steeds meer combinaties van ICT met andere technologieën die in onderlinge verbondenheid en in wisselende samenstelling bepalend gaan zijn voor nieuwe vaak disruptieve ontwikkelingen. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- de combinatie van ICT en mechanica die smart robots en smart machines levert. Machines in de fabriek van de toekomst zijn voorzien van de allernieuwste sensoren en via een lokaal 5G netwerk aan elkaar verbonden, waarbij data realtime wordt uitgewisseld via een eigen veilige cloudomgeving. Opslag in de cloud heeft de kosten van dataopslag flink verminderd.
- de combinatie van ICT met fotonica die is te vinden in camera's, kijkers en medische apparatuur.
- de combinatie van ICT met energietechnologie die resulteert in smart grids.
- de combinatie van ICT met nanotechnologie die leidt tot onder meer tot nanosensoren, die bijvoorbeeld in de medische wereld gebruikt worden om bloedwaarden te bepalen (Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie, 2015, p. 13).
- de combinatie van 5G, blockchain, IoT en kwantum technologie die de opmars van digitale platformen drijven (Gartner, 2017).
- de combinatie van 5G, geïntegreerde fotonische chips, IoT, sensortechnologie en AI die de realisatie van autonome auto's mogelijk maakt.

De versmelting van technologieën leidt ook tot de versmelting van sectoren. Het World Economic Forum refereert in dit kader naar Industrial Convergence (zie figuur 3). Door digitale technologische ontwikkelingen vervaagt het onderscheid tussen industriële sectoren en dienstensectoren steeds meer. Bedrijven in de maakindustrie leveren steeds meer diensten bij hun producten, en deze diensten leveren een steeds groter aandeel in de toegevoegde waarde. Mede dankzij ICT benutten ook nieuwe spelers de huidige infrastructuur: oude en nieuwe aanbieders dringen door in bestaande sectoren, zoals de mobiliteit, de zorg, of de maakindustrie.

Digital natives zoals Google, Amazon en Apple nemen ook deel in de ontwikkeling van producten en diensten in een breed scala van sectoren, waaronder de ontwikkeling van autonome auto's. Zo wordt de auto op enig moment niet alleen een vervoermiddel, maar evenzeer een apparaat voor slimme energieopslag, een rijdende sensor en een bron van persoonsgebonden data. Er zijn voorspellingen dat het toekomstige vervoermiddel een gratis zoekmachine is; Google betaalt de energie en de beschikbaarheid van het voertuig in ruil voor data van de gebruikers. Stroomproducenten als RWE en Eneco richten zich op de beheersing van het binnenklimaat thuis. Philips en Vodafone gaan samenwerken in slimme straatverlichting: lantaarnpalen worden de 'iPhones van de straat'. In straatlantaarns komen internet en elektriciteit bij elkaar. Partijen zoals KPN, Cisco, IBM, Siemens en ABB zijn nauw betrokken bij de ontwikkeling van smart cities en smart grids (De Hollander, Vonk, Snellen & Huitzing, 2017).



Figuur 3. Convergentie van sectoren. Bron: WeF.

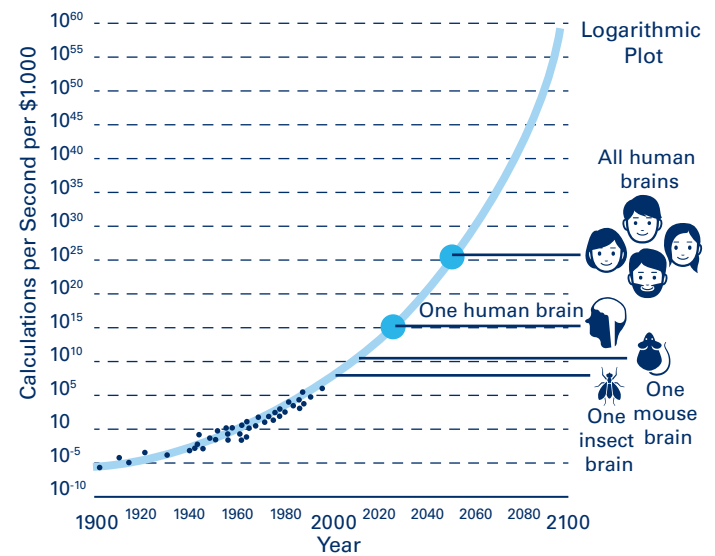
In deze nieuwe wereld concurreren bedrijven op hun vermogen om kwantificeerbare resultaten te leveren die voor hun klanten op een specifieke plaats en tijd van belang zijn. Om deze doelen te bereiken, zullen bedrijven in toenemende mate vertrouwen op zakelijke partners, verbonden ecosystemen, geavanceerde analyses en nieuwe datastromen van slimme producten om tijdig inzicht te krijgen in de behoeften en het gedrag van klanten.

Daarbij wordt de samenwerking en de onderlinge verbondenheid gestimuleerd door de aard van nieuwe digitale innovaties. Deze innovaties hebben met elkaar gemeen dat de 'producten' bestaan uit meerdere 'delen', vaak in de combinatie van hardware, software, een fysiek product en een datanetwerk. Niet één partij heeft controle over alle delen, hetgeen organisaties dwingt om verbindingen aan te gaan met organisaties buiten hun eigen sector of waardeketen (De Thouars, 2018).

Een ander kenmerk van digitale innovatie die dwingt tot samenwerking is dat het nooit af is, maar altijd aangevuld kan worden met nieuwe mogelijkheden. Dat vraagt ook om een andere manier van werken en organiseren, bijvoorbeeld in platformen en ecosystemen. Het lineaire denken zoals in een stap-voor-stap proces gaat hierbij niet op. Je weet niet altijd precies wat je nodig hebt en er is interactie en verbinding met andere partijen nodig om tot oplossingen voor gemeenschappelijke problemen te komen. Over het algemeen zal de verknoping van verschillende sectoren en branches toenemen en zullen klassieke marktgrenzen zich meer en meer opheffen (De Thouars, 2018).

2.2.2 Voorspellingen over het tempo van de technologische veranderingen

Voor wat betreft het tempo van de digitale technologische ontwikkelingen is de gedeelde opvatting in de literatuur dat dit niet valt te voorspellen. Volgens de Wet van Amara² hebben mensen wel altijd de neiging om de effecten van nieuwe technologie op korte termijn te overschatten en op lange termijn juist te onderschatten (Ratcliffe, 2016). Volgens World Economic Forum-oprichter Klaus Schwab ligt het tempo waarin de veranderingen plaatsvinden veel hoger dan in de vorige drie revoluties en bevinden wij ons pas in de beginfase. Overall om ons heen zien wij dat de digitale transformatie in gang is gezet, maar de verwachting is dat deze de komende jaren in een stroomversnelling komt en zich over tien tot twintig jaar over de volle breedte gaat ontfouwen (Schwab, 2017).



Figuur 4. The Law of Accelerating returns.

De onvoorspelbaarheid van het tempo komt met name door het feit dat de ontwikkelingen van veel (digitale) technologieën afhankelijk zijn van elkaar. Daarnaast is de toename van de capaciteit van digitale technologieën over het algemeen niet lineair, maar exponentieel. Ondanks het feit dat digitale technologie exponentieel aan het veranderen is, denken veel mensen nog steeds op een lineaire manier over groei. Mensen hebben geleerd om groei te zien als een lineair proces waarover zij met enige zekerheid verwachtingen kunnen uitspreken. Exponentiële groei is in ons denken over de verwachtingen van de toekomst vaak nog moeilijk te bevatten. Figuur van Ray Kurzweil (figuur 4) laat goed zien wat exponentiële groei eigenlijk inhoudt. Ray Kurzweil is een Amerikaanse uitvinder, ondernemer en futuroloog, mede oprichter van de Singularity University en volgens Microsoft-oprichter Bill Gates, de beste voorspeller van de toekomst van AI (Kurzweil, 2006). Kurzweil baseert zijn toekomstvisie op wat hij de 'Law of Accelerating Returns' (Wet van de toenemende meeropbrengsten) noemt. Die drukt de exponentiële groei uit van de prestaties van informatietechnologie, nanotechnologie, genetica, en robotica. Die wet is geënt op de Wet van Moore, die beschrijft dat de rekenkracht van een computerchip elke 18 tot 24 maanden verdubbelt. De rekenkracht van computers neemt daardoor exponentieel toe (Korteweg, 2013).

² Amerikaanse wetenschapper en futuroloog Roy Amara.

De curve van Kurzweil beeldt uit dat computerintelligentie in 2005 nog gelijk stond aan het brein van een muis. De curve blijft steil stijgen, en rond 2022 suggereert het patroon dat computerintelligentie gelijk staat aan het menselijk brein. Dan, door de voortdurende verdubbeling van de rekenkracht, zal de computer intelligentie die van de mens overstijgen in 2029. Ergens rond 2045 zal een enkele eenheid waarschijnlijk de kracht van alle menselijke hersenen op aarde hebben gecombineerd (Korteweg, 2013). Het is niet ondenkbaar dat de curve nog veel steiler gaat zijn door de introductie van de fotonische chip. Volgens Nederlandse wetenschappers staan we nu waar elektronische computerchips 35 jaar geleden stonden. Aan de vooravond van hele grote ontwikkelingen. Zelfs de Wet van Moore zal vanwege de fotonische chip herschreven moeten worden (Broekhuizen, 2018). Wellicht dat Rose's Law for Quantum Computing in diens plaats komt. Rose's law is Moore's law op anabole steroïden (Fanatical Futurist, 2016).

De exponentiële groei van de capaciteit van de technologie maakt vooruitkijken en het overzien van de consequenties moeilijk, maar toch moeten organisaties op een dergelijke manier leren kijken naar groeimogelijkheden. In zijn boek *Humanification* beschrijft Christian Kromme met een mooie metafoor de werking van exponentiële groei. In zijn voorbeeld laat hij zien dat het Yankee Stadium zich in vijftig minuten tot aan de rand met water vult, wanneer je begint met één druppel water die zich elke minuut verdubbelt. Deze voortdurende verdubbeling is de kern van exponentiële groei. Na 45 minuten is het stadion slechts voor 7% gevuld met water. Een toeschouwer in het stadion maakt zich op dat moment nog niet druk over natte voeten en zou nog rustig een popcorn en een cola bestellen. Echter zal deze toeschouwer binnen vijf minuten in het water drijven. Volgens Kromme zitten wij in technologie termen nu op deze 45 minuten. Wij bevinden ons in een tijd waarin een enorme golf van technologische innovatie op organisaties afkomt, terwijl organisaties veronderstellen dat ontwikkelingen in hetzelfde tempo zullen plaatsvinden als in het verleden. Een nat pak is dan onvermijdelijk en bovendien onverwacht (Kromme, 2017).

Digitale technologische ontwikkelingen hebben weliswaar de eigenschap om exponentieel te groeien, maar de vaart waarmee deze ontwikkelingen hun beslag krijgen in organisaties is niet alleen maar afhankelijk van de snelheid waarmee nieuwe technologieën beschikbaar komen. Zij hangt ook af van het tempo waarmee deze nieuwe technologieën door organisaties worden geadopteerd. Bijvoorbeeld bedrijven in de maakindustrie, vooral het mkb, vinden het volgen en implementeren van digitale technologieën complex en risicovol (Berenschot, 2018).

Het benutten van nieuwe technologie betekent vaak ook investeringen in nieuwe productiemiddelen, nieuwe kennis en vaardigheden, het aanpassen van infrastructuur en complementaire technologie, het door ontwikkelen van organisaties, procedures en regels, het accepteren van nieuwe arbeidsroutines en arbeidsverhoudingen en het ontwikkelen van nieuwe verdienmodellen. Het feitelijke tempo van technologische verandering in een economie wordt vooral bepaald door economische en sociale processen (Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie, 2015).

2.3 De toekomstverwachtingen van sectorexperts

In november 2017 heeft een visie sessie plaatsgevonden met elf experts uit de achterban van de deelnemende topsectoren en de ICT-sector. Het expertprofiel van de deelnemers aan de visie sessie was gebaseerd op hun inzicht in de technologische ontwikkelingen binnen hun sector, vanuit hun rol, functie of positie binnen de sector. De visie sessie had tot doel een eerste beeld te krijgen van de aard van de digitale technologische ontwikkelingen en hun effect op organisaties en werk in de (nabije) toekomst.

Wanneer het expertpanel de digitale technologische ontwikkelingen rangschikt naar impact in de eigen sector vóór 2025, verwacht de meerderheid van de experts dat cybersecurity de meeste impact zal hebben voor hun sector, gevolgd door AI, IoT en big data analytics. Na 2025 is deze rangschikking iets anders verdeeld en verwacht men dat AI de meeste impact zal hebben, gevolgd door IoT, kwantum computing en cybersecurity. Met name van kwantum computing, robotica en In silico research wordt verwacht dat de impact na 2025 toeneemt. Van cloud computing wordt juist verwacht dat deze impact na 2025 afneemt.

In de visie sessie hebben de experts kort stilgestaan bij de vraag of cybersecurity wel als een aparte digitale technologische ontwikkeling kan worden beschouwd. Het zijn namelijk juist de ontwikkelingen op het gebied van AI, cloud computing en IoT die het belang van cybersecurity de komende jaren doen toenemen. Binnen het domein AI is bijvoorbeeld ook veel aandacht voor de beveiliging van systemen. De heersende opvatting was dat cybersecurity wel als een aparte digitale technologische ontwikkeling kan worden beschouwd, omdat er sprake is van specifiek aan cybersecurity verbonden technologische ontwikkelingen. Het kabinet zet ook stevig in op het vergroten van de kennisbasis van cybersecurity. Een lopend onderzoek van het ministerie van Justitie en Veiligheid heeft tot doel te inventariseren welke nieuwe technologieën van belang kunnen zijn voor het verhogen van cybersecurity in Nederland (WODC, z.d.).

Uit de visie sessie kwamen twee opmerkelijke verschillen naar voren vergeleken met de opvattingen in de literatuur. Het eerste opmerkelijke verschil is dat blockchain niet in de top van de ranking verschijnt, terwijl blockchain volgens de literatuur dezelfde impact op onze maatschappij zou kunnen hebben als het internet. Hoewel blockchain in 2018 nog kan worden gezien als een jonge technologie die naar verwachting in de tijd steeds verder wordt geoptimaliseerd, neemt de impact van blockchain volgens de experts na 2025 zelfs af.

Een tweede opmerkelijk verschil tussen de literatuur en de uitkomsten van de visie sessie betreft het belang dat wordt gehecht aan de opkomst van digitale platformen. In de expertvisie staan digitale platformen niet hoog in de ranking van invloedrijke ontwikkelingen, terwijl de impact van digitale platformen in de literatuur wel erg hoog wordt ingeschat. Een mogelijke verklaring is dat ten tijde van de visie sessie digitale platformen door de experts niet als een op zichzelf staande technologische ontwikkeling werd gezien, omdat een combinatie van internettechnologie, zelflerende algoritmes en big data analytics de drijvende kracht is achter de ontwikkeling van de digitale platformen.

2.3.1 Inzichten kwantitatieve onderzoek CentERdata

Uit het kwantitatieve onderzoek van CentERdata blijkt dat de vraag naar vaardigheden op het gebied van big data analytics en onder andere AI, IoT en cybersecurity de afgelopen jaren als snelste is gestegen in vacatures in Nederland. Dit geldt ook voor de vraag naar vaardigheden op het gebied van robotica, blockchain, cloud computing en 3D-printing. Hoewel dit geen garantie biedt voor de toekomst, valt hier mogelijk wel van af te leiden dat de stijgende lijn voor de technologische ontwikkelingen waaraan deze vaardigheden gebonden zijn zich de komende jaren zal doorzetten. Over het tempo van deze ontwikkelingen levert het kwantitatieve onderzoek geen bewijs.

2.4 Conclusie

Het beeld dat op basis van de literatuur en de verwachtingen van de sectorexperts naar voren komt, is dat ontwikkelingen op het gebied van vooral AI, big data analytics, cybersecurity en IoT in onderlinge verbondenheid en in de samenhang met aanverwante technologieën, de komende jaren organisaties en werk gaan veranderen. Hoe sterk en wellicht zelfs disruptief deze veranderingen zullen zijn en hoe snel deze veranderingen zich zullen door zetten is niet te voorspellen.

Op de lange termijn zal kwantum computing naar verwachting voor revolutionaire doorbraken en ontwrichtende veranderingen gaan zorgen, maar deze technologische ontwikkeling staat nog in de kinderschoenen.

De algemene opvatting in de literatuur is dat de invloed van digitale platformen op de arbeidsmarkt groot en groeiende is. Daarom zal bij het effect van de digitale technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt in dit rapport ook aandacht worden besteed aan het effect van digitale platformen.

Het volgende hoofdstuk gaat in op de verwachte effecten van de hiervoor beschreven digitale technologische ontwikkelingen op de omvang en de aard van werk en de benodigde vaardigheden.



De verwachte effecten op de arbeidsmarkt

Hoofdstuk 3

De belangrijkste reden waarom werk er nu compleet anders uit ziet dan honderd jaar geleden is de technologie (De Beer, 2016). Volgens de deelnemers aan de SER-dialogbijeenvakomsten over de arbeidsmarkt van de toekomst verandert de arbeidsmarkt in een rap tempo (SER, 2015). De drijvende kracht achter deze transitie zijn de digitale technologische ontwikkelingen zoals beschreven in het vorige hoofdstuk.

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staat het effect van de digitale technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt centraal. Behalve technologische ontwikkelingen zijn er uiteraard ook andere factoren van invloed op de arbeidsmarkt, waaronder economische en demografische ontwikkelingen en het effect van globalisering. Vanwege de onderlinge afhankelijkheid van deze ontwikkelingen is het niet mogelijk om een volledig zuiver beeld te geven van de invloed van de digitale technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt alleen. Niettemin hebben de technologische ontwikkelingen belangrijke gevolgen voor de omvang van de werkgelegenheid en voor de aard van het werk (De Beer, 2016). De technologische ontwikkelingen waarvan de meeste impact wordt verwacht op organisaties en werk, zijn ICT-gedreven.

De focus in dit hoofdstuk ligt op de verwachtingen voor de toekomst in de literatuur en van de bij het onderzoek betrokken experts, ten aanzien van de gevolgen van de digitale technologische ontwikkelingen op de omvang en de aard van werk en de benodigde vaardigheden. Tevens worden de resultaten uit het kwantitatieve onderzoek van CentERdata in dit hoofdstuk betrokken.

De centrale vraag die in dit hoofdstuk wordt beantwoord is:

Wat zijn de verwachte effecten van de digitale technologische ontwikkelingen op de omvang van de werkgelegenheid, de aard van werk en de benodigde vaardigheden?

3.2 Meer of minder werkgelegenheid?

Is er in de toekomst, als gevolg van digitale technologische ontwikkelingen, meer of minder werkgelegenheid te verwachten in Nederland? Deze vraag komt in diverse publicaties over de toekomstige arbeidsmarkt aan de orde.

In 2015 heeft het Rathenau Instituut in opdracht van de Tweede Kamer een rapportage opgesteld waarin duidelijk wordt wat er vanuit de wetenschap bekend is over de invloed van technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt en op de welvaart in de loop der tijd (Est & Kool, 2015). Uit het rapport blijkt onder andere dat onder wetenschappers consensus bestaat over de relatie tussen ICT en werk in het recente verleden. Consensus is echter ver te zoeken als het gaat om de verwachtingen voor de toekomst. De meerderheid van economen is het er over eens dat de vooruitgang in automatisering in het verleden niet tot (macro) verlies aan banen heeft geleid.

Voor de werkgelegenheidsontwikkeling in het verleden lijkt in ieder geval te gelden dat technologische innovatie goed is, zelfs als deze in eerste instantie arbeidsbesparend is (SER, 2016, p. 64). De SER stelt dat het moeilijk is te voorspellen wat de precieze gevolgen van technologische ontwikkelingen voor de arbeidsvraag en het arbeidsaanbod zullen zijn op het niveau van bedrijven, sectoren en opleidingsniveaus. De uitkomsten van ramingen hierover lopen nogal uiteen (SER, 2016, pp. 66-72).

Groei of krimp van werkgelegenheid door technologische ontwikkelingen valt onder te verdelen in twee visies. Volgens de eerste visie zorgt de inzet van nieuwe technologie voor een hogere productiviteit per werknemer, waardoor voor gelijke productieresultaten minder mensen nodig zijn. Dit betekent een vernietiging van werkgelegenheid. Bekende publicaties die voorspellen dat grote hoeveelheden werkgelegenheid gaan verdwijnen als gevolg van digitalisering en automatisering zijn 'The Second Machine Age' (Brynjolfsson & McAfee, 2014) of studies als *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?* van de economen Frey & Osborne (2013) van de Oxford Martin School. De studie van Frey & Osborne bracht internationaal onrust teweeg, omdat deze voorspelt dat in de Verenigde Staten de komende twintig jaar bijna de helft van het huidige aantal banen wordt overgenomen door computers of robots. Deloitte projecteerde de resultaten van Frey & Osborne op de Nederlandse situatie en kwam tot vergelijkbare resultaten (Deloitte, 2014). De Brusselse denktank Bruegel (2014) berekende de cijfers voor heel Europa; in Nederland is 49,5% van de banen gevoelig voor automatisering, en dit percentage is vergelijkbaar met dat van andere Noord-Europese landen (België, Duitsland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Ierland en Zweden) en de Verenigde Staten (Van Est & Kool, 2015, p. 126).

IKEA SCHRAPPT 7.500 BANEN

Meubelgigant IKEA schrapt tot 2021 wereldwijd 7.500 banen. Maar er komen in die periode ook weer 11.500 banen bij. De banen die geschrapt worden zijn vooral kantoorfuncties. De nieuwe banen ontstaan in met name afdelingen voor online verkopen.

Figuur 5. Bron: www.nu.nl/ondernemen.

Volgens de tweede visie worden producten goedkoper door de productiviteitsstijging, waardoor consumenten met hetzelfde inkomen meer producten kunnen kopen. Dat kan juist weer nieuwe banen scheppen (De Beer, 2016, p. 26). Naast productiviteitsstijging creëert de technologische vooruitgang ook nieuwe beroepen en daarmee banen (zie ook figuur 5). Dit kunnen ook banen zijn waar we nu nog geen weet van hebben. App-ontwikkelaars, drone piloten en cloud computing specialisten zijn werkzaam in beroepen die twintig jaar geleden nog niet bestonden. Tevens zorgt de vraag naar nieuwe technologie voor nieuwe banen (Arntz, Gregory, & Zierahn, 2016). Het WRR stelt in haar rapport 'De robot de baas' dat negatieve werkgelegenheidsscenario's zoals beschreven in de studie van Oxford door Osborne en Frey onrealistisch zijn, omdat deze projecties negeerden dat de verwachte verhoogde productiviteit door moderne technologieën ook nieuwe banen creëert (Went, Kremer & Knottnerus, 2015). De arbeidsproductiviteitsgroei in Nederland zwakt wel af. Sinds 2014 is de arbeidsproductiviteits-groei verder gedaald ten opzichte van de periode voor de crisis (Adema & Van Tilburg, 2018, p. 3). Overheidsbeleid kan een bijdrage leveren aan een snellere toename van de arbeidsproductiviteit. Zowel beleid op het gebied van menselijk kapitaal en innovatie als beleid gericht op aanpassingen van productmarkt- en arbeidsmarktinstituties (Adema et al., 2018, p.3).

De OESO acht het ook onwaarschijnlijk dat er grote hoeveelheden werkgelegenheid gaan verdwijnen als gevolg van digitalisering en automatisering. De redenatie van het OECD is dat banen bestaan uit verschillende taken. Banen die deels uit routinematig werk bestaan, en dus eenvoudig te automatiseren lijken, hebben vaak ook elementen die alleen een mens van vlees en bloed kan uitvoeren. Bovendien is de introductie van nieuwe technologie een tijdrovend proces. Gedurende dat proces kunnen taken aangepast worden en kunnen werkenden zich op hun beurt aan die nieuwe taken aanpassen. Tenslotte ontstaat door technologische ontwikkelingen ook nieuwe toepassingen en behoeften, hetgeen werkgelegenheid creëert (SER, 2016, p. 67). Deze manier van kijken levert een veel lagere schatting op van het aantal beroepen dat op de middellange termijn bedreigd wordt door robots en computers. Op basis van dezelfde onderzoeksmethodiek als Frey & Osborne raamt de OESO het effect voor alle OECD-landen op gemiddeld 9% van alle banen. Voor Nederland wordt het aandeel banen dat het risico loopt om te verdwijnen op 10% geraamd, voor Duitsland 12% en voor België 7% (SER, 2016, p. 67).

De conclusie is dat niemand echt weet of het werkgelegenheidssaldo als gevolg van de digitale transformatie positief of negatief uitpakt. Het is wel zeker dat de aard van het werk veranderd en dat de arbeidsmarkteffecten van digitalisering per sector verschillend kunnen uitpakken. De volgende paragrafen gaan in op de veranderingen in de aard van het werk. De verschillen in arbeidsmarkteffecten van digitalisering in de verschillende topsectoren komt aan de orde in Hoofdstuk 4.

3.3 De aard van het werk verandert

Een tweede belangrijk effect van de digitale technologische ontwikkelingen is dat de aard van het werk verandert. Het heeft gevolgen voor het niveau van werk, de wijze waarop werk wordt georganiseerd, de manier van werken en de inhoud (taken en benodigde competenties) van werk. De volgende paragrafen zoomen in op de belangrijkste ontwikkelingen.

3.3.1 Het middensegment staat onder druk

Er bestaat onder deskundigen vrij brede consensus dat digitalisering gaat zorgen voor polarisatie op de arbeidsmarkt. Polarisatie is de (relatieve) afname van beroepen in het middensegment en de vraag naar middelbaar opgeleiden (Van den Berge & Ter Weel, 2015). Technologie leidt vooral tot hoogwaardig werk (De Beer, 2016, p. 28). Over het algemeen lijken onderzoekers het erover eens te zijn dat de vraag naar hoger opgeleiden nog behoorlijk gaat toenemen de komende jaren (SER2, 2015, p. 15). Routinematige banen op het niveau van mbo-2 en mbo-3 komen sterk onder druk te staan door verdergaande automatisering, digitalisering en robotisering. Onder druk houdt in dit geval in: minder en andere arbeid. Vooral banen met een gemiddeld vaardigheidsniveau lopen groot risico om vervangen te worden door computers, want het is veel moeilijker om low-skill en high-skill banen te automatiseren (Elliott, 2017). Niet-routinematige taken kunnen vooralsnog niet (efficiënt) door computers en robots worden overgenomen. Dit geldt ook voor bepaalde laaggeschoolde niet-routinematige eenvoudige taken die vooralsnog niet te robotiseren zijn i.v.m. afwisseling of sociale interactie bijvoorbeeld: stewardess, conciërge, kapper. Misschien zien we daardoor ook een verschuiving van middel-skill naar low-skill banen (Elliott, 2017). Tevens gaat de toenemende platformisering naar verwachting zorgen voor meer low skill banen. Voorbeelden van deze ontwikkeling zijn 'micro-jobbing' platformen als Ask & Task en Mechanical Turk van Amazon.

Door de digitale ontwikkelingen zal een grote groep mbo'ers in vooral financieel-administratieve beroepen in de problemen komen.

Op die manier gaan veel administratieve banen in de financiële sector verloren, maar tegelijkertijd zoeken banken en verzekeraars duizenden mensen die data-analist zijn of iets van machine learning afweten. Ook bij gemeenten staan banen op het middenniveau onder druk door toenemende digitalisering (A+O fonds Gemeenten, 2018, p. 31). Uit cijfers van het UWV blijkt dat er per saldo sprake is van krimp en een relatief sterke stijging van de werkloosheid onder administratief personeel. Naar verwachting zet de krimp in administratieve functies de komende jaren door. Dit wordt bevestigd in onderzoeken van Deloitte en het Ministerie van Binnenlandse Zaken (Van Uitert & Kalkhoven, in SER, 2016, p. 73). Voor deze groep zal een arbeidsmarktoplossing moet worden gevonden. Omscholing van administratief personeel naar andere, kansrijke beroepen of bijscholen naar een hoger niveau ligt daarbij voor de hand.

Voor de hogeschoolde niet-routinematige taken is de verwachting dat deze door de exponentiële ontwikkeling van AI op den duur ook (deels) geautomatiseerd kunnen worden (Grass & Weber, 2016, p. 80). Volgens McKinsey kan nu al in 60% van de banen (van laag tot hogeschoold werk) ongeveer 30% procent van de taken geautomatiseerd worden (Bughin, et al., 2018). Volgens onderzoek van Arntz is 9% van de (huidige) banen te automatiseren (Arntz, Gregory, & Zierahn, 2016). Tevens verwacht McKinsey een significante reallocatie van taken tussen werknemers van verschillende competentie en kwalificatie niveaus, omdat werkgevers hun personeelsbestand efficiënter willen inzetten. Hierdoor ontstaan 'new collar' banen (Bughin, et al., 2018).

Overstappen vanuit krimpende beroepen door digitalisering

CentERdata geeft in haar kwantitatieve onderzoek antwoord op de vraag naar welke beroepen werknemers in krimpende beroepen als gevolg van digitalisering, kunnen overstappen, om zo een stabiele loopbaan te kunnen voortzetten. De haalbaarheid van een overstap naar een ander beroep heeft CentERdata bepaald door te kijken naar de gelijkenis tussen de startberoepen en potentiële overstapberoepen.

Uit het dataonderzoek blijkt dat er voor de grote meerderheid van beroepen in krimpende sectoren of beroepsklassen overstapmogelijkheden te vinden zijn. In het meest negatieve scenario vanuit het beleidsperspectief, waarin de onderzoekers veronderstellen dat werknemers in een krimpend beroep alleen maar willen overstappen naar een beroep met hetzelfde of een hoger salarisoniveau, kan voor bijna 80% van de werknemers een overstap worden gevonden. Als de onderzoekers deze aanname loslaten en werknemers uit een krimpberoep ook laten overstappen naar een ander beroep met minder salaris, kan voor 91% een overstapberoep worden gevonden (Prüfer, Den Uijl, & Kumar, 2019, pp. 46-47).

De onderzoekers benadrukken dat dit theoretische berekeningen zijn die vooral aangeven dat er vaak overstapmogelijkheden te vinden zijn waar men het niet zou verwachten. Deze berekeningen betekenen niet dat een overstap voor de 80 of 91% van werknemers 'zomaar' te realiseren is. Om een succesvolle overstap te maken spelen ook andere factoren een rol, zoals bijvoorbeeld de intrinsieke motivatie van een werknemer om de overstap te maken (Prüfer, et al., 2019, p. 47).

Ook vanuit individueel perspectief, dus beredeneerd vanuit het perspectief van één enkele werknemer en diens persoonlijke mogelijkheden, zijn er in veel gevallen opties om een overstap te maken naar een ander toekomstbestendig beroep. Er kan voor slechts 7% van de beroepen geen transitiemogelijkheid gevonden worden. Gemiddeld heeft een werknemer maar liefst 24 opties voor een overstapberoep, waarvan 11 met meer en 13 met gelijk of minder salaris. Deze positieve bevindingen gelden zowel voor vrouwen als voor mannen (Prüfer, et al., 2019, p. 47).

Het onderzoek toont aan dat er over alle (top)sectoren heen veel overstapmogelijkheden zijn voor personen in krimpende sectoren en beroepen, dat deze overstappen vaak betrekking hebben op verschillende beroepsklassen én dat daarbij geldt dat er maximaal 1 skill level verschil zit tussen het startberoep en het overstapberoep (Prüfer, et al., 2019, p. 64). Dit betekent dat het voor veel werknemers in krimpberoepen in theorie een relatief beperkte scholingsinspanning vergt om de loopbaan in een ander beroep te kunnen voortzetten.

3.3.2 Mensen gaan juist naast robots en software werken in plaats van met

Veel van het fysieke en kenniswerk dat mensen nu doen wordt straks gedaan door robots (fysieke arbeid) of software (hoofdarbeid). Er lijkt onder deskundigen consensus te bestaan dat robots en software geen mensen gaan vervangen, maar vooral taken zullen overnemen. Mensen gaan juist naast robots en software werken in plaats van met. Hierdoor zal de hoeveelheid handvaardige en routinematige repetitieve taken afnemen, maar de hoeveelheid interactieve taken en analytische taken juist toenemen. Daarnaast zal de variatie in het werk groter worden. Tevens is er sprake van een verhoging van eisen aan beroepsbeoefenaren op alle niveaus. Er zullen nieuwe taken voortkomen uit geautomatiseerde machineprocessen die programmering, software-updates, bediening en, in het geval van technische problemen, het oplossen van problemen en noodmaatregelen vereist. Dit schept nieuwe banen voor mensen met gemiddelde tot hoge kwalificaties.

Digitale technologie gaat mensen helpen concentreren op de taken die ze goed kunnen en zo de kwaliteit van het werk verhogen. Algoritmes kunnen kleine deeltaken duizend keer beter of sneller uitvoeren. Door de digitalisering van niet zorgtaken, zoals de administratieve taken, kunnen zorgprofessionals zich meer op hun zorgtaken richten. In de juridische dienstverlening is bijvoorbeeld de artificial intelligence tool ROSS ontwikkeld. “Zoals Siri vragen van Apple-gebruikers beantwoordt, kan ROSS advocaten vliegensvlug te hulp schieten bij complexe juridische vraagstukken door te zoeken in wetboeken en jurisprudentie. Het is een tool die realtime met je meedenkt. Dat maakt het eindeloos doorploegen van vuistdikke wetboeken overbodig. Dat is werk dat veel beter gedaan kan worden door een stukje software” (Stolze, 2017).

3.3.3 Vaste banen maken steeds meer plaats voor tijdelijke contracten en zzp'ers

De opmars van digitale platformen zorgt er voor dat vaste banen steeds meer plaats maken voor zelfstandigen die op klusbasis werken (gig economie). De meerderheid van de participanten in de visie sessie van 30 november 2017 gelooft overigens niet dat in hun sector vaste banen in de periode tot 2025 steeds meer plaats gaan maken voor zelfstandigen. Niettemin denken arbeidsmarktdeskundigen dat de flexibilisering van de arbeidsmarkt in Nederland een structurele ontwikkeling is. De wenselijkheid hiervan valt te betwisten, maar volgens de deskundigen kan alleen regelgeving die echt leidt tot arbeidsmarkthervormingen deze ontwikkeling stoppen (Van der Schrier, 2018).

Digitale platformen zullen volgens deskundigen een steeds grotere rol spelen in het samenbrengen van vraag en aanbod, ook op de arbeidsmarkt (Walma van der Molen & Kirschner, 2017, p. 12) en (Wilthagen, 2018, p. 24). Dit heeft ook gevolgen voor de aard van werk. Digitale technologie geeft mensen immers de mogelijkheid om op afstand te werken en de vraag naar en het aanbod van werk eenvoudig te matchen. Dankzij de cloudservices heeft de medewerker altijd en overal, veilig, toegang tot alle applicaties en data.

Naast de aard van het werk heeft de ontwikkeling van digitale platformen ook invloed op de samenstelling van de werkgelegenheid. De opkomst van digitale platformen zal deels ten koste gaan van mensen met een vaste baan. Hierbij moet gedacht worden aan horeca-, schoonmaak- en taxibedrijven die failliet gaan en mensen moeten ontslaan, vanwege de opkomst van zelfstandigen die zelf horeca- en taxidiensten gaan aanbieden via een platform. Eenzelfde ontwikkeling zou kunnen optreden bij thuiszorg en arbeidsbemiddeling.

In dit geval zorgt de technologische ontwikkeling er dus enerzijds voor dat (vaste) banen verdwijnen, maar anderzijds maakt diezelfde technologie het mogelijk om hetzelfde werk relatief eenvoudig als zelfstandige op te pakken.

De verdere ontwikkeling van deel- en klusplatformen is te duiden aan de hand van een aantal technologische ontwikkelingen, zoals robotisering en IoT en maatschappelijke trends. Dit leidt ertoe dat een steeds groter deel van de bevolking freelance werk verricht (Frenken, Van Waes, Smink, & Van Est, (2017, p. 12). Volgens het economisch bureau van ING kan de platformeconomie leiden tot forse groei van het aantal zelfstandigen in Nederland. Het economisch bureau van ING rekent in een conservatieve schatting op 200.000 extra platformbanen voor zzp'ers en in een extreem scenario op 1 miljoen extra banen voor zzp'ers (ING, 2018). Ook LinkedIn ziet in haar data een snelle opkomst van parttime freelancers (Strauss, 2017). Nieuw beleid dient rekening te houden met deze ontwikkelingen. Zo rijzen er met betrekking tot platformen steeds meer juridische en maatschappelijke vragen (Smink, Gerritsen, Van Waes, Peters & Van Est, 2018).

De groei van het aantal zzp'ers op de arbeidsmarkt geeft aanleiding tot de vraag of de kwaliteit van het arbeidsaanbod hiermee onder druk komt te staan. Flexwerkers volgen namelijk minder scholing. Met name van de personen met een niet-regulier contract, zoals een nul-urencontract of oproepkrachten, doet een relatief klein deel een opleiding of cursus. Dit geldt ook voor zelfstandigen. Het aandeel mensen met een niet-vast contract dat scholing volgde, is tussen 2004 en 2014 behoorlijk teruggelopen. Dat is veel sterker dan het aandeel werkenden met een vast contract dat scholing volgde.

3.3.4 De ICT-intensiteit in sectoren en beroepen neemt toe

Uit onderzoek blijkt dat het deel van de werkzame beroepsbevolking dat afhankelijk is van ICT voor het uitvoeren van haar primaire taak in de periode tot 2022 met een kwart zal toenemen. Het totale digitale potentieel aan werkgelegenheid ligt op 3,7 miljoen. In 2021 zal digitale beroepsbevolking³ met ruim een kwart zijn toegenomen tot 1,9 miljoen werkzame personen. In dit getal zitten alle ICT professionals plus de werkzame personen met een ICT-gedreven baan. De onderzoekers achten het waarschijnlijk dat onder invloed van nieuwe technologieën als IoT, 3D printing, machine learning, zelfrijdende auto's, blockchain en virtual en augmented reality, het totale digitale potentieel verder zal toenemen (Bilderbeek, De Bruin & Warmerdam, 2017).

3 Digitale beroepsbevolking is het aantal werkzame personen die voor het uitvoeren van hun primaire taak voor meer dan 50% van hun werktijd afhankelijk is van ICT (dus inclusief ICT-professionals).

De toename van de ICT-intensiteit blijkt uit een forse toename van ICT-professionals in alle sectoren, waarbij het onderzoek van CentERdata ook uitwijst dat het aandeel digitale vaardigheden binnen de ICT-professies toeneemt (Prüfer, et al., 2019, p. 45). De ICT-intensiteit in de professies van oorspronkelijk niet-ICT gerelateerde beroepen neemt ook toe (Jager & Vankan, 2017). In deze beroepen wordt dus een groter beroep gedaan op digitale vaardigheden van niet-ICT personeel dan voorheen. Dit blijkt zowel uit het onderzoek van CentERdata als uit eerder onderzoek van Dialogic (Jager et al., 2017) en McKinsey (Bughin et al., 2018). Uit het laatste onderzoek blijkt dat werknemers in alle functies binnen bedrijven hun digitale vaardigheden zullen moeten verbeteren; van het kunnen gebruiken van digitale hulpmiddelen tot meer geavanceerde digitale vaardigheden (Bughin et al., 2018, p. 17). CentERdata komt in haar onderzoek tot soortgelijke bevindingen (Prüfer, et al., 2019, p. 45).

Daarnaast blijkt uit het onderzoek van CentERdata dat er ook sprake is van een toename in de vraag naar overige vaardigheden. Deze ontwikkeling heeft ook betrekking op de gehele arbeidsmarkt en geldt voor alle sectoren, beroepen, opleidingsniveaus en functietypen. Communicatievaardigheden en self-starter vaardigheden zijn zeer belangrijk, net als planning en organisatie vaardigheden waaronder ook de vaardigheden 'agile' en 'scrum'. Dit is het geval voor leidinggevend, ICT-professionals en niet ICT-professionals. Ook leiderschap, flexibiliteit en samenwerken worden vaak gevraagd in vacatures. Er is sprake van een gestegen vraag naar met name creativiteit, samenwerking, communicatie en computational thinking. In feite is over de hele breedte van 21st century skills sprake van een toename in de vraag (Prüfer, et al., 2019, p. 42).

Overigens blijkt uit onderzoek van Hogeschool Inholland en De Haagse Hogeschool naar de ontwikkeling van 21st century skills binnen vijf beroepen (politieagent, accountant, verpleegkundige, financieel adviseur van een bank en piloot) dat de 21st century skills pas betekenis krijgen in de context van het werk. Samenwerken is bij de piloot anders dan bij de financieel adviseur. Voor communicatie, digitale geletterdheid, verantwoordelijkheid, etc. geldt hetzelfde. Dat betekent dat de 21st century skills niet zonder meer uitwisselbaar zijn en dit roept de vraag op hoe deze 21st century skills effectief in het onderwijs aangeleerd kunnen worden (Biemans, Sjoer, Brouwer & Potting, 2017).

Ontwikkelingen ICT-beroepen

Tussen 2013 en 2016 groeide de beroepsgroep van ICT'ers met 49 duizend personen naar een totaal van 337 duizend werkzame personen (+17%). Deze groei zet zich de komende jaren alleen nog maar sterker door. Tussen 2017 en 2022 komen er naar schatting 23.300 ICT-beroepen bij (ROA, 2017, p. 29). Nu al is de arbeidsmarkt voor ICT'ers zeer krap (CA-ICT, 2018, p. 11). Mede door de toenemende behoefte aan ICT-professionals in alle sectoren, zullen werkgevers de komende jaren nog grotere moeilijkheden ondervinden bij het vinden van personeel voor ICT-beroepen.

Volgens ICTerGezocht.nl (hun claim: de grootste ICT vacaturebank van Nederland) wordt bij 80% van alle vacatures hbo-niveau gevraagd, voor deze functies is het werknemerstekort dan ook verreweg het grootst. Universitair niveau is voor 14% van de openstaande posities vereist. Uit de enquête die in het kader van onderhavig 'Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren' is afgenomen onder de deelnemende topsectoren blijkt dat men voorziet dat deze ontwikkeling zich de komende jaren zal voortzetten. De respondenten verwachten de komende vijf tot tien jaar vooral een tekort aan ICT'ers op hbo en wo-niveau. Uit de enquête blijkt dat respondenten met de functie van CTO, CIO, CDO of COO meer tekorten verwachten dan respondenten met de functie van HR manager of HR business partner. Dit zou te maken kunnen hebben met het feit dat CTO's, CIO's, CDO's en COO's meer kennis hebben op het gebied van technologie en digitalisering en om die reden beter de tekorten kunnen inschatten dan HR-managers en HR business partners die er verder van af staan. Uit het HR-trends onderzoek 2018 – 2019 van Berenschot onder 900 HR-verantwoordelijken blijkt dat het thema robotisering slechts op de 21e plaats van de HR-prioriteitenlijst staat (Berenschot, 2018).

Daarentegen is er bij mbo-vacatures juist sprake van een overschot. Zo zijn er volgens ICTerGezocht.nl relatief veel IT'ers met een mbo-2 opleiding terwijl dit niveau bij slechts 5% van alle vacatures wordt gevraagd (Van der Avoird, 2018). Ook uit onderzoek van Arbeidsmarktkansen.nl en Intelligence Group blijkt dat ICT-functies op mbo-niveau in hoog tempo verdwijnen.

Op hun ranglijst⁴ van twintig opleidingen met de slechtste kansen op de arbeidsmarkt staan zes ICT-opleidingen op mbo-niveau, te weten: Medewerker beheer ICT, Netwerkbeheerder, ICT-beheerder, Medewerker ICT, Applicatie-ontwikkelaar en Gamedeveloper (AG Connect, 2018, 20 februari). Volgens de onderzoekers komt dit door de toepassing van cloudservices, kunstmatige intelligentie en standaardpakketten voor de ontwikkeling van websites en apps. Diezelfde ontwikkeling heeft op hbo-niveau juist geleid tot een sterke toename van de werkgelegenheid (AG Connect, 2018, 20 februari). Voor de slechte arbeidsmarktperspectieven van de mbo ICT'ers geldt wel de nuancering dat ruim de helft van de gediplomeerden doorstroomt naar het hbo. Uit cijfers van het SBB blijkt dat in het cursusjaar 2017 – 2018 60% van de mbo-gediplomeerde Applicatie- en mediaontwikkelaars is doorgestroomd naar het hbo, evenals 58% van de mbo-gediplomeerde Gamedevelopers. Van de mbo'ers met een diploma Medewerker beheer ICT en Medewerker ICT stroomt respectievelijk 58% en 72% door naar het hbo. Voor mbo-gediplomeerde ICT-beheerders en Netwerk- en mediabeheerder is dit respectievelijk 45% en 42%.

Voor de mbo-opleidingen ICT is in 2018 gewerkt aan modernisering van de inhoud van opleidingen. De vernieuwde opleidingen (kwalificatiedossiers) worden in 2019 vastgesteld en krijgen als namen respectievelijk Software development, ICT Beheer & Devices, ICT Support. De inhoud van deze opleidingen is afgestemd op de actuele technologische ontwikkelingen. Hierdoor zal het perspectief op werk voor MBO-ers ICT verbeteren.

Niettemin worden volgens de eerdergenoemde onderzoekers, naast de mbo ICT'ers, ook nog eens 140.000 mbo-scholieren opgeleid voor een beroep met hoge kans op automatisering of robotisering in de komende tien à vijftien jaar (AG Connect, 2018, 20 februari).

ICT-kansberoepen

Voor wat betreft ICT-kansberoepen geldt dat voornamelijk de vraag naar werkenden binnen de beroepsgroep software- en applicatieontwikkelaars en databank- en netwerkspecialisten zal stijgen, mede door een grote verwachte uitbreidingsvraag (ROA, 2017, p. 57). Voor wo informatica zijn de baanperspectieven zeer goed. Afgestudeerden met een wo diploma informatica hebben zelfs zeer goede arbeidsmarktperspectieven. Er is niet alleen een hoge vervangingsvraag maar ook een hoge uitbreidingsvraag voor informatici met een wo diploma en de verwachte instroom vanuit de opleidingen is te gering om aan de vraag te voldoen (ROA, 2017, p. 54).

Volgens een TNO rapport voor UWV zijn er op het gebied van ICT (systeembeheer en service) de komende jaren kansen voor (goede) programmeurs, analisten, ontwikkelaars ('engineers') en architecten op hoger en wetenschappelijk niveau en in specifieke talen. Tevens zijn er kansen voor testers en security-specialisten en voor servicemedewerker ICT, netwerk- en systeembeheer (Oeij, Van der Torre, Van de Ven, Sanders & Van der Zee, 2017). Het onderzoek bestempelt de functie van ICT-servicemedewerker op mbo niveau 3 en 4 zelfs als kansberoep (Oeij, et al., p. 75). De functie systeembeheerder is op mbo-niveau kwetsbaar. Maar ook voor de systeembeheerder zijn er kansen na bijscholing en zeker na opscholing naar hbo-niveau (Oeij, et al., p. 7).

Volgens Gartner is DevOps⁵ een functiegebied dat een snel groeiend aantal organisaties cruciaal acht voor het behalen van concurrentievoordeel (Petty, 2018). Ook uit het kwantitatieve onderzoek van CentERdata blijkt dat het aantal DevOps vacatures de afgelopen vijf jaar flink is gegroeid. Hetzelfde geldt voor vacatures op de functiegebieden data scientist, digital transformation en information security. Tabel 1 geeft een overzicht van de sterkst stijgende functiebenamingen in ICT-beroepen in de periode 2012 – 2017 (Prüfer, et al., 2019, p. 29.)

4 De ranglijst is samengesteld door voor alle 455 beroepsopleidingen in het mbo te berekenen wat de kansen op de arbeidsmarkt zijn door vraag en aanbod per opleiding, regio en ervaringsniveau met elkaar te vergelijken, inclusief de verwachte ontwikkelingen voor de komende vijf jaar.

5 DevOps is een samenvoeging van de term 'developer' en 'system operator'. DevOps staat voor een ontwikkelmethode waarbij op een agile manier nieuwe code wordt geschreven die stabiel (en dus vrij van fouten) in een productieomgeving kan draaien en waarvoor de ontwikkelaar zelf verantwoordelijk blijft.

	#2012	#2017	GENORMALISEERDE GROEIFACTOR
Develops expert	5	1611	168
Data Scientist	4	1187	154
Digital Media Specialist	1	110	57
Product Owner	2	73	18
Data Specialist	7	215	15
Digital Transformation Expert	0	12	6
Information Security Manager	0	10	5
Ethical Hacker/Pen Tester	23	204	4
Scrum Master	98	631	2

Tabel 1. Sterkst stijgende functiebenamingen in ICT beroepen.
(Bron: CentERdata).

3.4 Conclusie verwachte effecten op de arbeidsmarkt

Voor alle sectoren geldt dat het saldo voor de werkgelegenheid als gevolg van digitale technologische ontwikkelingen en ICT onduidelijk is. Het is afwachten of de groei van nieuwe banen gelijke tred houdt met, achterblijft bij of voorbij rent aan de afname van banen. Voor alle sectoren geldt dat digitale technologische ontwikkelingen de komende jaren naar verwachting niet tot een omvangrijk verlies in banen gaat leiden, maar vooral kwalitatieve gevolgen heeft voor de inhoud van werk.

Als gevolg van de digitale technische ontwikkelingen in Nederland is er sprake van een toename in de vraag naar digitale vaardigheden naast overige vaardigheden (Softskills). Deze ontwikkelingen hebben betrekking op de gehele arbeidsmarkt en gelden voor alle (top)sectoren, alle beroepen en alle opleidingsniveaus. Hierdoor vervagen de grenzen tussen ICT-beroepen en niet-ICT-beroepen.

Het tempo waarin de vraag naar deze vaardigheden gaat toenemen binnen Nederlandse sectoren en organisaties en welke vraag naar nieuwe vaardigheden als gevolg van nieuwe producten en diensten zich op welk moment voor doet, is moeilijk te voorspellen. Dit is afhankelijk van het tempo en de adoptiegraad en -snelheid van de digitale technologische ontwikkelingen. Niettemin is er op de huidige arbeidsmarkt al sprake van een groot tekort aan technisch en ICT-personeel, terwijl de beroepsbevolking vergrijst en vanaf 2021 gaat krimpen. Dit tekort remt organisaties in hun groei en vertraagt de Nederlandse economie in haar ontwikkeling. En dat terwijl er goede kansen liggen op het gebied van IoT, big data en cybersecurity waarmee Nederland haar sterke internationale concurrentiepositie verder kan uitbouwen.

Voor wat betreft ICT-kansberoepen worden vooral functies op hbo en wo niveau gevraagd. ICT-functies op mbo-niveau lijken onder druk te staan. Dit geldt overigens niet voor alle mbo ICT-functies. Zo wordt de functie van ICT-servicemedewerker op mbo niveau 3 en 4 in een onderzoek van TNO zelfs als kansberoep bestempeld.

Door digitalisering, automatisering en robotisering komen vooral routinematige banen in het middensegment onder druk te staan. Vanwege de oplopende arbeidsmarktekorten kan Nederland het zich niet veroorloven deze mensen voor de arbeidsmarkt te verliezen (los van de morele en sociale aspecten). Mensen die te lang buitenspel staan komen snel te ver van de arbeidsmarkt af te staan. De Nederlandse economie en samenleving zijn er bij gebaat dat mensen in krimpberoepen worden bij- of omgeschoold naar banen met toekomstperspectief. Voor een meerderheid van beroepen in krimpsectoren zijn overstapmogelijkheden te vinden. Vaak zijn deze overstapmogelijkheden te vinden waar men het niet zou verwachten.

Het effect van de digitale technologische ontwikkelingen per Topsector

Hoofdstuk 4

De eerder beschreven digitale technologische ontwikkelingen hebben met elkaar gemeen dat ze niet aan sectorgrenzen zijn gebonden. Alle sectoren krijgen vroeg of laat met de gevolgen van deze digitale ontwikkelingen te maken. Niettemin kunnen de aard, omvang en het tempo van deze ontwikkelingen per sector en organisatie verschillen, evenals het effect van deze ontwikkelingen op de producten en diensten van organisaties, de werkgelegenheid, de aard van het werk en de daarvoor benodigde competenties.



4.1 Inleiding

Volgens het kwantitatieve onderzoek van CentERdata verschilt het aantal ICT beroepen ook sterk per topsector. In de periode 2012-2017 heeft de Topsector HTSM met 19% het grootste aandeel ICT beroepen. Daarna volgen de topsectoren Energie met 9%, Life Sciences met 5% en Chemie met 4,3%. In de sector Health is slechts 1 op de 50 vacatures een ICT vacature (Prüfer, et al., 2019, p. 20).

In de volgende paragrafen wordt per betrokken topsector ingegaan op de belangrijkste digitale technologische ontwikkelingen en arbeidsmarkteffecten. Hierin worden per topsector tevens de inzichten uit het kwantitatieve onderzoek van CentERdata betrokken. Voor de analyse van de digitale technologische ontwikkelingen en arbeidsmarkteffecten in de Topsector LS&H wordt vanwege de verschillende samenstelling en dynamiek een apart onderscheid gemaakt tussen de sector Health en de sector Life Sciences.

Per topsector wordt de analyse afgesloten met conclusies. De belangrijkste overeenkomsten en verschillen in de conclusies van de verschillende topsectoren worden opgenomen in de slotconclusie van dit hoofdstuk.

4.2 Topsector Energie

De Topsector Energie omvat meerdere sectoren en is derhalve heterogeen. In de Human Capital Agenda van de Topsector Energie is gekozen voor een clustering langs zeven innovatiethema's: Bio-energie, Energiebesparing in de Gebouwde Omgeving, Energiebesparing in de Industrie, Gas, Smart Grids, Wind op Zee en Zon PV.

In het kader van het klimaatakkoord staat de Topsector Energie voor de opgave om de productie van hernieuwbare energie te verviervoudigen. Het grootste deel hiervan moet op zee verwezenlijkt worden, maar voor een gedeelte kan dat ook op het land door middel van wind- en zonne-energie. Energieopslag en andere maatregelen moeten er voor zorgen dat er ook voldoende stroom is als er weinig zon en wind is. De kosten van energie uit zon en wind moeten ook flink omlaag (Klimaatakkoord, 2018). Om deze klimaat- en energieopgave te realiseren zijn nieuwe manieren van denken en veel nieuwe ICT-gedreven technieken nodig.

4.2.1 Digitale technologische ontwikkelingen in de Topsector Energie

De golf van veranderingen bij de energiebedrijven hangt nauw samen met de energietransitie. De energietransitie zal de bestaande energieketen drastisch veranderen. ICT speelt hierin een essentiële rol. Zij gaat namelijk zorgen voor het organiseren van nieuwe, decentrale energiebronnen en het voorspellen van de hoeveelheid zonne- of windenergie die dagelijks kan worden opgewekt. Digitalisering gaat alle energievragers en -aanbieders met elkaar verbinden. Actieve burgers gaan zelf bijvoorbeeld stroom produceren en deze via platformen onderling uitwisselen in gedistribueerde netwerken. Iedereen wordt een energieleverancier. Blockchain technologie stelt een huiseigenaar met zonnepanelen op zijn dak straks in staat om zijn opgewekte zonne-energie direct te verkopen aan zijn buurman die geen zonnepanelen heeft. Alle onderdelen die binnen het systeem energie opwekken, uitnuttten of gebruiken zullen door IoT verbonden raken in een netwerk. Data uitwisseling en IT/OT integratie zal daarvan het gevolg zijn.

ICT is cruciaal voor het slim afstemmen van de vraag op het immer groeiende aanbod van duurzame energie. De flexibiliteit op het elektriciteitsnet is daarbij essentieel. Op lokaal niveau gaan vraag en aanbod enorm fluctueren door nieuwe decentrale en grillige energiebronnen zoals zonnepanelen en windmolens en nieuwe energievragers als elektrische auto's en slimme door IoT aan het energienet verbonden huishoudelijke apparaten (Middelweerd, 2018).

Smart grids bieden een oplossing om de sterke fluctuaties in vraag en aanbod op te vangen. Een smart grid is een elektriciteitsnet dat in staat is om vraag- en aanbod volledig geautomatiseerd op elkaar af te stemmen, zodat er flexibiliteit in het net ontstaat. Hiervoor is heel veel digitale technologie zoals AI nodig. Momenteel wordt er druk geëxperimenteerd met smart grid initiatieven maar het is nog wel een aantal stappen verwijderd van grootschalige implementatie. Essentieel voor opschaling is de adoptie van smart-grid toepassingen door de consument. De kans op adoptie door de consument wordt groter wanneer dit voor de consument niet gepaard gaat met hogere kosten en minder comfort. Ook essentieel voor opschaling is de sluitende businesscase voor bedrijven. Die moet interessant genoeg zijn om op grotere schaal met smart grid-toepassingen aan de slag te gaan (Middelweerd, 2018).

De energietransitie verandert het energielandschap door de decentraliserende energieproductie, de elektrificatie van de energievraag en sterk fluctuerende vraag naar elektriciteit en gas. Dit heeft grote consequenties voor de businessmodellen voor partijen in de energiewaarde keten. Bedrijven in de energiesector zullen zich moeten aanpassen en op zoek moeten gaan naar nieuwe businessmodellen om hun bestaansrecht te waarborgen.

4.2.2 Nieuwe ontwikkelingen bieden nieuwe kansen

De nieuwe ontwikkelingen in het energielandschap bieden verschillende nieuwe kansen voor bedrijven om met behulp van digitale technologie nieuwe waarde te creëren voor hun klanten. Een aantal van deze nieuwe kansen zijn oplossingen rondom smart-grid toepassingen, big data analytics en blockchain. Cybersecurity is in de energiesector ook een belangrijke ontwikkeling, maar dit is niet zozeer een kans. Cybersecurity is noodzakelijk om de energie infrastructuur te beschermen tegen cybercrime.

Smart grid oplossingen

De energiemarkt zal veranderen in een netwerk dat centrale en decentrale producenten met elkaar verbindt. Deze netwerken heten smart grids: moderne netwerken die vraag en aanbod van energie in evenwicht moeten brengen. Smart grids of intelligente netten maken verdere inpassing van duurzame energie(toepassingen) mogelijk en zorgen voor de benodigde 'flexibilisering' van de energievoorziening en gebruikersmarkt. Nederland heeft een stevige niche marktpositie voor smart grids, vanwege het geconcentreerde elektriciteits- maar ook gasdistributienetwerk, waarbij Nederland als één stad kan worden gezien. Er zijn mogelijkheden voor de opbouw van zowel nationale afzetmarkten als voor de export van ICT-toepassingen en smart grid-diensten (RVO, 2015).

Bedrijven kunnen nieuwe commerciële activiteiten ontplooiën die zich richten op lokaal energiemangement met smart-grid toepassingen. TKI Urban Energy ziet de eerste commerciële niches voor smart grids ontstaan, vooral gericht op de elektrische auto. De verwachting is dat binnen vijf jaar de eerste commerciële toepassingen op grote schaal zijn te zien. Aan die voorspelling liggen verschillende ontwikkelingen ten grondslag. Ten eerste dwingt een groeiende vraag naar duurzame elektriciteit tot opschaling wat de businesscase voor bedrijven interessanter maakt. Ten tweede is de verwachting dat door data meer inzicht ontstaat in vraag- en productiepatronen waardoor aankomende jaren allerlei nieuwe ideeën ontstaan.

Ten derde worden businesscases steeds aantrekkelijker door de dalende prijzen van belangrijke toepassingen als opslagbatterijen. Vooralsnog beperken smart grid-toepassingen zich tot proeftuinen en nichemarkten. Maar het feit dat die er zijn, toont wel aan dat smart grids er aan komen, in allerlei vormen (Middelweerd, 2018).

Big data & analytics

Ook big data is voor bedrijven binnen de Energiesector belangrijk in hun dienstverlening. Data wordt binnen de sector herkend als belangrijkste resource (Topsector Energie, 2017). ICT en sensoren spelen een centrale rol in het terugdringen van het energiegebruik in allerlei sectoren, waarbij de potentie in de industrie, gebouwde omgeving en mobiliteit het grootst is (Van der Donk, 2018). Door software en sensoren zal er een enorme datastroom op de energiebedrijven afkomen die omgezet kan worden naar waarde voor de eigen bedrijfsvoering en de klant. Een markt die nu al snel groeit is de markt voor slimme-meterdiensten. In 2015 was al bij 1,5 miljoen Nederlandse huishoudens een slimme meter voor de registratie van energieverbruik geïnstalleerd. Jaarlijks komen er ruim een miljoen adressen bij waardoor het potentiële afzetgebied sterk groeit (Ten Brinck, 2015). In 2017 was de installatie van slimme energiemeters opgelopen tot 3 miljoen huishoudens. Tot en met 2020 krijgen alle Nederlandse huishoudens een slimme energiemeter aangeboden (Stedin, 2017). Dat biedt kansen voor bedrijven die energiebesparende software aanbieden.

“Het leidt geen twijfel: het energiebedrijf van de toekomst zal in veel onderdelen een IT-bedrijf blijken te zijn”

John Post, programmadirecteur Digitaliseringsagenda Topsector Energie (Topsector Energie, 2017)

Net als in alle andere sectoren stelt digitalisering partijen in de energiesector ook voor grote uitdagingen op het gebied van privacy en veiligheid. Blockchain technologie kan partijen helpen deze uitdaging aan te gaan. In Nederland zijn consortia bezig met blockchain innovaties die de energietransitie kunnen versnellen. Deze blockchain innovaties zijn gericht op het efficiënter regelen van de administratie van warmtelevering, het efficiënter en veiliger afsluiten van offshore windenergie contracten, veilige en transparante data-uitwisseling tussen slimme elektriciteitsmeters en het veilig en transparant verhandelen van duurzaam opgewekte elektriciteit, zonder dat daar een derde partij tussen zit (Middelweerd², 2018).

4.2.3 Nieuwe toetreders

De energiesector is van oudsher een sterk gereguleerde en gereguleerde sector, overzichtelijk ingedeeld in producenten, distributeurs en afnemers. In een geïnstitutionaliseerde wereld zoals deze zijn gevestigde belangen groot, blijken bestaande patronen star en gaan veranderingen langzaam (Topsector Energie, 2017). De traditionele bedrijven in de energiesector willen nog wel eens een defensieve houding aannemen ten aanzien van nieuwe ontwikkelingen zoals bijvoorbeeld smart grids. Het gevoel van bedreiging blijkt dan toch groter dan het gevoel van de kansen die het mogelijk biedt. Het is moeilijk te voorspellen welke bedrijven de kansen die digitale technologieën bieden, gaan pakken. Er wordt in de sector nog steeds veel gekeken naar wat de bestaande concurrenten doen en niet naar eventuele branchevreemde concurrenten (expert meeting Topsector Energie, 2019).

Net als in alle andere sectoren moeten de huidige partijen in de energiesector echter ernstig rekening houden met de toetreding van branchevreemde concurrenten. Waar informatiestromen een grote rol spelen, speelt kennis van informatietechnologie ook een grote rol. Deze kennis kan bij uitstek worden geleverd door partijen die voorheen niet in de energiebranche zaten. Voor de gevestigde energiebedrijven kan de benodigde kennis van informatietechnologie een overweging zijn om samenwerkingen aan te gaan met softwareontwikkelaars rondom bijvoorbeeld de eerdergenoemde energie management systemen. Nieuwe toetreders als Google (Nest smart thermostaat), Tesla (smart storage options) en ENERNOC (smart data energy services) gaan zich mogelijk ontwikkelen als de energie-service-leverancier van de toekomst. Nest (Google) is al druk bezig om de nieuwe energie-service-leverancier te worden. Nest werkt, in samenwerking met Samsung en een aantal andere bedrijven, aan een nieuwe radioprotocol (Thread) voor gebruik in de ‘smart home’. Thread moet het nieuwe standaard communicatieprotocol worden om slimme apparaten via draadloze verbindingen en internet optimaal met elkaar te laten samenwerken. Deze bedrijven zullen hun bestaande klantenbasis gebruiken om slimme energiediensten en -producten aan te bieden en business weggapen bij de bestaande energiebedrijven. Het credo voor de sector zal daarom moeten zijn; aanpassen! (eRisk Group, 2014).

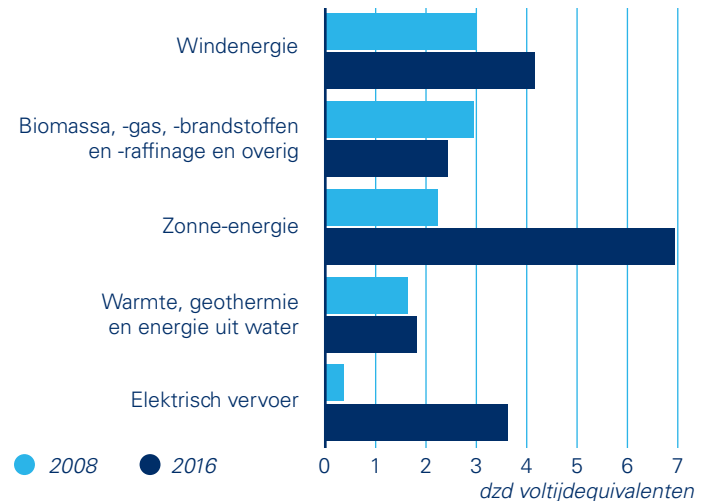
4.2.4 Arbeidsmarkteffecten van digitalisering in de Topsector Energie

Werkgelegenheidseffecten

De energietransitie levert per saldo vooral groei op van werkgelegenheid. De energiesector kampt met een groot en groeiend tekort aan goed opgeleide professionals. Er is met name een aanzienlijk tekort aan onder meer installatietechnici, elektrotechnici, werktuigbouwkundigen en ICT-ers op alle niveaus. Hierbij dient wel een onderscheid te worden gemaakt tussen mensen die nodig zijn voor het aanleggen van de fysieke infrastructuur en mensen die nodig zijn voor ICT-werk. De energietransitie vraagt heel veel graaf- en montagewerk op mbo-niveau en installatiewerk op hbo-niveau, terwijl technologische ontwikkelingen zoals smart grids veel meer diepe ICT kennis en vaardigheden vergt. Voor wat betreft de kwantitatieve en kwalitatieve personeelsbehoefte zijn dit twee verschillende sporen.

Uit de expert meeting Topsector Energie kwam naar voren dat het installatie- en montagewerk en ICT-werk parallel aan elkaar lopen, maar wel in steeds afwisselende snelheden. Het ICT-werk dat voor de energietransitie nodig is vindt niet pas plaats als het installatie- en montagewerk klaar is. Terwijl heel veel infrastructuur de komende jaren nog moet worden aangelegd, zullen er in deze periode nieuwe ontwikkelingen zijn waarvoor ICT relatief snel oplossingen biedt. Een voorbeeld is het aansluiten van steeds meer laadpalen en zonnepanelen op de oude en nieuwe infrastructuur. Deze ontwikkeling is al aan de gang en de verwachting is dat de inzet van ICT voor de koppeling van steeds meer en nieuwe energieopwekkers op de oude en nieuwe infrastructuur er nu in alle hevigheid aan gaat komen (expert meeting Topsector Energie, 2019).

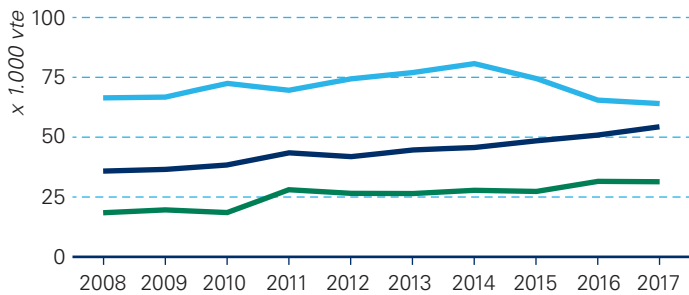
De energiesector heeft veel technische vakmensen nodig voor het montage- en installatiewerk. Daarnaast zijn mensen het harde ICT-skills nodig om bijvoorbeeld de smart grids te programmeren en data te verwaarden, en mensen met bestuurs- en organisatorische kracht om partijen met elkaar te verbinden. Het gaat nu al om duizenden vacatures die niet kunnen worden vervuld en dat aantal groeit snel (Topsector Energie, 2018). De ambities voor een snelle energietransitie kunnen onder druk komen te staan door een tekort aan mensen met de benodigde kennis. Dit brengt de ambities voor het klimaatakkoord in gevaar. Er moet veel meer worden gedaan om mensen op te leiden voor en om te scholen naar beroepen gericht op de energietransitie, stelt de SER in een advies dat een bouwsteen vormt voor het klimaatakkoord (SER, 2018). Ook het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) waarschuwt voor tekorten op de Nederlandse arbeidsmarkt om de verduurzaming tot stand te brengen, evenals installatiekoepel Uneto-VNI (Ensoc, 2019).



Figuur 6. Werkgelegenheid uit investeringen in hernieuwbare energie en elektrisch vervoer (Bron CPB).

Door de vereiste grote investeringen komen er veel meer energie-gerelateerde banen bij dan dat er verdwijnen. Energiebesparing- en hernieuwbare energie gaan vooral in de bouw- en installatiesector banen opleveren. Vooral de installatie van bijvoorbeeld windmolenparken en zonnepanelen gaat veel banen opleveren. Daarnaast is de werkgelegenheid voortkomend uit investeringen in elektrisch vervoer de laatste jaren fors gestegen. Het ging hierbij niet alleen om het neerzetten van bijvoorbeeld laadpalen, maar ook om de ontwikkeling van batterijen, software, aandrijftechniek en maatwerkvoertuigen (zoals bussen en zogenoemde light electric vehicles). Figuur 6 laat zien dat er sinds 2015 zelfs sprake van meer werkgelegenheid door investeringen in hernieuwbare energie en energiebesparing dan door investeringen in conventionele energie (Schoenaker & Notten, 2018).

Figuur 7 laat zien dat de werkgelegenheid in de conventionele energie al een aantal jaar krimpt, terwijl de werkgelegenheid in hernieuwbare energie dus steeds meer banen heeft opgeleverd (CBS, 2018). Baanverlies gaat een rol spelen in kolen- en mogelijk gascentrales (Klimaatakkoord², 2018). De olie- en gassector heeft te maken met sterke bewegingen in de marktprijzen. Bovendien heeft de gassector te maken met teruglopende productie en de oliesector met teruglopende vraag (Van Dril, 2016, p. 12).



Figuur 7. Werkgelegenheid in de energiewinning.

De werkgelegenheidsontwikkeling in de Topsector Energie laat in ieder geval zien dat de werkgelegenheid verschuift vanwege nieuwe technologische ontwikkelingen en dat er een aanzienlijk tekort is aan technisch personeel en ICT-professionals op alle niveaus.

Veranderingen in banen, taken en vaardigheden

De verschuiving van banen van de conventionele naar hernieuwbare energie, betekent ook een verschuiving in de benodigde kennis en vaardigheden. In het rapport 'Kwalitatieve impact van het Energieakkoord op werkgelegenheid' heeft Technopolis Group op basis van documentenanalyse en gesprekken met experts ontwikkelingen en competenties geïdentificeerd voor de looptijd van het Energieakkoord (tot en met 2020). Het rapport maakt daarbij een onderscheid tussen de volgende thema's: fabrieksmatig bouwen, systeemintegratie, energie coaching, ICT, en een 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 (Ligtvoet, et al., 2016, p. 3).

Technopolis Group ziet de volgende ontwikkelingen:

- Een "branchevervaging" in beroepen binnen de energie-sector, vanwege de verknoping van verschillende systemen;
- Gevraagde competentieniveau schuift omhoog, maar er is ook ruimte voor mbo 1 en 2. De additionele eisen van systeeminzicht en -overzicht leiden ertoe dat het gevraagde niveau van werknemers omhoog schuift. Echter, juist door ICT en automatisering wordt er ook ruimte geschapen voor mbo1 en 2-niveau werk aan plug-and-play componenten;
- Voor beroepen die aansluiten op mbo-opleidingen, zoals in beheer en onderhoud, zijn mogelijk minder mensen nodig, maar ze maken wel gebruik van geavanceerdere technologie zoals programmeerbare sensoren en computers; voor niet-technici zullen meer elementen van techniek in werk een belang spelen;
- De wisselwerking tussen werkgelegenheid en de energietransitie, speelt zich af in een situatie die gekenmerkt wordt door organisatorische, technische en economische complexiteit.

Deze ontwikkelingen leiden tot onder andere de volgende benodigde competenties:

- Van technisch personeel wordt meer 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 en wiens software af en toe vernieuwd moet worden, hetgeen ook zijn weerslag heeft op de systeemintegratie;
- Er is meer behoefte aan abstractievermogen en het toepassen van de geleerde kennis in een andere context;
- Meer digitale geletterdheid bij niet-technici;
- Samen kunnen werken aan complexe vraagstukken, binnen een voortdurend veranderende context en veranderende technologie;
- Zelfontwikkeling en actief leren.

In de expert meeting Topsector Energie werden deze ontwikkelingen en benodigde competenties onderschreven. Expliciet benoemd werd de behoefte aan vakspecialisten met diepgaande specialistische werktuigbouwkundige en elektrotechnische kennis die nodig is in de energiesector, zeker op hbo-niveau. Bijzondere aandacht ging in de expert meeting tevens uit naar het punt dat werknemers veel zelfredzamer moeten zijn als het gaat om het aanleren van nieuwe kennis en vaardigheden en het zien van ontwikkelmogelijkheden. Ze moeten zelf ook in beeld hebben hoe hun functie gaat veranderen en wat dit van hen vraagt. Dit kunnen werkgevers helpen ontsluiten, maar in het onderwijs zou hier ook meer aandacht aan moeten worden besteed, met name in het mbo-onderwijs. Het onderwijs zou zelf ook meer digitale technologie in moeten zetten om meer op maatwerk toegespitst onderwijs te kunnen bieden en de zelfredzaamheid te leren ontwikkelen (expert meeting Topsector Energie, 2019).

Inzichten kwantitatieve onderzoek CentERdata

Het kwantitatieve onderzoek van CentERdata geeft de volgende inzichten met betrekking tot de ontwikkeling van de benodigde vaardigheden in de Topsector Energie:

Met betrekking tot digitale vaardigheden:

- In de Topsector Energie neemt de vraag naar digitale, technische en ICT-vaardigheden over de jaren 2012-2017 alleen maar toe. Net als bij de Topsector Chemie zijn ook bij Energie 'big data & analytics' en 'digital transformation' vaardigheden bovengemiddeld belangrijk en is webontwikkeling minder belangrijk;
- In vacatures over de periode 2015-2017 worden 'basis computer vaardigheden het meest gevraagd, gevolgd door resource management software', 'database management, design en query' en 'programmeervaardigheden';
- In vacatures in de periode 2012-2017 stijgt de vraag naar vaardigheden als MATLAB, AI, data analyse en machine learning. De vraag naar SAP en online marketing is juist gedaald.

Met betrekking tot overige vaardigheden:

- in vacatures over de periode 2015-2017 worden 'communicatievaardigheden' het meest gevraagd, gevolgd door 'planning en organisatie', 'self starter' (ondernemerschap?) en 'samenwerking'.

CentERdata geeft in haar onderzoek aan dat het er op lijkt dat de Topsector Energie zeer vooruitstrevend is in de vraag naar digitale, technische en ICT-vaardigheden (Prüfer, et al., 2019, p. 43).

4.2.5 Conclusies Topsector Energie

Hoewel de Topsector Energie zeer vooruitstrevend lijkt in haar vraag naar digitale, technische en ICT-vaardigheden, dreigt een alarmerend tekort aan geschikte mensen met de benodigde kennis en vaardigheden de ICT-gedreven energietransitie ernstig te vertragen. De ambities voor een snelle energietransitie zal hierdoor nog verder onder druk komen te staan. Het gevraagde competentieniveau schuift omhoog, maar er is ook ruimte voor mbo 1 en 2 op de korte en middellange termijn. De energietransitie zorgt voor veel nieuwe banen op alle niveaus en het 'Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren' laat zien dat er binnen de Topsector Energie een stijgende behoefte is aan (nieuwe) digitale kennis en vaardigheden en een aantal specifieke overige vaardigheden. Er dient door werkgevers, het onderwijs en de overheid snel actie te worden ondernomen om in deze stijgende behoefte te voorzien.

"Als wij niet heel snel actie ondernemen, dan leidt dat tekort aan personeel tot een achterstand in het ontwikkelen van innovaties om de energietransitie mogelijk te maken en uiteindelijk tot een stagnerende economie."

Marsha Wagner, programmamanager Human Capital Agenda van Topsector energie (Topsector Energie, 2018)

4.3 Topsector HTSM

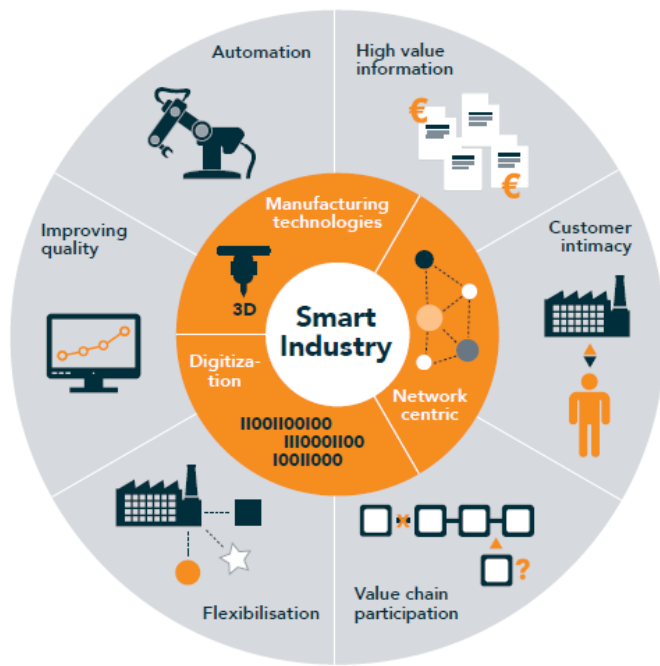
4.3.1 Digitale technologische ontwikkelingen in de Topsector HTSM

Alle vijftien roadmaps binnen de topsector High Tech Systemen en Materialen (HTSM) hebben een ICT-component.⁶ Voor elke HTSM roadmap geldt dat ICT in combinatie met de roadmap specifieke technologieën, impact gaan hebben op organisaties in de topsector HTSM. En voor elk van deze technologie roadmaps zou een aparte human capital roadmap kunnen worden opgesteld met eigen specifieke kwantitatieve en kwalitatieve behoeften aan arbeidskrachten, die het gevolg gaat zijn van deze technologische ontwikkelingen. Ter illustratie van de digitale transformatie binnen de HTSM-sector staat in deze paragraaf de HTSM roadmap Smart Industry centraal, vanwege de potentieel grote impact van Smart Industry op bedrijven en de interactie tussen mens en machine.

Smart Industry

Smart Industry staat voor de verregaande digitalisering van de industrie en wordt gezien als het volgende generatie industriële systeem. Smart Industry wordt gedreven door een slimme inzet van ICT waardoor machines onderling met elkaar verbonden zijn en slim kunnen worden aangestuurd. En niet alleen binnen de fabriek, maar ook tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en klanten. De snelle digitalisering van de industrie vraagt om gerichte veranderingen in bedrijven. Om competitief te blijven zullen bedrijven zich op één of meerdere terreinen moeten transformeren. Smart Industry maakt onderscheid tussen acht belangrijke industrietransformaties (zie figuur 8). Het draait daarbij om een combinatie van de inzet van productietechnologie, digitalisering en een netwerkaanpak. En het gaat om slimme producten, processen en diensten (Smart Industry, 2014).

⁶ Het betreft de volgende vijftien HTSM Roadmaps: Advanced Instrumentation, Aeronautics, Automotive, Components & Circuits, Embedded Systems, Healthcare, Hightech Materials, Lighting, Nanotechnology, Photonics, Printing, Security, Semiconductor Equipment, Smart Industry en ICT.



Figuur 8. Acht Industrietransformaties

Digitale technologieën als IoT, de volgende generatie adaptieve robots, 3D-printing, de verdere integratie van embedded systemen, digital twin-technologie, smart grid-technologie, interfaces tussen mens en machine, cyber fysieke systemen, geavanceerde sensoren, big data en cloud computing. Dit zijn allemaal slechts voorbeelden van de enorme innovatiedrijvende ontwikkelingen in technologieën die gaan zorgen voor ingrijpende veranderingen binnen de Nederlandse maakindustrie en het personeel dat daar binnen werkzaam is (Smart Industry, 2014, p. 9).

In het kader van Smart Industry wordt de volgende driedeling gemaakt:

1. Digitalisering
2. Nieuwe productie technologieën
3. Netwerk centrische benadering van productie

A1) Digitalisering

Ten eerste gebruikt Smart Industry sensoren en hoogwaardige ICT-netwerken om verregaande digitalisering van product- en procesinformatie te realiseren. Deze data kan worden benut door het met analytics efficiënt omzetten naar waardevolle inzichten en stuurinformatie om de bedrijfsvoering te verbeteren en veel effectiever op de klantvraag in te spelen met klant specifieke op maat gemaakte producten en diensten. Bedrijven zullen in toenemende mate nieuwe businessmodellen ontwikkelen waarin dienstverlening rondom het geleverde product centraal staat.

Zo wordt geavanceerde software in producten ingebouwd die de prestaties van het product monitort en bedrijven in staat stelt om op basis van de verzamelde data bijvoorbeeld preventief onderhoud te plegen of advies te geven over het verlengen van de levensduur (Smart Industry, 2014, p. 20). In het verlengde hiervan ligt 'servitization' waarbij niet het product wordt verkocht, maar de oplossing die het product levert of de behoefte die het vervult (de functionaliteit). Een bekend voorbeeld hiervan is Philips Lighting dat geen lampen meer verkoopt, maar licht garandeert. Philips Lighting blijft eigenaar van de lampen en zorgt voor onderhoud, terugname en vernieuwing van de lampen aan het eind van de levensduur. In toenemende mate zullen HTSM-bedrijven in verhouding meer verdienen aan service en onderhoud, dan aan het maken van het product zelf.

Ad2) nieuwe productie technologieën

Een tweede belangrijke pijler onder Smart Industry zijn nieuwe productietechnologieën. Verregaande industriële robotica, 3D printing en printed electronics zijn slechts drie voorbeelden van technologieën die de industrie veranderen. Nieuwe productietechnologieën geven veel vrijheid bij de productie. Het makkelijk kunnen aanpassen van productieprocessen leidt tot een hoge mate van flexibiliteit waardoor productieprocessen veel efficiënter en decentraler kunnen worden ingericht (Smart Industry, 2014, p. 20). Er zijn zelfs scenario's denkbaar waarin klanten de mogelijkheid krijgen in het ontwerpproces of zelfs het productieproces te participeren, doordat ze zelf kunnen inloggen op machines, die machines aansturen en vervolgens nog op dezelfde dag het op hun wensen afgestemde product geleverd krijgen.

Veel deskundigen denken ook dat digital twin technologie de productie fundamenteel gaat veranderen. Een digital twin is een virtueel equivalent van een fysiek object, systeem of processen. Met digital twin technologie kunnen productielijnen gesimuleerd worden en kan testwerk van product- én procesinnovaties volledig digitaal worden uitgevoerd voordat deze richting productie en markt gaan (Link, 2018). Zelfs grote complexe objecten zoals vliegtuigmotoren, treinen, boorplatformen en turbines kunnen als digital twin digitaal ontworpen en getest worden voordat ze daadwerkelijk fysiek worden geproduceerd. Met de explosieve groei van IoT-sensoren kunnen Digital Twin-scenario's ook kleinere en minder complexe objecten betreffen om bijvoorbeeld verschillende resultaten te testen van variabele gegevens in simulatiescenario's. Op deze manier kan worden gekeken hoe een gebeurtenis in de realiteit zou uitpakken.

Tevens kunnen deze digital twins met onderhoud helpen, bijvoorbeeld zodat technici een voorgestelde oplossing kunnen proberen op de virtuele versie voor het wordt uitgerold op het fysieke product (Shaw, 2018).

De combinatie van de verregaande digitalisering en nieuwe productietechnologieën legt de basis voor de autonome fabriek waarin zelflerende machines en systemen autonoom beslissingen nemen.

De volledig autonome fabriek

Stel je eens voor:....

Een fabriek die klanten in staat stelt om zelf te kunnen inloggen op machines, die machines aansturen en vervolgens nog op dezelfde dag het op hun wensen afgestemde product geleverd krijgen.



En een fabriek waarin bijvoorbeeld downtime uiterst zeldzaam is omdat machines sensoren hebben die hun staat monitoren en anticiperen op onderhoud voordat ze stuk gaan.

Een fabriek die volledig autonoom custom-made producten maakt met behulp van 3D-printing technologie

Een fabriek die zelf op basis van realtime data het productieproces fine tuned tot de meest optimale setting.

Volgens Duitse machinebouw professoren, verenigd in het WGP (Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik), is de weg naar een volledig autonome productie, waarin machines zelf beslissen en bijsturen, nog lang. Maar de autonome fabriek zal er komen en de optimalisatie van productiesystemen en processen zal dan niet meer door mensen maar door machines gedaan worden (WPG, 2018).

Ad 3) netwerk centrische benadering van productie

Ten derde veranderen productiesystemen in een netwerk centric production system, waarbij productieapparatuur en mensen zelf over de waardeketen heen aan elkaar worden verbonden. Organisaties zullen in toenemende mate opereren in en fungeren als een netwerk in plaats van als een enkel bedrijf. Dit heeft ook gevolgen voor de organisatie van de waardeketen. In het komende decennium zal een netwerk centrische benadering van productie lineaire productieprocessen vervangen door intelligente en flexibele netwerkbenaderingen. Deze netwerken zullen onderdelen, producten en machines van bedrijven binnen en buiten de waardeketens onderling nauw verbinden. Productie in bestaande waardeketens zal radicaal worden geoptimaliseerd in de netwerk centrische benadering, maar wat nog belangrijker is, het idee van netwerk centrische productie betekent uiteindelijk het einde van de 'waardeketen' en de geboorte van het 'waardennetwerk'. Consumenten en kleine bedrijven zullen co-creëren in een nieuw en complex productiesysteem dat voorheen alleen door grote bedrijven werd bestierd. Deze ontwikkelingen zullen resulteren in nieuwe klantgerichte business modellen, zowel op het niveau van organisaties als tussen geheel nieuwe waardeclusters. In dit nieuwe ecosysteem zullen nieuwe soorten banen ontstaan, waardoor de vraag naar nieuwe vaardigheden zal toenemen (Smart Industry, 2014).

“Het is mijn overtuiging dat hele industriële landschap gaat veranderen. Economies is scale is iets uit de vorige revolutie. We gaan naar kleinere flexibele fabrieken die in niches met hoge complexiteit, kleine series produceren in een flexibel regionaal ecosysteem. Dit kan alleen met veel digitale systemen en daarvoor heb je mensen nodig met kennis van deze systemen, maar ook van de processen waarin ze worden ingepast en de producten en diensten die ze voortbrengen. Je hebt daar ook de handjes in de uitvoering voor nodig.

Wij gaan naar een vorm van industrie waarvoor het extra noodzakelijk is dat een grote groep mensen met dit soort digitale systemen kan werken. We hebben daarvoor niet alleen meer ICT'ers nodig in de industrie, maar vooral meer mensen die ICT begrijpen.”

Prof Dr Ir Egbert-Jan Sol, (TNO en Radboud Universiteit), programmadirecteur Smart Industry, een actieprogramma van FME, KvK, Min EZ, Nederland-ICT en TNO.

Smart Industry is van groot belang voor de Nederlandse economie en het biedt het Nederlandse bedrijfsleven grote kansen om competitief te blijven in een toenemende mondiale concurrentiestrijd. De digitalisering van de industrie is onontkoombaar en ICT is op dit moment de belangrijkste driver voor productiviteitsgroei. Voor bedrijven is niet-meedoen dan ook geen optie. Toch blijkt dat het aantal bedrijven in Nederland dat gebruik maakt van Smart Industry nog beperkt is. Uit de Arbeidsmarktmonitor 2017 van A+O Metalektro geeft slechts 30 procent van de bevroegde 131 bedrijven aan gebruik te maken van één of meerdere Smart Industry productietechnologieën. Onder grote bedrijven werd significant meer gebruik gemaakt van Smart Industry dan in het mkb (Dijksman, Gerards, De Grip, Peeters, Van Eldert & Veth, 2018, p. 79). Meer bedrijven zullen daarom de ambitie moeten hebben om met Smart Industry voorop te lopen en hun digitalisering te versnellen.

4.3.3 Arbeidsmarkteffecten van digitalisering in de Topsector HTSM

Werkgelegenheidseffecten

Net als bij de arbeidsmarktbrede ontwikkelingen geldt ook in de topsector HTSM dat het erg moeilijk is te voorspellen wat het werkgelegenheidssaldo gaat zijn als gevolg van digitale technologische ontwikkelingen. Hoewel digitalisering, robotisering en automatisering aanvankelijk zou kunnen leiden tot een vermindering van banen, is een algehele vermindering van de werkgelegenheid niet zo zeker. Het ING Economisch Bureau stelt dat de technologische industrie ook op langere termijn zelfs de groeimotor van de Nederlandse economie kan zijn. Hiervoor is onder andere nodig dat de sector digitalisering benut om te groeien en hiervoor zijn tot 2030 120.000 nieuwe medewerkers nodig; 70.000 vervanging en 50.000 uitbreiding (Witteveen, 2017).

Volgens een analyse van de programmadirecteur Smart Industry⁷ zullen er gedurende twintig jaar op de Nederlandse arbeidsmarkt per jaar schommelend rond de 50.000 werknemers meer uitstromen dan er bij komen. Dan zijn er over twintig jaar, arbeidsmarkt breed, één miljoen minder werknemers. Dit betekent dat wij in Nederland met de (krimpende) beroepsbevolking meer moeten doen met minder. In zijn analyse komt de programmadirecteur uit op een verdubbeling van de productiviteit van alle banen in twintig jaar tijd. Deze verdubbeling van de productiviteit kan alleen behaald worden door de inzet van slimme technologie en dit betekent dat de mensen intensiever dan ooit moeten worden bijgeschoold. Zeker wanneer het gaat om bestaande medewerkers van boven de 35 jaar die de digitale kennis en vaardigheden niet in hun opleiding hebben meegereggen (Sol, 2018).

Wat wel zeker is, is dat de structuur van de werkgelegenheid en de vraag naar het type werknemer in de Nederlandse industrie zullen veranderen. Nederlandse rapporten over Smart Industry voorspellen dat in veel maakindustrie sectoren sprake zal zijn van een toenemende vraag naar data specialisten, ICT-specialisten en specifieke netwerkspecialisten, zowel in het onderwijs als in de bedrijven. Want zelfs al zijn 3D-printers wel beschikbaar, iemand zal het product nog steeds moeten ontwerpen (Grass & Weber, 2016, p. 80). Preventief onderhoud zal leiden tot een stijging van banen gerelateerd aan systeem ontwerp, IT en data science. Productielijn simulatie (digital twin) zal de vraag naar industriële ontwerpers en simulatie experts doen stijgen. 3D-printing zal banen creëren op het gebied van 3D-computer-aided design en 3D modellering op de R&D en engineering afdeling, terwijl banen in assemblage verdwijnen (Smart Industry, 2017).

Veranderingen in banen, taken en vaardigheden

In het onderzoek 'Werken in de nieuwe industriële revolutie' is nader geconcretiseerd hoe werk in de technische sector volgens (percepties van) 236 werkgevers verandert door technologische ontwikkelingen en welke gevolgen dit heeft voor de competenties (kennis, vaardigheden en houding) van technici (Corporaal, Vos, Van Riemsdijk, & De Vries, 2018, p. 21).

⁷ Prof Dr Ir Egbert-Jan Sol, (TNO en Radboud Universiteit), programmadirecteur Smart Industry, een actieprogramma van FME, KvK, Min EZ, Nederland-ICT en TNO.

Het onderzoek bevestigt de constatering dat werken in de technische sector wordt gekenmerkt door drie belangrijke hoofddimensies zoals omschreven door Levy en Murmane (2015): (1) het kunnen omgaan en oplossen van ongestructureerde problemen; (2) het slim kunnen vinden, interpreteren en gebruiken van informatie voor het oplossen van ongestructureerde data en het verbeteren van producten/diensten en (3) het uitvoeren van niet-routinematig werk dat zich nauwelijks laat programmeren door machines. Het onderzoek voegt daar nog een belangrijke vierde en vijfde dimensie aan toe: (4) het kunnen functioneren in steeds wisselende – en veranderde, onvoorspelbare – werkomgevingen of projecten, en (5) het kunnen complementeren van of samenwerken met zich verder ontwikkelende technologie, zoals augmented reality en geavanceerde machines (Corporaal, et al., 2018). Het werk in de techniek wordt, gezien deze vijf veranderingen, zeer complex en vereist medewerkers die zichzelf continu blijven ontwikkelen. Naast de technische vaardigheden, worden dus ook de soft skills zoals samenwerking steeds belangrijker.

BCG heeft in 2015 in Duitsland een studie gedaan naar de transformatie van werk in 40 functiegroepen in 23 maakindustrie sectoren in 2025, als gevolg van de toepassing van digitale industriële technologieën (in Duitsland Industrie 4.0 genoemd). De conclusie van dit onderzoek was dat er in Duitsland in 2025 meer banen bij zijn gekomen in IT en data science dan er in de assemblage en productie zijn verdwenen, maar dat werknemers significant andere vaardigheden nodig hebben.

BCG ziet ook een nieuw type functie of rol in de smart factory: de industriële data scientist. Deze specialisten zullen gegevens extraheren en voorbereiden, geavanceerde analyses uitvoeren en hun bevindingen toepassen om producten of productie te verbeteren. De industriële data scientist moet zowel productieprocessen als IT-systemen begrijpen en over sterke root-cause analysis skills beschikken om correlaties te identificeren en conclusies te trekken. Er zijn programmeerkennis en -vaardigheden vereist, waaronder mogelijkheden om zowel statistische programmeertalen (zoals R), als algemene programmeertalen (zoals Python) te gebruiken. Individuen in deze functie hebben de flexibiliteit nodig om continu onderwerpen aan te pakken, te reageren op specifieke verzoeken, en om op locatie of op afstand te kunnen werken (Lorenz, Rüßmann, Strack, Lueth & Bolle, 2015).

Inzichten kwantitatieve onderzoek CentERdata

Het kwantitatieve onderzoek van CentERdata geeft de volgende inzichten met betrekking tot de ontwikkeling van de benodigde vaardigheden in de Topsector HTSM:

Met betrekking tot digitale vaardigheden:

- het ontwikkelen, produceren en uitgeven van software wordt officieel tot deze Topsector gerekend. De onderzoekers zien de vraag naar digitale, technische en ICT-vaardigheden in deze sectoren toenemen in de periode 2012-2016. De onderzoekers zien een kleine daling in de vraag naar deze vaardigheden in de periode tussen 2016 en 2017. Volgens de onderzoekers is deze daling te verklaren door een (flinke) piek in 2016 en de mogelijkheid dat door de toenemende digitalisering veel gebruikte software als Word en Excel in de vacature teksten niet meer specifiek benoemd worden (Prüfer, et al., 2019, pp 43 en 18).
- in vacatures over de periode 2015-2017 worden 'programmeervaardigheden' het meest gevraagd, gevolgd door 'basis computervaardigheden', 'resource management software' en 'database management, design en query'.
- in de topsector HTSM zien de onderzoekers ook machine learning, MATLAB, test automation en SAP stijgen. Server vaardigheden worden minder gevraagd.

Met betrekking tot overige vaardigheden:

- in vacatures over de periode 2015-2017 worden 'communicatievaardigheden' het meest gevraagd, gevolgd door 'planning en organisatie', 'self starter' en 'samenwerking'.
- probleemoplossend vermogen is volgens de onderzoekers beduidend belangrijker in de Topsector HTSM dan in het algemeen, waartegen Service Orientation beduidend minder belangrijk is.

De mens behoudt zijn rol in de autonome digitale fabriek van de toekomst

Nederlandse en Duitse hoogleraren verwachten dat in een zelflerende fabriek, waarin machines en systemen autonoom beslissingen nemen, nog steeds medewerkers nodig zijn:

- Zelflerende productiesystemen moeten door vakmensen bij het leren begeleid worden. Hiervoor zijn hoogopgeleide mensen nodig die kennis van de processen in de industrie hebben. Daardoor zijn medewerkers zelfs in ver doorgevoerde automatisering in staat om het proces te volgen en in te grijpen.
- Arbeid zit ook in het bedenken, testen en simuleren van oplossingen voor slimme productiemethoden.
- Er zijn altijd (teams van) mensen nodig om beslissingen te nemen rond het (wel of niet) uitvoeren van een opdracht.
- Door de beschikbaarheid van data ontstaan geheel nieuwe verdienmodellen. Hiervoor zijn medewerkers met nieuwe kwalificatieprofielen nodig (WGP, 2018).
- Verder blijven goede vakmensen en ingenieurs nodig voor de installatie en het op afstand bewaken van de productiesystemen (WGP, 2017).

De mens blijft dus altijd een rol behouden in het tijdperk van de Smart Industry. Op de industriële werkplek in de autonome productie in 2025 gaat het om de verbinding tussen mensen met zelflerende systemen in de fabriek. Volgens hoogleraar Jacques Scherpen⁸ zal de fabriek van de toekomst niet alleen werk bieden aan hoogopgeleiden, maar net zo goed aan mensen die lager geschoold zijn. Operators blijven nodig, op allerlei gebieden. Volgens Scherpen zal het werk waarschijnlijk niet verdwijnen, maar veranderen en werknemers zullen daarom flexibeler moeten zijn (mijn zakengids, z.d.).

4.3.4 Conclusies Topsector HTSM

Smart Industry is van groot belang voor de Nederlandse economie en het biedt het Nederlandse bedrijfsleven grote kansen om competitief te blijven in een toenemende mondiale concurrentiestrijd. De digitalisering van de industrie is onontkoombaar en ICT is op dit moment de belangrijkste driver voor productiviteitsgroei. Voor bedrijven is niet meedoen dan ook geen optie. Toch blijkt dat het aantal bedrijven, met name het MKB, dat gebruik maakt van Smart Industry nog beperkt is. Een van de speerpunten van de Smart Industry Agenda is dat de digitalisering van Nederlandse bedrijven moet worden versneld. Uit kwantitatief onderzoek van CentERdata blijkt dat er wel sprake is van een toename in de vraag naar digitale, technische en ICT-vaardigheden, maar het is de vraag of dit gelijke tred houdt met de noodzakelijke versnelling. Uit alle aangehaalde onderzoeken blijkt ook dat het werk complexer wordt en meer vraagt van werknemers op het gebied van digitale en overige (soft skills) vaardigheden. Dit betekent dat mensen intensiever dan ooit deze vaardigheden zullen moeten aanleren. Zeker wanneer het gaat om de miljoenen bestaande werknemers van boven de 35 jaar die de digitale kennis en vaardigheden niet in hun opleiding hebben meegekregen.

Volgens de experts in de expert meeting Topsector HTSM staan we als maatschappij voor de uitdaging het opleiden van mensen opnieuw te definiëren en zo te ontwerpen dat we duurzaam in staat zijn om mee te bewegen met de snelheid van technologische vooruitgang en de kennis en vaardigheden die deze vooruitgang vraagt. Er moet een opleidingsinfrastructuur komen die integraal voorziet in het opleiden van scholieren, studenten én werknemers. Om dit te kunnen realiseren moet de school meer 'naar buiten' en de omgeving van de school meer 'naar binnen'. Volgens de visie van FME moeten wij in Nederland naar één geïntegreerd open leersysteem, waarin leren en werken via gezamenlijke regionale platforms vloeiend in elkaar overlopen. Een leersysteem waarin de strikte scheiding tussen school en werk, en tussen bekostigd onderwijs en private trainingen wegvalt. Hiervoor is een lange termijn visie en sturing vanuit de overheid nodig. De primaire verantwoordelijkheid voor een leven lang ontwikkelen ligt nu alleen bij werkgevers en werknemers. Echter, de talloze centrale, decentrale en gefragmenteerde initiatieven op macro, meso en micro niveau in de samenwerking tussen onderwijs en bedrijfsleven de afgelopen decennia, laten zien dat dit slechts op beperkte schaal werkt. De overheid moet de regie nemen om het onderwijs mede geschikt te maken voor de scholing van werknemers, en op termijn, voor het leven lang leren voor alle burgers (expert meeting Topsector HTSM, 2019).

8 Hoogleraar Discrete Technologie en Productie Automatisering aan de RUG werd. Sinds januari 2013 is zij directeur van ENTEG (Engineering and Technology Institute Groningen).

4.4 Topsector Chemie

De Topsector Chemie heeft tot doel om aan oplossingen te werken voor grote maatschappelijke uitdagingen op het gebied van klimaat en grondstoffen, gezondheid, voeding, energie en transport. De Topsector Chemie ziet veel mogelijkheden om samen te werken met de andere topsectoren, omdat meeste uitdagingen meerdere disciplines bestrijken. Zo zien de topsectoren Chemie, Energie en HTSM kansen om gezamenlijk een bijdrage te leveren aan de maatschappelijke uitdagingen rondom de energietransitie en de circulaire economie, alsmede om nieuwe producten en diensten te ontwikkelen die bijdragen aan het verdienvermogen van Nederland (dutch digital delta, 2017).

4.4.1 Digitale technologische ontwikkelingen in de Topsector Chemie

Chemie is overal. De chemische industrie een essentiële leverancier voor talloze andere industrieën. De manier waarop deze industrieën door digitale technologie worden veranderd vertaalt zich in kansen en uitdagingen voor chemische bedrijven. Dus de digitale ontwikkelingen die zijn beschreven bij de topsector Energie en HTSM hebben in sterke mate ook betrekking op bedrijven in de chemiesector. Zo heeft Smart Industry ook betrekking op de chemiesector.

De verwachting van de sector experts in de eerste plenaire visie sessie is dat IoT en In silico research, tot 2025, op chemiebedrijven de meeste impact zullen hebben. Na 2025 komen daar nog de technologische ontwikkelingen bij op het gebied van cybersecurity, AI en kwantum computing.

In de visie van EY zal de digitale revolutie in de chemische sector zorgen voor het uiteenvallen van de traditionele sectorstructuren. In de plaats van deze traditionele structuren komen ecosystemen en nieuwe businessmodellen. Ondanks de gangbare overtuiging dat de omvang van activa, schaalvoordelen en synergiën in de chemische sector de sleutel tot succes zijn, gelooft EY niet dat deze in de toekomst stand houdt. Zij geloven dat het in de nieuwe ecosysteemwereld essentieel zal zijn hoe een bedrijf zijn rol vervult in het ecosysteem. Chemiebedrijven zullen zich snel moeten kunnen aanpassen aan veranderingen en het nieuwe marktdenken, zodat zij in staat zijn de nieuwste ontwikkelingen te volgen of zelfs te leiden (EY, vision 2025). EY illustreert de werking van zo'n ecosysteem aan de hand het voorbeeld Smart Health (zie kader).

Voorbeeld van een (toekomstig) ecosysteem: Smart health

In een dergelijk ecosysteem kunnen ziekenhuizen, artsen, ziektekostenverzekeraars, farmaceutische bedrijven, fitness bedrijven, en voedsel- en voedingschemicaliën producenten, samen één waardepropositie bieden: gezond leven. Het gezamenlijke doel van de partijen in dit ecosysteem is een gezond leven van de consumenten, en hierin levert iedere partij haar bijdrage. Voedingschemicaliën bedrijven kunnen op de persoon toegesneden supplementen leveren op basis van de nieuwste medische testresultaten en de data over persoonlijke activiteit en stress (die kan worden geleverd door fitness wearables) om het lichaam optimaal te ondersteunen. Dit kan zelfs de verzekeringskosten van de consument beïnvloeden. Nu al zien we hier voorbeelden van: de Italiaanse ziekteverzekeringsmaatschappij Generali biedt beleid dat verband houdt met wearables, en consumenten kunnen profiteren van een actief leven. Fitness wearables (bijv. FitBit) die al verbonden zijn met de voedingswereld om de calorie-inname en het verbruik beter te balanceren (bijv. MyFitnessPal) bieden de consument actieve controle over hun metabolische leven (EY, vision 2025).

Volgens McKinsey gaan digitale technologische ontwikkelingen de chemische industrie op drie manieren beïnvloeden. Allereerst doordat digitale technologieën het op grote schaal verzamelen en analyseren van data mogelijk maken, teneinde de bedrijfsprocessen te verbeteren. Ten tweede zal digitale technologie sommige, zo niet de meeste, waardeketens en eindmarkten die chemische producenten bedienen veranderen. Dit zou op zijn beurt kunnen leiden tot verschuivingen in het vraagpatroon met implicaties voor de waardeketens van de chemische industrie. Als voorbeeld neemt McKinsey de digitale ontwikkelingen in de landbouw (zie kader). Ten derde zullen digitale technologische ontwikkelingen de manier waarop chemische bedrijven waarde creëren voor klanten veranderen. Waarde creatie vindt vooral plaats middels data- en analyse-geleide servicemodellen. De toepassing van deze servicemodellen is wel zeer sterk afhankelijk van het segment waarin een chemiebedrijf opereert. Zo zou een chemiebedrijf in gewasbeschermingsproducten de kennis van haar product en data van bijvoorbeeld groeipatronen kunnen combineren, om vervolgens met de boer een verdienmodel af te spreken dat is gebaseerd op de meeropbrengst van de oogst (Klei, Moder, Stockdale, Weihe & Winkler, 2017).

De impact van precisielandbouw op de vraag naar landbouwchemicaliën

Digitale ontwikkelingen in de landbouw, zoals precisielandbouw, kunnen ook de vraag naar chemicaliën beïnvloeden. Bedrijven die apparatuur en diensten verkopen voor het toepassen van gewas beschermende chemicaliën en gewasvoedingsstoffen, combineren analyse, navigatie, satellietbeelden, computervisie en machine learning om een aanpak te ontwikkelen die de toepassing van pesticiden en kunstmest mogelijk maakt op segmenten van velden zo klein als een vierkante meter of zelfs individuele planten. Als hun inspanningen succesvol zijn, kan de vraag naar landbouwchemicaliën aanzienlijk worden verminderd (Klei, Moder, Stockdale, Weihe & Winkler, 2017).

Volgens Forbes zet de drang om nieuwe bedrijfsmodellen te verkennen bedrijven aan tot verder kijken dan hun traditionele waardeketens en te gaan concurreren als complete ecosystemen. Dergelijke ecosystemen worden momenteel opgezet rond chemische segmenten zoals precisielandbouw en circulaire economie. De verwachting is dat steeds meer bedrijven in de chemie zich gaan positioneren om bedrijfsresultaten te verkopen in plaats van producten (Guertzen, 2018).

Een ander digitaal gebied dat mogelijkheden biedt voor de vraag naar chemicaliën is 3D-printen. De markt voor polymeren en chemicaliën die worden gebruikt in additieve productie groeit met 30 procent per jaar en zal stijgen van \$ 0,7 miljard in 2015 naar \$ 2,5 miljard in 2020. Het is mogelijk dat de markt evolueert naar op maat gemaakte polymeren en chemicaliën voor verschillende additieve productiesystemen, wat innovatie en commerciële kansen zou kunnen bieden aan bedrijven die fotopolymeren, hoogwaardige thermoplasten en andere chemicaliën produceren die in deze processen worden gebruikt (Klei, Moder, Stockdale, Weihe & Winkler, 2017).

Digitale technologieën maken het voor de chemische industrie ook makkelijker om in te spelen op de trend van de toenemende vraag naar functionele materialen met klantspecifieke eisen. Dit leidt tot een verschuiving, weg van de huidige focus op bulkproductie. Met behulp van digitale technologieën kunnen fabrikanten een computermodel maken van de benodigde chemische eigenschappen, die vervolgens naar de fabriek worden gestuurd. De inzet van micro-reactoren biedt de mogelijkheid om de flexibiliteit in productie te vergroten door slechts een deel van de productiecapaciteit te benutten, zodat niet de gehele productielijn hoeft te worden ingeschakeld.

Met digitale technologieën die schaalbaar en commercieel haalbaar worden kunnen bedrijven ook concepten realiseren zoals 'lights-out' productiefaciliteiten en "touchless order fulfilment." Bovendien creëert de implementatie van Smart Industries in andere sectoren kansen in de chemische industrie door bijvoorbeeld recycling in een circulaire economie en nieuwe materialen voor 3D-printen (Smart Industry, 2017, p. 45).

Het is de vraag in hoeverre bedrijven in de Nederlandse chemiesector de mogelijkheden van digitale technologieën ook ten volle benutten. De grote langetermijninvesteringen en de hoge kosten voor het afbouwen van oude productie bemoeilijken veranderingen in de chemische sector. Micro-reactoren worden slechts marginaal ingezet en fabrieken in Duitsland en het Verenigd Koninkrijk lopen voorop in computationele technologieën (Smart Industry, 2017, p. 45).

Bevindingen uit een studie van de Antwerp Management School over de toekomst van werk in de Vlaamse sectoren Chemie, Kunststoffen en Life Sciences, zouden evengoed kunnen gelden voor de Nederlandse chemiesector. Eén van de bevindingen is dat Industrie 4.0 op dit moment al duidelijk voelbaar is in de sector, maar dat heel wat bedrijven zich afwachtend opstellen. Dit heeft onder andere te maken met de geleidelijkheid waarmee Industrie 4.0 binnen sijpelt in ondernemingen gezien de omvang van investeringen die er vaak mee gepaard gaan. Bij een beslissing om te gaan digitaliseren, automatiseren of robotiseren moet er steeds een business case gemaakt worden. Daarin spelen naast technische haalbaarheid ook andere factoren mee zoals de kosten-batenanalyse, de investeringskosten en de effectiviteit van de huidige installaties. Het gaat veelal om incrementele veranderingen en niet om disruptieve veranderingen (De Vos & Gielens, 2016, p. 30).

4.4.2 Arbeidsmarkteffecten van digitalisering in de Topsector Chemie

Werkgelegenheidseffecten

De chemiesector krijgt de komende jaren te maken met een fors tekort aan werknemers. In de periode tot 2030 gaat 30% van de medewerkers in de chemie met pensioen. In 2037 is dat zelfs 50% (Janse, 2018, p. 30). Een belangrijke oorzaak voor de verwachte tekorten in de vier onderzochte chemiesectoren (olie & petrochemie, chemie & verf, farmacie en rubber & kunststof) is dat mensen die chemie studeren op mbo, hbo, wo) meestal buiten de sector aan de slag gaan (Janse, 2018, p. 30).

Digitalisering kan de chemiesector mogelijk helpen om de problemen van dit werknemerstekort het hoofd te bieden (Janse, 2018, p. 32). Digitalisering verhoogt de arbeidsproductiviteit, waardoor minder mensen nodig zijn voor dezelfde hoeveelheid productie. De toepassing van meer digitale technologieën betekent dat de ICT-component binnen banen stijgt en dat werkgevers een groter beroep zullen doen op de digitale kennis en vaardigheden van bestaande medewerkers. Dit geldt zeker in een arbeidsmarkt waarin het aantrekken van nieuwe medewerkers met de juiste digitale kennis en kunde zeer lastig is.

Veranderingen in banen, taken en vaardigheden

Het eerder genoemde onderzoek van de Antwerp Management School geeft een interessant inzicht in de wijze waarop zij verwachten dat functies kwalitatief gaan veranderen. In het onderzoek ligt de focus op vier sleutelrollen binnen de sector:

1. (proces)operator
2. onderhoudstechnicus
3. (productie-)ingenieur
4. onderzoeker

Voor al deze vier bestudeerde sleutelrollen zien de onderzoekers dat digitalisering, automatisering en robotisering werknemers in deze functies niet massaal overbodig maken, maar hen helpen om efficiënter te werken.

Voor de operator houdt dit in dat het handmatig ingrijpen op de machine verschuift naar het werken met interfaces. Tevens vindt er een verschuiving plaats van repetitieve handelingen naar probleemanalyses. De vraag naar meer flexibiliteit zorgt er bovendien voor dat operatoren breder inzetbaar worden. Er wordt ook meer verantwoordelijkheid doorgeschoven waardoor operatoren meer aangesproken zullen worden op het eindresultaat.

Operator 4.0

De operator werkt vandaag via interfaces en ziet dus niet meer rechtstreeks wat er gebeurt. Deze technologische evolutie zorgt ervoor dat de operator meer monitoring en controletaken krijgt. Hij moet eerst zelf een aantal checks uitvoeren vooraleer hij de productiemanager inschakelt. Het parameterdenken is immers in opmars. Wanneer er veel gemeten wordt, is het van belang dat de operator meer probleemanalyses doet om zelf de bijsturing te doen indien nodig. De operator 4.0 moet met andere woorden meer denken en minder puur uitvoeren (De Vos en Gielens, 2016, p. 14).

De functies van onderhoudstechnicus en onderzoeker veranderen eveneens inhoudelijk, met name door de invloed van big data. Voor de onderhoudstechnicus betekent dit dat hij meer aan voorspellend en preventief onderhoud gaat doen. Door digitale technologische toepassingen kan de onderzoeker meer en sneller data verzamelen en analyseren. Hierdoor kan de onderzoeker de doorlooptijd van zijn werk aanzienlijk verkorten en veel efficiënter werken. Bovendien is er ook een tendens tot meer samenwerking over de grenzen van disciplines, regio's en organisaties heen. Onderzoekers werken meer in teamverband, vaak gaat het om virtuele teams waarbij onderzoeksgroepen verspreid zitten over de hele wereld en via digitale platformen met elkaar communiceren (De Vos & Gielens, 2016, p. 14).

Voor alle rollen geldt dus dat de werknemers moeten beschikken over bepaalde digitale kennis en vaardigheden voor het uitvoeren van hun veranderende taken. Digitale kennis en vaardigheden zijn onontbeerlijk om te kunnen voldoen aan het profiel van de chemicus van de toekomst (zie kader).

Profiel van de chemicus van de toekomst: "Chemicus 4.0: veelzijdig en excellenT" (De Vreede, 2016)

Chemicus 4.0

- Participeert actief in (Smart Chemical) Industry 4.0
- Werkt aan streefbeeld 2030 en duurzame groei van de sector

Veelzijdig

- Kan terecht in industrie, wetenschap, onderwijs
- Is in de industrie werkzaam binnen de (Topsector)chemie (5-20%), maar ook bij de gebruikers van chemische producten (Energie, Water, HTSM, AF, LS&H..) en zelfs daar buiten (ca 30%)

ExcellenT

- Is world class in zijn vak
- 'T-shaped' professional: goed in zijn vak, goed in 21st century skills.
- Blijft dit ook gedurende zijn loopbaan

Om het ware potentieel van innovatieve nieuwe technologieën en business modellen te benutten voor de chemische sector hebben bedrijven behoefte aan een gekwalificeerd personeelsbestand. Een personeelsbestand waarin de operator 4.0 en de chemicus 4.0 zijn vertegenwoordigd en waarin mensen met gespecialiseerde digitale kennis en vaardigheden zoals de data engineer, worden gekoppeld aan experts op het gebied van bedrijfs- en procesdomeinen.

Inzichten kwantitatieve onderzoek CentERdata

Het kwantitatieve onderzoek van CentERdata geeft de volgende inzichten met betrekking tot de ontwikkeling van de benodigde vaardigheden in de Topsector Chemie:

Met betrekking tot digitale vaardigheden:

- In deze topsector neemt de fractie vacatures waarin digitale, technische en ICT-vaardigheden gevraagd worden, toe in de periode 2012-2016. De onderzoekers zien een kleine daling in de vraag naar deze vaardigheden in de periode tussen 2016 en 2017. Volgens de onderzoekers is deze daling te verklaren door een (flinke) piek in 2016 en de mogelijkheid dat door de toenemende digitalisering veel gebruikte software als Word en Excel in de vacature teksten niet meer specifiek benoemd worden (Prüfer, et al., 2019, pp 43 en 18);
- Opvallend is dat in deze sector vaardigheden omtrent computer-aided design juist veel gevraagd worden en ook 'big data and analytics' en 'digital transformation' vaardigheden (iets) meer. Vaardigheden op het gebied van webontwikkeling zijn juist minder belangrijk voor de Topsector Chemie;
- In vacatures over de periode 2015-2017 worden 'basis computer vaardigheden' het meest gevraagd, gevolgd door 'resource management software', 'computer aided design' en database management, design en query';
- In vacatures in de periode 2012-2017 in de sector Chemie is de opvallendste stijger SAP. Ook komt daar SCADA naar voren als daler.

Met betrekking tot overige vaardigheden:

- In vacatures over de periode 2015-2017 worden 'communicatievaardigheden' het meest gevraagd, gevolgd door 'planning en organisatie', 'samenwerking' en 'self-starter';
- De onderzoekers zien enkele bijzonderheden met betrekking tot de overige vaardigheden voor de Topsector Chemie. Zo staan vaardigheden zoals samenwerken en leiderschap (beduidend) hoger dan algemeen. Daarentegen zijn self-starter vaardigheden en service orientation beduidend minder belangrijk.

4.4.3 Conclusies Topsector Chemie

Door de digitale technologische veranderingen staan de traditionele waardeketens in de chemiesector onder druk. Digitale ontwikkelingen, zoals IoT en big data, kunnen de vraag op eindmarkten veranderen, maar maken het voor chemiebedrijven tevens mogelijk om bedrijfsprocessen te optimaliseren en nieuwe productie- en business modellen te ontwikkelen. De digitale technologische ontwikkelingen vormen voor bedrijven in de chemiesector dus zowel een bedreiging als een kans. In beide gevallen geldt dat chemiebedrijven mee moeten met de digitale technologische ontwikkelingen en de mogelijkheden van digitale technologieën in hun processen en business modellen ten volste moeten benutten. Verschillende factoren zoals de grote langetermijninvesteringen en de hoge kosten voor het afbouwen van oude productie bemoeilijken veranderingen in de chemische sector. Hoewel digitale technologieën ook binnen de chemiesector een nadrukkelijker rol gaan spelen, zal dit veelal geleidelijk gaan en zorgen voor incrementele in plaats van om disruptieve veranderingen.

Het benutten van het ware potentieel van innovatieve nieuwe technologieën en business modellen in de chemische sector vergt leiderschap en voldoende werknemers die beschikken over de juiste kennis en kunde. De uitdaging waar de chemiesector de komende jaren voor staat is het vervangen van de grote aantallen werknemers die uitstromen als gevolg van het behalen van de pensioengerechtigde leeftijd. Digitalisering, robotisering en automatisering kunnen hiervoor een oplossing bieden, maar de daadwerkelijke implementatie daarvan vergt ook een digitale mindset van leidinggevend.

4.5 Topsector LS&H, onderdeel Health (gezondheids- en zorgsector)

De gezondheids- en zorgsector bestaat uit een substantieel aantal disciplines, zoals ziekenhuiszorg, geestelijke gezondheidszorg, gehandicaptenzorg, publieke gezondheidszorg, eerstelijnszorg, ouderenzorg, maatschappelijke ondersteuning (Wmo) en jeugdzorg. Het bevorderen van een gezonde leefomgeving, een gezonde leefstijl en het leveren van goede zorg en passende ondersteuning bij ziekte staan centraal. Uitgangspunt hierbij is het bieden wat mensen nodig hebben om zo lang mogelijk en zo goed en zelfstandig mogelijk mee te doen in de samenleving. De mogelijkheden van technologische vernieuwing moeten hierbij optimaal worden benut.

4.5.1 Digitale technologische ontwikkelingen in de sector Health

De impact van onder andere technologische ontwikkelingen op deze sector komt veelvuldig aan de orde in diverse onderzoeken en publicaties van gezaghebbende instanties en de overheid, over de toekomstige vraag naar zorg. Technologie heeft een cruciale rol in de zorgvernieuwing. Digitaal- en medisch-technologische innovaties hebben steeds meer impact en doorbreken de traditionele grenzen tussen wetenschapsdomeinen en economische sectoren.

De innovaties worden enerzijds gedreven door de sterke stijging van de complexe zorgvraag als gevolg van een sterk vergrijzende samenleving waarin steeds meer ouderen langer leven (market pull). Het aandeel 65-plussers ligt in de toekomst (26 procent rond 2040) beduidend hoger dan nu (19 procent). Momenteel zijn 3,2 miljoen inwoners 65 jaar of ouder. In 2040 zal dit aantal zijn toegenomen tot 4,8 miljoen. Er zijn inschattingen dat voor een derde van de bevolking professionele zorg op het spel staat in 2025 (Stoeldraijer, Van Duin & Huisman, 2017, p. 5).

Voor het behoud van de kwaliteit van het leven en beheersbare zorgkosten in een vergrijzende samenleving zijn zorg op afstand, persoonsgerichte zorg, preventie van zorg en zelfmanagement van toenemend belang. Dit betekent een paradigmaverschuiving, waarin de zorg van de traditionele zorgaanbieders verschuift naar de mensen zelf, hun mantelzorgers en extramurale gespecialiseerde aanbieders. ICT-gedreven technologieën spelen een cruciale rol in het mogelijk maken van deze paradigmaverschuiving. Dit betekent ook een herschikking van taken en verantwoordelijkheden en nieuwe functies, waardoor andere vaardigheden en kennis wordt gevraagd op de arbeidsmarkt.

Eigen regie door positieve gezondheid

Een betekenisvol leven leiden en veerkracht zijn uitgangspunten van positieve gezondheid. Positieve gezondheid is het vermogen om zich aan te passen en een eigen regie te voeren, in het licht van de fysieke, emotionele en sociale uitdagingen van het leven. Machteld Huber, van oorsprong huisarts en oprichter van het Institute for Positive Health, is de grondlegger van dit gedachtegoed (Lambregtse, 2017).

Anderzijds worden zorg gerelateerde innovaties gedreven vanuit een technology push. Door ontwikkelingen op het terrein van sleuteltechnologieën als bio- en nanotechnologie (o.a. DNA-analyse CRISPR CAS), robotica, AI, big data analytics en 3D/4D-printing zullen de daar uit voortkomende innovaties een betekenisvolle plaats krijgen in preventie, diagnostiek en behandeling, en het voeren van regie over de eigen gezondheid vanuit het eigen netwerk en het netwerk van professionals.

Big data-onderzoek naar Parkinson, met respect voor privacy

Wetenschappers van de Radboud Universiteit hebben een nieuwe techniek ontwikkeld waarmee heel makkelijk medische gegevens worden uitgewisseld en waarbij onderzoekers in data kunnen struinen zonder dat de privacy van patiënten wordt aangetast. De nieuwe technologie is ontwikkeld onder leiding van hoogleraar digitale veiligheid Bart Jacobs. Samen met hoogleraar neurologie Bas Bloem van het Radboudumc test hij de nieuwe techniek bij 650 parkinsonpatiënten in samenwerking met Verily, een zusteronderneming van Google.

De data van de patiënten worden voortdurend verzameld via een soort polshorloge van Verily dat ze moeten dragen. Dat apparaat kan tijdens de dagelijkse bezigheden van patiënten bijvoorbeeld eeg's of ecg's maken. Op deze manier zouden data van tien- of honderdduizenden patiënten kunnen worden gedeeld voor een wereldwijd parkinson onderzoek (Van den Brink & Schellevis, 2016). Een beter inzicht in de oorzaken van de verschillen tussen mensen met Parkinson moet uiteindelijk een basis vormen voor het leveren van betere en vooral meer persoonlijke, op het individu toegesneden zorg.

Toekomstvisies op de zorg schetsen een wereld waarin digitaal ondersteunde zorg mensen en hun sociale netwerk helpt om zelf regie te voeren op hun gezondheid. Een wereld waarin algoritmes automatisch leren van gezondheidsdata en ondersteuning bieden bij beslissingen die personen samen nemen met een team van zorgprofessionals. In deze toekomst krijgen mensen zorg uit zorgnetwerken die kleinschalig en dicht bij huis zijn gesitueerd en zijn aangehaakt bij specifieke expertise vanuit centra zoals de universitair medische centra's (UMC's).

Wat is e-health precies?

De Nederlandse Zorgautoriteit (NZa) definieert e-health als 'het gebruik van hedendaagse informatie- en communicatietechnologieën, met name via internet, om gezondheid en gezondheidszorg te ondersteunen of te verbeteren'. Ze hanteert daarbij de volgende indeling:

- E-zorg: diagnosestelling, consulten, care zoals monitoring.
- E-ondersteuning: inzage in patiëntendossier, management zoals het maken van afspraken online.
- E-public health: gezondheidsvoorlichting, preventie zoals het opsporen van bepaalde risicogroepen.

Figuur 9. Bron: Het Financieele Dagblad, 10 januari 2019, p. 16.

Met inzet van e-health toepassingen en domotica kunnen kwetsbare mensen langer thuis blijven wonen. De zorg wordt steeds persoonlijker door het gebruik van (big) data en AI. Zij maken het mogelijk om adviezen en behandelingen op de persoon aan te passen. In combinatie met slimme sensoren zijn mensen in staat om hun eigen gezondheid te monitoren. Het stelt mensen in staat om op basis van vergaarde data hun manier van leven zo aan te passen dat zij misschien zelfs kunnen voorkomen dat ze ziek worden. Digitale technologische ontwikkelingen gaan zorgen voor een toekomst waarin preventie en gezondheid voorop staan en de zorgverlening proactief en continu is, in plaats van reactief. De data kan ook worden gebruikt voor het maken van keuzehulp, om beter inzicht te krijgen in de uitkomsten van zorg en om van te leren in onderzoek. Administratieve lasten voor patiënt en professional kunnen omlaag en de druk op de arbeidsmarkt wordt minder (Taskforce Zorg op de juiste plek, 2018).

mijnIBDcoach

mijnIBDcoach is een digitale coach en telemonitoringplatform voor patiënten met de ziekte van Crohn en colitis ulcerosa. Deze patiënten komen door mijnIBDcoach alleen nog bij de specialist of verpleegkundige op momenten dat het nodig is. De digitale coach leert hen met de aandoening omgaan en helpt om de gezondheid zelf te monitoren. Wanneer er sprake is van een risico of verslechtering, krijgen patiënt en zorgverlener een rood vlaggetje te zien. Inmiddels kunnen patiënten zelf thuis ontstekingsactiviteit meten. De testuitslagen komen automatisch in het dossier. Elf ziekenhuizen in Nederland gebruiken mijnIBDcoach al. Het leidt tot minder opnames, minder polikliniekbezoeken en meer tevreden patiënten. Alle werkprocessen op de polikliniek heeft men ontworpen vanuit de technologie. Te beginnen met patiënten aanleren om met de digitale coach te werken én standaardcontrole afspraken te vervangen door frequent en laagdrempelig contact via telecommunicatie (NVZ, 2018, p. 30).

Naast de toepassingen van e-Health, m-Health en preventieve maatwerkgerichte zorg zien experts onder andere de volgende technologie gedreven trends in de zorg:

- Doelgerichte geneesmiddelen en behandelingen die, door gebruik van big data, nauwkeuriger werken en minder bijwerkingen hebben, zoals personalized medicine, targeted therapy en de MammaPrint, die borstkankerpatiënten kan helpen beslissen of chemotherapie noodzakelijk is voor de juiste behandeling.
- De chirurgie verandert van vervanging naar reparatie. Katheterchirurgie neemt toe. In bijvoorbeeld de oncologische chirurgie zal het door betere beeldvormingstechnieken mogelijk worden de tumor van buitenaf te behandelen, in plaats van deze weg te snijden. Een andere ontwikkeling op de lange termijn is het gebruiken van stamcellen om organen te behandelen. Bijvoorbeeld door bij erfelijke aandoeningen de erfelijk belaste stamcel uit het lichaam te verwijderen om deze te 'repareren' en vervolgens terug te zetten.
- Een andere ontwikkeling is de inzet van de hololens om de weg vinden in iemands hersenen ('neuronavigatie'). Hersennavigatie vindt dan plaats via hologrammen waarbij een combinatie van het biologische orgaan én de digitale weergave een goed inzicht geeft in de onderliggende structuur van een brein. Door dit inzicht kunnen chirurgen veiliger bewegen en tumoren verwijderen zonder kwetsbare gebieden te raken. In Nederland zijn al meerdere patiënten geopereerd, waarbij de arts werd ondersteund door hersennavigatie. Een neurochirurg van het UMC Utrecht verwacht dat hersennavigatie via hologrammen binnen een aantal jaren langszij komt van de traditionele neuronavigatie. De Hololens is ook al gebruikt om echo's van zwangere vrouwen tijdens hun bevalling te bekijken, in Japan wordt de computerbril ingezet bij leveroperaties, om het beschadigen van bloedvaten te vermijden (Hijink, 2018).

- Meer en betere diagnostiek dankzij vroege detectie, bijvoorbeeld door imaging-technologieën die de hartslag, temperatuur en ademhalingsfrequentie van patiënten vanaf de binnenkomst in het ziekenhuis analyseren. Een ander voorbeeld is ook de nieuwe ontwikkeling om kanker in het bloed op te sporen met DNA-sequentie analyse.

AI biedt kansen voor beslis ondersteuning bij het stellen van diagnoses. Bijvoorbeeld het zusterbedrijf van Google, DeepMind, werkt nauw samen met de retinale beeldanalyse van de National Health Service in het Verenigd Koninkrijk. DeepMind heeft in 2016 een samenwerkingsverband gesloten met het University College London voor het gebruik van AI om kankerbehandelingen voor hoofd- en nekanker te verbeteren. De onderzoekers van DeepMind krijgen toegang tot anonieme radiologische scans van maximaal 800 voormalige patiënten, om - dankzij de inzet van machine learning - de efficiency van de behandeling te verbeteren (Kromme, 2017).

Tevens wordt er al gewerkt aan een toepassing van machine learning om borstkanker met een grotere nauwkeurigheid te kunnen diagnosticeren met een lager aantal 'valse positieven'. Samsung Medison, de medische tak van het Zuid-Koreaanse technologiebedrijf, heeft onlangs een nieuwe ultrasone machine ontwikkeld die diepgaand onderzoek gebruikt om snel te zien of borstweefsel kwaadaardig of goedaardig is (Kromme, 2017).

AI wordt in heel veel producten gebruikt.

Jim Stolze: een algoritme is in India getraind om oogziekten te herkennen. 'Eerst kreeg het 100.000 foto's te verwerken van gezonde ogen. Vervolgens kreeg het zieke ogen te zien. Toen werd het algoritme aan het werk gezet in een ziekenhuis, met verbluffend resultaat. Het herkende met 95% nauwkeurigheid de zieke ogen die hem werden getoond. De zeer ervaren oogarts van het ziekenhuis kwam tot 91% (Randstad).⁹

Misschien wel de belangrijkste verandering, is de ontwikkeling en inzet van technologische¹⁰ toepassingen die (chronisch) zieke mensen helpt om, net als ieder gezond mens, gewoon te functioneren in het dagelijks leven. Technologische toepassingen, in het ziekenhuis bijvoorbeeld, zijn momenteel nog voornamelijk in en om het bed georganiseerd en complex in het gebruik. Nieuwe zorgtechnologie moet dienstbaarder worden aan het functioneren van mensen in hun leefomgeving, met name ook de lager opgeleiden in de samenleving. Daar is het grootste gezondheidspotentieel te behalen. Technologie moet ambulant en laagdrempelig zijn en moet zijn werk nauwelijks merkbaar doen. Een voorbeeld hiervan is een draagbare kunstnier die 's nachts dialyseert, zodat een nierpatiënt niet drie tot vier dagen in de week een halve dag naar het ziekenhuis moet voor dialyse. Een dergelijke draagbare kunstnier stelt de gebruiker in staat om weer een volwaardig maatschappelijk en sociaal leven te leiden. In de ontwikkeling van nieuwe zorgtechnologie staat de behoefte van de patiënt voorop. Dit vergt van de ontwikkelaars, zorgaanbieders, overheid en patiënt geledingen dat zij samenwerken en zich verdiepen in de leefsituatie van mensen. Technologie is hierbij dienstbaar om 'het leven boven de ziekte' uit te tillen. Sociale innovatie gaat hierbij hand in hand met technologische innovatie. (expert meeting LS&H, 2019).

De technologische ontwikkelingen in de zorg zijn vooral incrementeel en niet disruptief.

Uit de technologieanalyse in het rapport 'Naar nieuwe zorg en zorgberoepen: de contouren' blijkt dat experts die zich dagelijks bezighouden met technologie en innovatie optimistischer zijn over de technologische ontwikkelingen en mogelijkheden dan zorgprofessionals. De gedeelde verwachting van geïnterviewde experts is dat de ontwikkelingen de komende 15 jaar veelal incrementeel zullen zijn, dat wil zeggen: geleidelijk groeiend in omvang en dus niet disruptief. In de chirurgie kan men met robotica nauwkeuriger werken, maar een zelfdenkende robot die zelfstandig operaties uitvoert lijkt nog ver weg. Het huishouden wordt wel gerobotiseerd en de robot zal ook worden ingezet voor tamelijk eenvoudige handelingen in de zorg (Kaljouw & Van Vliet, 2015, p. 48).

⁹ Jim Stolze is pionier en consultant op het gebied van digitale transformatie. Hij is vooral bekend als drijvende kracht achter de TEDx-conferenties in Europa en het Midden-Oosten. Daarnaast is hij medeoprichter van de Singularity University Nederland en auteur van verschillende managementboeken. Het bedrijf Agency van Stolze wil een platform zijn voor toegepaste kunstmatige intelligentie.

¹⁰ Medische en digitale technologie zijn zo onderling verbonden dat hier nauwelijks onderscheid in moet worden gemaakt.

Dat technologische ontwikkelingen in de zorg minder snel gaan dan technisch mogelijk is, heeft te maken met cultuur en leiderschap. Volgens het eerdergenoemde rapport ontbreekt de regie met het gevolg dat ontwikkelingen kleinschalig en gefragmenteerd zijn. Het is een uitdaging om toepassingen te ontwikkelen die een toegevoegde waarde hebben en ook daadwerkelijk gebruikt worden. Een belangrijke voorwaarde hiervoor is dat er meer regie komt op de (door)ontwikkeling en toepassing van technologie, zodat verschillende toepassingen gecombineerd en geïntegreerd worden en opschaling en versnelling kan plaatsvinden (Kaljouw & Van Vliet, 2015, p. 48).

Een tweede belangrijke voorwaarde is dat in de organisatie en inhoud van de zorg technologische toepassingen een vanzelfsprekend onderdeel gaan uitmaken van het professionele handelen. Bij de inzet van technologie zijn andere domeinen naast de zorg belangrijk, met name de woningbouw en de inrichting van de gebouwde omgeving. Bij nieuwbouw kan met technologische toepassingen al rekening worden gehouden. Het is een grote uitdaging om bestaande woningen en wijken aan te passen (Kaljouw & Van Vliet, 2015, p. 48).

Een derde voorwaarde is dat (digitale) technologische oplossingen voor de zorg ontwikkeld worden vanuit het oogpunt en de behoefte van de patiënt en de zorgprofessional. Technologische zorgoplossingen moeten vooral zitten op de gebruiksvriendelijke interface tussen de individuele mens en technologie.

Een vierde voorwaarde is dat de risico's voor de databeveiliging worden weggenomen. In potentie kunnen miljoenen onderling verbonden medische, draagbare en mobiele apparaten actuele informatie delen en deze inzetten voor betere zorgkwaliteit. De uitdaging (naast de interoperabiliteit van deze systemen en de data die ze genereren) is de veilige uitwisseling van de medische en privacygevoelige informatie. Zolang dit niet gegarandeerd 100% veilig is zal het nog wel even duren voordat veel van de op data gebaseerde zorginnovaties geïmplementeerd zijn.

Een vijfde voorwaarde is dat data goed uit te wisselen en te verbinden zijn. Een gebrek aan interoperabiliteit vormt een belemmering voor het optimale gebruik van alle gegevens die bijvoorbeeld door onderling verbonden medische systemen worden verzameld. Ook is er vaak onvoldoende integratie mogelijk van ICT-systemen met de zorginformatiesystemen. Het realiseren van een betere interoperabiliteit en standaardisatie van IT- en medische systemen en de standaardisatie van data die deze systemen genereren is een grote uitdaging voor de zorgsector.

Het Dutch Techcentre for Life Sciences (DTL) is initiatiefnemer van FAIR Data.

Data moeten Findable (vindbaar), Accessible (toegankelijk), Interoperable (interoperabel) en Reusable (herbruikbaar en duurzaam opgeslagen) zijn. FAIR Data gaat over afspraken maken over hoe gegevens worden opgeslagen en beschikbaar worden gesteld volgens vaste internationale richtlijnen, zodat zowel mensen als machines data beter kunnen vinden, begrijpen en inzetten. Zo ontstaan tal van kansen en mogelijkheden voor snellere en soepelere informatievoorziening en voor betere zorg. FAIR principes worden wereldwijd opgepakt. DTL is daarvoor met partners in het veld trainingen aan het ontwikkelen.

Ondanks dat technologische ontwikkelingen in de zorg minder snel gaan dan technisch mogelijk is, heeft Nederland wat betreft zorgdigitalisering een voorsprong op veel andere Europese landen (Benschop, 2017). Dat blijkt onder meer uit de hoge digitalisatiegraad van patiëntgegevens en het grote aantal ICT-professionals in de zorg. Dit concludeert HIMSS Europa¹¹ op basis van haar onderzoek onder zo'n 600 Europese werknemers in zorg en e-health. Niettemin klaagt, volgens het onderzoek, ruim de helft van de Nederlandse ondervraagden over te lage budgetten voor zorg-ICT. De deelnemers aan het onderzoek zijn positief over de waarde en kracht van zorg-ICT, maar stellen ook dat er nog veel te doen is op het gebied van investering, ontwikkeling van de digitale volwassenheid en versterking van leiderschap. Leidinggevend in de zorg moeten meer open staan voor innovatie en moeten in staat zijn een visie op te stellen en uit te dragen over de inzet van digitale technologieën in de zorgverlening en de effecten hiervan op het werk van zorgprofessionals.

E-health monitor 2018

Bijna de helft van de verpleegkundigen in de ouderen- en ziekenhuiszorg en vier op de tien medisch specialisten weet niet of er een visie binnen hun zorgorganisatie is over het gebruik en de inzet van digitale zorgtoepassingen. Tussen de twee vijfde en drie vijfde van de zorgverleners in deze sectoren geeft aan niet te weten of er concrete doelstellingen zijn geformuleerd in de eigen organisatie over het gebruik en de inzet van e-health.¹²

11 HIMSS Europe is the European arm of HIMSS (Healthcare Information and Management Systems Society), the largest health IT membership organisation in the world.

12 De resultaten van deze monitor zijn gebaseerd op vragenlijsten ingevuld door 774 leden van het Consumentenpanel Gezondheidszorg, 580 artsen en 660 verpleegkundigen.

Eventuele disruptie in de zorg komt uit branchevreemde hoek

Een belangrijk kenmerk van disruptieve innovatie is dat zij vaak afkomstig is uit een branchevreemde hoek. Een substantieel deel van de digitale technologie die nu al beschikbaar is voor de zorg, is ontwikkeld door partijen die niet uit de zorg afkomstig zijn. De noodzakelijke digitalisering binnen de zorgsector zelf mag dan niet snel gaan, maar door de snelle digitalisering van de samenleving is het niet onlogisch dat steeds meer bedrijven – juist van buiten de zorg – digitale diensten (zoals apps) aanbieden op het gebied van zelfmanagement of diagnostiek. Deze digitale ontwikkelingen kunnen de organisatie van de gezondheidszorg echt veranderen (Taskforce, 2018).

Grote technologiebedrijven richten hun pijlen al op de medische sector, omdat de uitgaven in de gezondheidszorg de komende jaren zullen stijgen en er veel kansen liggen voor nieuwe verdienmodellen. Google heeft zijn eigen gezondheidstak (Verily). Amazon beweegt zich op de markt van zorgverzekeringen. Apple buigt de Apple Watch om naar een medische tracker die in staat is de gezondheid van mensen die de tracker dragen continu te monitoren en die hun dokter op de hoogte houdt van hun activiteiten. Microsoft heeft zijn zinnen, net als Google en Amazon gezet op de markt voor de opslag en analyse van data van gezondheidsinstellingen, in de cloud (Hijink, 2018).

Volgens professor Dr. Hugh Montgomery¹³ van University College London staat de zorg de komende vijf tot tien jaar enorme disruptieve veranderingen te wachten. Dit heeft volgens hem twee oorzaken. Allereerst veranderen de technologische mogelijkheden razendsnel. Ten tweede is er een enorme druk om nieuwe ontwikkelingen naar de zorgpraktijk te vertalen. Als dit niet gebeurt, gaat de huidige gezondheidszorg omvallen (Armstrong, 2018).

4.5.2 Arbeidsmarkteffecten van digitalisering in de sector Health (zorgsector)

Werkgelegenheidseffecten

Volgens ROA bedraagt de verwachte werkgelegenheidsgroei van zorg en welzijn beroepen in de zorgsector gemiddeld 1,7% per jaar (ROA, 2017). Deze werkgelegenheidsgroei is voornamelijk toe te rekenen aan de stijgende zorgvraag als gevolg van de vergrijzing van de bevolking.

Het is onzeker welk effect digitale technologische ontwikkelingen gaan hebben op de werkgelegenheid in de zorg. Het is een bekend gegeven dat de zorg heeft te kampen met een varkenscyclus en momenteel kampt met een groot personeelstekort, vooral op het gebied van mbo en hbo-verpleegkundigen. Volgens ROA blijft het tekort aan personeel in de zorg nog zeker tot 2022 een probleem en zal het op alle niveaus in de zorg moeilijk blijven om voldoende personeel te vinden (ROA, 2017). Tabel 2 bevat prognoses van de ontwikkeling van de arbeidsmarkt voor zorgmedewerkers, waarbij is uitgegaan van een gemiddeld groeiscenario voor de meeste branches. De prognose is dat er grote tekorten ontstaan in aanloop naar het jaar 2020 onder verpleegkundigen en verzorgenden.

	Aantal werknemers	Overschotten en tekorten op basis van prognose			
Jaar	2016	2017	2018	2019	2020
Verpleegkundige, hbo	62217	-2463	-2799	-4118	-4900
Verpleegkundige, mbo-4	144581	725	-928	-2220	-2289
Doktersassistent mbo-4	45476	-857	-1056	-1480	-1593
Verzorgende	189284	872	-650	-1813	-2024

Tabel 2. Ontwikkeling van de arbeidsmarkt voor zorgmedewerkers op landelijk niveau, 2017-2020 (WZW, 2017, p. 12)

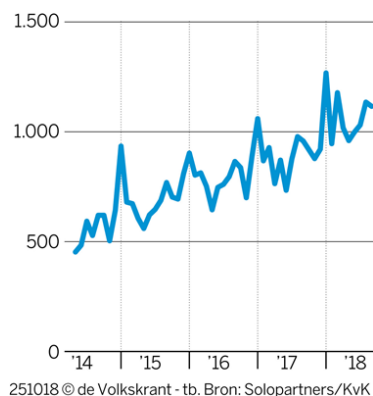
¹³ Hugh Edward Montgomery is an English professor and the director of the UCL Institute for Human Health and Performance at University College London.

De werkgevers zien het aantrekken en vasthouden van personeel als grootste knelpunt op de arbeidsmarkt. Er zijn volgens de werkgevers relatief veel moeilijk vervulbare vacatures en tekorten aan personeel, die zich vooral voordoen bij het hbo-verplegend personeel en de medische specialisten. Tevens heeft men behoefte aan personeel uit de assisterende beroepen met een hbo-opleiding.

Voor helpenden (mbo-niveau 2) was er de afgelopen jaren juist sprake van een overschot. Ook hier kunnen zich de komende jaren tekorten gaan voordoen. Wel is de situatie voor deze functiegroep moeilijker te voorspellen. Zo heeft de arbeidsmarkt hier een meer open karakter: het opleidingsniveau is lager (mbo-2) en er is geen registratieplicht of beschermde opleidingstitel. Daarnaast kunnen de tekorten in andere functies ook leiden tot een grotere vraag naar helpenden om het personeel in tekortfuncties te ontlasten (AZW Actueel, 2018).

MEER ZZP'ERS IN DE ZORG

Aantal nieuwe inschrijvingen van zzp'ers in de zorg, maandcijfers



Figuur 10.

Een belangrijke arbeidsmarktontwikkeling in de sector is dat het aantal zzp'ers in de zorg snel toeneemt (figuur 10). Zorgprofessionals die kiezen voor een bestaan als zzp'er doen dat omdat ze meer kunnen verdienen, hun eigen uren kunnen bepalen en minder administratieve lasten hebben en daardoor meer aandacht aan de patiënt

kunnen schenken (Van der Geest, 2018). Online platformen faciliteren deze ontwikkeling van meer zzp'ers in de zorg, door mensen die thuis zorg nodig hebben rechtstreeks te verbinden met zelfstandige zorgverleners. De ontwikkeling van meer zzp'ers in de zorg stelt werkgevers in de zorg voor hoge loonkosten door de inhuur van zzp'ers. Tevens wordt werkdruk van het vaste personeel hoger, omdat het door een slinkend bestand aan vaste medewerkers steeds moeilijker wordt om werkroosters rond te krijgen (Van der Geest, 2018).

Het is de vraag welke rol digitale technologische ontwikkelingen speelt in het tekort aan zorgverleners. Volgens de voorspellingen kunnen burgers in 2030 veel zorg zelf regelen. Daardoor krijgen zorgprofessionals een meer uitvoerende, begeleidende en coördinerende rol. Dit kan leiden tot reductie van het aantal specialisaties en beroepsgroepen (Kaljouw & Van Vliet, 2015, p. 48). Tevens zullen de digitale technologische ontwikkelingen zorgen voor nieuwe taken en rollen. Vooralsnog is het beeld dat de inzet van technologie vooral gaat helpen bij het overnemen van taken en het oplossen van de hoge personeelstekorten binnen de zorg.

Veranderingen in banen, taken en vaardigheden

Volgens onderzoek van Zorginstituut NL wordt technologie, samen met leefstijl en preventie, een rode draad in de zorg en beroepen en opleidingen (Kaljouw & Van Vliet, 2015, p. 47). Veranderingen in banen en taken als gevolg van technologische veranderingen vragen andersoortige kennis en vaardigheden dan de huidige generatie verpleegkundigen in huis heeft, zoals digitale vaardigheden (Oeij, Van der Torre, Van de Ven, Sanders & Van der Zee, 2017, p. 4).

Naast veranderingen in banen en taken zullen er volgens het Brancherapport algemene ziekenhuizen tegelijkertijd nieuwe functies ontstaan zoals een 3D-operator, een programmeur van virtual reality-programma's en een programmeur van e-health programma's (NVZ, 2018, P. 29). Tevens gaan nieuwe cross-over functies om de zorgprofessionals heen ontstaan, voor professionals met diepgaande kennis van en vaardigheid met bepaalde digitale zorgtechnologieën én kennis van de toepassing van deze technologieën binnen de context van het werkveld. Deze professionals maken deel uit van een team van zorgprofessionals. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van de nieuwe functie 'data steward' voor professionals met kennis van het werken met data en inhoudelijke kennis van de toepassing van data binnen de zorg. Een ander voorbeeld van een cross-over functie binnen de zorg is de I-nurse (zie kader).

I-nurse

Een I-nurse is een zorgmedewerker, met meer gevoel voor digitale ontwikkeling dan de collega's, die in staat is die nabije collega's met raad en daad terzijde te staan bij het gebruik van e-health toepassingen. Een I-nurse kan zorgverleners dus helpen om met digitale technologieën in het werk om te leren gaan. De 'I' in I-nurse staat voor 'Innovatie' die door digitalisering wordt veroorzaakt. De I-nurse is geen aparte functie, maar een rol van iemand die verzorgend of verplegend werk doet (ECP, 2018).

Naast het ontstaan van cross-over functies krijgen ICT-afdelingen naar verwachting een centralere plek in de organisatie en worden cruciaal voor het primaire proces. De chieft medical information officer (CMIO) zal een belangrijkere rol gaan vervullen als schakel tussen ICT, zorgprofessional en raad van bestuur van een ziekenhuis. De CMIO is een medisch specialist die vanuit het perspectief van de zorgprofessional en ICT-gebruiker oude werkwijzen helpt veranderen. Drie jaar geleden waren er nog maar drie, maar inmiddels werken er al 45 CMIO's verspreid over ziekenhuizen. De Antonius Zorggroep stelde een E-raad in: een groep zorgprofessionals die zich over ICT buigt (NVZ, 2018, P. 29).

Digitale technologische ontwikkelingen zorgen voor een toenemende automatisering van de diagnose en personalisatie van behandelingen, waarbij veel medische rollen opnieuw gedefinieerd worden. In ziekenhuizen zal AI vooral impact hebben op het werk van professionals die betrokken zijn bij het stellen van een diagnose en het maken van een behandelplan. Het beoordelen van beelden, lichaamsmateriaal en data zal steeds meer samen met computers en rekenmodellen gebeuren. Deze modellen berekenen voor een individuele patiënt welke diagnose het meest waarschijnlijk is, en welke behandelingen het meeste kans op succes hebben. Hierdoor versnelt het proces van het stellen van een juiste diagnose en het kiezen van de beste behandeling. Radiologen en pathologen zullen een deel van hun werk, met name rondom veel voorkomende 'standaard-diagnoses', zien verdwijnen. Des te harder zijn zij nodig bij complexe of zeldzame vraagstukken. Zij kunnen (straks misschien wel als enige) de uitkomsten van de rekenmodellen begrijpen en controleren, maar zij zullen dan wel mee moeten gaan met de AI-ontwikkelingen (NVZ, 2018, P. 28).

De introductie van e-health leidt tot nieuwe werkwijzen en toepassingen voor patiënten en zorgverleners zoals communicatie via het beeldscherm, het delen van gegevens met patiënten, thuismonitoring van gezondheidswaarden en het veilig delen van foto's. De online toepassingen in de zorg breiden zich voortdurend en over een steeds groter terrein uit.

Digitale technologische ontwikkelingen hebben ook gevolgen voor niet digitale vaardigheden. Zo zal big data een steeds belangrijkere rol spelen in de zorg. Patiënten kunnen bijvoorbeeld in de toekomst over hun eigen gezondheidsgegevens beschikken. Dat maakt het eenvoudiger om de zorg in samenhang te organiseren, omdat alle informatie immers samenkomt bij de patiënt. Zorgverleners zullen in staat moeten zijn om met goed geïnformeerde, mondige patiënten om te gaan (Taskforce, 2018). Tevens ontstaat tussen

zorgverleners en patiënten een andersoortig en frequenter contact door het gebruik van social media zoals Whats app. Hierdoor komen zorgverleners in aanraking met nieuwe sociale en ethische vraagstukken. Naast de digitaal technische vaardigheden vraagt de toepassing van digitale technologie in het werk van de zorgverlener dus ook kennis en vaardigheden op sociaal en ethisch gebied.

De mogelijkheden van digitale technologieën vragen erom dat zorgprofessionals, naast sociale vaardigheden en kennis van ethische vraagstukken, beschikken over de digitale vaardigheden om met de digitale technologieën om te kunnen gaan. Een investering in de digitale vaardigheden competenties van zorgprofessionals gaat helpen bij het versnellen van de adoptie van digitale technologische toepassingen in de zorg (expert meeting LS&H, 2019). In Nederland is een grote groep zorgprofessionals onvoldoende digitaal vaardig. Eén van de oorzaken die hiervoor wordt genoemd is dat de passie van zorgprofessionals zit in het helpen van mensen en dit maakt hen vooral mensgericht en minder technologiegericht. Tevens heeft de toepassing van digitale technologie in de zorgverlening direct effect op de gezondheid van de patiënt. Dit is een belangrijke factor in de terughoudendheid van zorgprofessionals voor het leren omgaan en toepassen van digitale technologieën in de zorgverlening (expert meeting LS&H, 2019). Niettemin is het juist belangrijk dat de zorgprofessionals technologie die hen in hun zorg- en administratieve taken kunnen ontlasten leren waarderen en benutten, opdat zij dan meer tijd aan de menselijke aspecten van het werk kunnen besteden. De grootste uitdagingen voor het verbeteren van de digitale vaardigheden zitten niet in het hoogwaardige complexe zorgsegment op wo-niveau, maar meer aan de kant van de 'softe' gezondheidszorg in de Care en deels Cure op mbo en hbo niveau (expert meeting LS&H, 2019).

In haar brief aan de Tweede Kamer stelde toenmalig minister Edith Schippers dat het van belang is dat digitale vaardigheden structureel onderdeel worden van scholings- en opleidingstrajecten, van primair onderwijs tot universiteit (Schippers, 2017). Maar de toenemende rol van digitale technologische ontwikkelingen in de zorgsector is nog niet breed terug te zien in de curricula van de zorgopleidingen. Er worden wel steeds meer opleidingen op post-hbo niveau op het snijvlak van zorg en ICT aangeboden of zorginformatica (ICT&health, 2018) en tevens zijn er voorbeelden te vinden van bekostigde hbo-opleidingen (NVZ, 2018, p. 37) waarin de combinatie zorg en ICT, al of niet als keuzevak, wordt aangeboden. Echter, het aanbod van digitale vaardigheden in de curricula van zorgopleidingen op alle niveaus is te gefragmenteerd, te geïsoleerd en te beperkt. Tevens zijn de docenten onvoldoende op de hoogte van de technologische ontwikkelingen en toepassingen (expert meeting LS&H, 2019).

Het is mogelijk dat het beperkte aanbod van digitale vaardigheden in de curricula van zorgopleidingen een reflectie is van het lage tempo van de technologieadoptie in de zorg. In ieder geval moet in het zorgonderwijs meer aandacht worden besteed aan digitale vaardigheden. Digitale vaardigheden moeten standaardonderdeel in alle curricula van zorgopleidingen (expert meeting LS&H, 2019). Het is daarbij ook noodzakelijk de zorgpraktijk en het zorgonderwijs meer met elkaar te verbinden. De inhoud van de zorgopleidingen moet meer aansluiten op wat het werk van zorgverleners vraagt. In dit kader is het ook van belang dat studenten leren werken met de nieuwste (digitale) technologieën. Dit betekent dat zorgaanbieders en zorgopleiders voor het opleiden van mensen de samenwerking moeten zoeken met technologieleveranciers. Tevens moet de inrichting van het bekostigde onderwijs in de combinatie met opleiden van werknemers opnieuw worden bekeken in het licht van een leven lang leren ontwikkelen (expert meeting LS&H, 2019).

Landelijke kennissite verbindt zorginstellingen en het onderwijs

De kennissite www.digivaardigidezorg.nl richt zich op de verbinding tussen zorginstellingen en het onderwijs. De kennissite biedt een waaier aan ondersteuningsmateriaal om de digitale vaardigheden van mensen die werken in de zorg te verbeteren. De kennissite wordt ondersteund door het ministerie van VWS, RegioPlus, MBO Raad, Utrechtzorg, 's Heeren Loo en het Zorgtrainingscentrum.

Inzichten kwantitatieve onderzoek CentERdata

Het kwantitatieve onderzoek van CentERdata geeft de volgende inzichten met betrekking tot de ontwikkeling van de benodigde vaardigheden in de zorgsector (CentERdata, 2019):

Met betrekking tot digitale vaardigheden:

- In tegenstelling tot alle andere topsectoren (en ook het Life Sciences gedeelte van LS&H) is in de sector Health geen sprake van een toename in de vraag naar digitale, technische en ICT-vaardigheden. De fractie digitale vacatures blijft in de gehele periode 2012-2017 stabiel net boven de 5%;
- Hoewel de totale vraag naar digitale, technische en ICT-vaardigheden in de sector Health dus stabiel blijft, verandert de samenstelling van deze vraag wel. De vraag (algemene) computervaardigheden stijgt, maar andere digitale vaardigheden zijn in deze periode gedaald, zoals server vaardigheden;
- In vacatures over de periode 2015-2017 in de sector Health worden basis computer vaardigheden het meest gevraagd, gevolgd door 'database management, design en query' en 'programmeervaardigheden' en 'resource management software'.

Met betrekking tot overige vaardigheden:

- De sector Health laat ook met betrekking tot de overige vaardigheden een ander beeld zien dan de andere topsectoren. Zo worden in de zorgsector self-starter vaardigheden het meest gevraagd en zijn planning en organisatie vaardigheden, computational thinking en probleemoplossend vermogen beduidend minder belangrijk dan in de andere topsectoren. Daarentegen zijn flexibiliteit, service orientation en leiderschap belangrijker dan in andere sectoren. In vacatures over de periode 2015-2017 in de sector Health worden 'self-starter' vaardigheden het meest gevraagd, gevolgd door 'communicatievaardigheden', 'flexibiliteit' en 'samenwerking'.

4.5.3 Overall conclusie voor de zorgsector

Het tempo van de digitale technologische ontwikkelingen en hieraan gekoppelde business modellen in de wereld buiten de zorg gaat vele malen sneller dan het tempo van deze ontwikkelingen in de sector. Het beperkte gebruik van digitale technologische toepassingen, vormt een steeds groter contrast met het toenemende gebruik van digitale technologische toepassingen die geleidelijk doordringen in alle facetten van het dagelijks leven. De verdere digitalisering van de zorg is noodzakelijk vanuit het oogpunt van een toenemende complexe zorgvraag en de daarmee gepaard gaande zorgkosten, de arbeidsmarkttekorten in de zorg en de verbetering van de kwaliteit van de (meer persoonsgerichte) zorg. De technologie is beschikbaar en ontwikkelt zich steeds verder, maar de technologische vooruitgang in de zorg gaat minder snel dan technisch mogelijk is. Dit verklaart mogelijk dat er geen sprake van een toename in de vraag naar digitale vaardigheden in vacatures voor zorgpersoneel en dat digitale vaardigheden in curricula van zorgopleidingen grotendeels ontbreken. Niettemin is het van cruciaal belang dat de implementatie van digitale technologieën in de zorg zich in verhoogd tempo doorzet en dat zorgprofessionals voldoende digitaal vaardig zijn om met deze technologieën om te gaan. Het tempo van de implementatie van digitale technologie in de zorg mag in ieder geval niet bepaald worden door de beschikbaarheid van werknemers die voldoende geëquipeerd zijn om de mogelijkheden van digitale zorg nu en in de toekomst ten volle te kunnen benutten.

De adoptiegraad- en snelheid van digitale technologie binnen de zorg zal tevens positief beïnvloed worden wanneer bij de ontwikkelingen van (digitale) technologische oplossingen voor de zorg, de behoefte van de patiënt en de zorgprofessional en de gebruiksvriendelijkheid van de technologie centraal staat. Daarbij moeten zorgoplossingen vooral zitten op de interface tussen de individuele mens en technologie. Er liggen veel kansen om met zorgprofessionals en burgers/patiënten bruikbare, gebruiksvriendelijke en hoogwaardige technologische zorgoplossingen te ontwikkelen en te implementeren binnen de zorg.

Tevens is verregaande samenwerking tussen onderwijs, zorginstellingen en bedrijven geboden om de digitale vaardigheden van zorgprofessionals te vergroten. In dit kader moet niet alleen aandacht worden besteed aan de technische vaardigheden, maar ook aan de sociale en ethische aspecten die gepaard kunnen gaan met de toepassing van digitale technologieën. Zorgopleidingen moeten dichter op de praktijk zitten van het werk van zorgprofessionals en oog hebben voor kansen voor innovatie.

Er zijn wel initiatieven waarin onderwijs en zorgaanbieders samenwerken, maar deze zijn vaak gefragmenteerd en vinden plaats in een niche met kleine aantallen deelnemers. Dit soort initiatieven op grote schaal met grote volumes zijn nodig. Hierin moet gezamenlijk worden opgetrokken en ervaringen en kennis moeten worden uitgewisseld, zowel in de onderwijsketen, als tussen de onderwijsketen en de markt (zorgaanbieders en technologieleveranciers). De overheid kan deze initiatieven faciliteren door hier meer en langdurig in te investeren en regeltechnisch ruimte te bieden.

Tenslotte moeten onderwijs- en zorginstellingen meer samenwerken voor het opleiden van professionals voor nieuwe cross-over functies die om de zorgprofessionals heen gaan ontstaan. Het betreft dan het opleiden van professionals met diepgaande kennis van en vaardigheid met bepaalde digitale zorgtechnologieën én kennis van de toepassing van deze technologieën binnen de context van het werkveld. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van nieuwe functies als de Data steward en de I-nurse.

4.6 Topsector LS&H, onderdeel Life Sciences

4.6.1 Digitale technologische ontwikkelingen in de sector Life Sciences

Volgens een aantal Amerikaanse Life Science sector specialisten maakt de Life Sciences-sector ongekende veranderingen door als gevolg van baanbrekende ontwikkelingen zoals connected health, gepersonaliseerde medicatie, health wearables, AI, Internet of Things, machine learning en augmented reality. Deze door digitale technologieën gedreven ontwikkelingen zullen onze percepties van de gezondheidszorg en de manier waarop organisaties in de Life Sciences sector waardevolle medische oplossingen leveren, de komende jaren veranderen. De technologieën gaan zorgen voor zelfkennis, zelfregulering en één op één gezondheidszorg (Prause, 2018). In de combinatie met moleculaire biologie en chemie zullen IT en software ook tot baanbrekende innovaties leiden. In dit kader voltrekken de ontwikkelingen rondom diagnostiek zich razendsnel. Wat voorheen in een groot laboratorium moest gebeuren, kan nu met behulp van een minilab ter grootte van een computer. Tevens is de benodigde tijd voor moleculaire testen terug te brengen naar een aantal uren in plaats van weken.

De innovaties maken het makkelijker om het accent te verschuiven van genezing (reactief) naar preventie (pro-actieve gezondheid). Het vermogen om te voorspellen wat een lichaam gaat doen en daarop preventief te acteren door je handelen als persoon aan te passen, zal een grote winst opleveren voor het ecosysteem in de gezondheidszorg. Evenals de behandeling met gepersonaliseerde medicijnen op het juiste moment.

Het kunnen aanpassen van behandelingen die werken voor het unieke DNA-profiel van een persoon wordt een van de grote transformaties die de Life Science-sector het komende decennium zal doormaken (Prause, 2018). De ontwikkeling van behandelingen en medicijnen zijn nu gebaseerd op bevolkingsgemiddelden. Straks wordt het mogelijk om de behandelingen en medicijnen op maat te maken door het genereren en verwerken van persoonlijke data.

Toekomst: personalized medicine

“we gaan naar een moleculaire reductionistische toekomst. Ofwel, we gaan alles meten aan mensen – metabolisme, eiwitten, bacteriën etc. – en medicijnen meer afstemmen op hun persoonlijke kenmerken. Hoe meer geneesmiddelen, hoe beter. In plaats van 30 geneesmiddelen per jaar, moeten wij er 3000 per jaar toelaten. Alleen moeten die dan niet zo gruwelijk duur zijn. Ook moeten we andere eisen stellen aan de toelating van personalized medicines: ieder mens zijn eigen trail.”

Dr. E.E. (Ed) Moret, Universitair hoofddocent UU, Bètawetenschappen, Farmaceutische wetenschappen, Molecular Pharmacy.

Bron: chemie magazine, oktober 2018

Data is een belangrijke de spil waarom de transformatie in Life Sciences draait. En dit levert voor de sector nieuwe vraagstukken op over hoe deze data beschermd kan worden. Dit cybersecurity element is zeer belangrijk, omdat mensen er op moeten kunnen vertrouwen dat hun persoonlijke data goed beveiligd is, zodat zij ook bereid zijn deze data (geanonimiseerd) en ter beschikking te stellen aan de wetenschap.

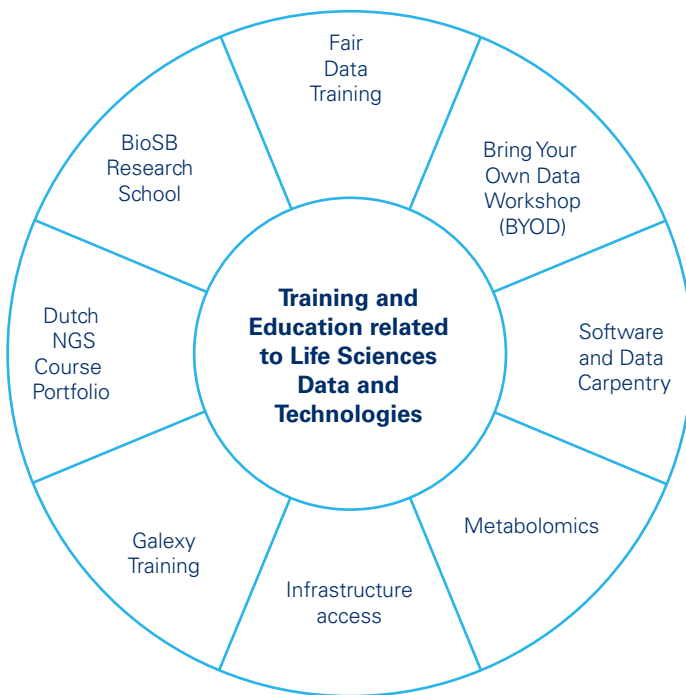
4.6.2 Arbeidsmarkteffecten in de sector Life Sciences

Het beroepenveld van de Life Sciences is innovatief en dynamisch. Ontwikkelingen volgen elkaar snel op, hetgeen inherent is aan dit veld. Vooral de beschikbaarheid van “big data” brengt veel teweeg en dat zal alleen maar toenemen. Ook de ontwikkeling van “personalised medicine” biedt een enorm potentieel voor deze sector. Deze ontwikkelingen vragen op diverse terreinen om andere werk- of organisatiestructuren (Sluijter, Van Gastel & Bonhof, 2016).

Bedrijven hechten belang aan de beschikbaarheid van experts op specifieke vakgebieden. Daarnaast acht men het relevant dat een professional begrip heeft van het grotere geheel waar zijn of haar specialisatie deel van uit maakt. Voor de startende post graduates (zowel binnen start ups als binnen de wat grotere bedrijven) zijn aanpalende kennis en vaardigheden nodig op het gebied van ondernemerschap, maar ook andere voor business development relevante kennis bijvoorbeeld over patenten. Meerdere aan universiteiten gelieerde incubators bieden dergelijke op ondernemersvaardigheden gerichte programma's aan. Overigens zijn deze niet uniek op de Life Sciences gericht; een voorbeeld van een specifiek op Life Sciences gericht programma is de post-graduate opleiding (in oprichting) Future Lab in Leiden (Sluijter et al., 2016).

Ten aanzien van specialistische kennis staat het veld soms voor de keuze of alle expertise in Nederland voorhanden moet zijn. Bijvoorbeeld, Azië loopt voorop in kennis over de analyse van big data. De sector is van mening dat het in ieder geval van belang is dat Nederland in staat is om dergelijke specialistische kennis te importeren, op abstract niveau te interpreteren en hierop eventueel aan te sluiten (Sluijter et al., 2016).

Moderne life Sciences vragen om geavanceerde data en technologische expertise. Onderzoekers en onderzoeksondersteuning hebben training nodig om dergelijke vaardigheden te verwerven. Het DTL-leerprogramma geeft enig inzicht in de benodigde digitale competenties op het gebied Life Sciences. DTL-geassocieerde professionals identificeren namelijk trainingsbehoeften en ontwikkelen nieuwe cursussen in samenwerking met de partnerinstituten en onderzoeksinstituten zoals de Netherlands Bioinformatics and Systems Biology research School (BioSB). De inspanningen in dit kader zijn afgestemd op Europese (ELIXIR Training) en wereldwijde (Goblet) trainingsinitiatieven (DTL, 2017).



Figuur 11. DTL leerprogramma

Het DTL leerprogramma werkt momenteel aan de volgende onderwerpen en thema's:

- FAIR data training
- Training in research data management
- Bring Your Own Data Workshops
- Software & Data Carpentry (teaching researchers computing skills, with NLeSC and SURF)
- Metabolomics (with Netherlands Metabolomics Centre)
- Infrastructure access (with SURFsara)
- Galaxy Training (an open, web-based platform for data intensive biomedical research, with the Dutch Galaxy Working Group)
- Dutch NGS Course Portfolio (with the DTL Interest Group Next Generation Sequencing)
- Bioinformatics and Systems Biology (with BioSB)

Inzichten kwantitatieve onderzoek CentERdata

Het kwantitatieve onderzoek van CentERdata geeft de volgende inzichten met betrekking tot de ontwikkeling van de benodigde vaardigheden in de sector Life Sciences (CentERdata, 2019):

Met betrekking tot digitale vaardigheden:

- De onderzoekers zien hier dezelfde patronen als in de andere topsectoren (en afwijkend van de zorgsector). Zo neemt ook hier de fractie vacatures waarin digitale, technische en ICT-vaardigheden gevraagd worden toe.

- Met betrekking tot de volgorde in deze vaardigheden zien de onderzoekers wel verschillen tussen de sector Life Sciences en de andere topsectoren. Zo zijn programmeervaardigheden hier beduidend minder belangrijk, net als webontwikkeling. In plaats daarvan zijn vaardigheden op het gebied van Resource management software en Database management, design en query belangrijker. Ook 'Big data and analytics' vaardigheden staan (iets) hoger in de ranglijst dan in de totale ranglijst.
- In vacatures over de periode 2015-2017 worden 'basis computer vaardigheden' het meest gevraagd, gevolgd door 'resource management software', 'database management, design en query' en 'programmeervaardigheden'.
- In vacatures in de periode 2012-2017 in de sector Life Sciences zijn specifieke digitale, technische en ICT-vaardigheden SAP, ERP, database en data analyse vaardigheden en CNC vaardigheden de snelste stijgers.

Met betrekking tot overige vaardigheden:

- In vacatures over de periode 2015-2017 worden 'communicatievaardigheden' het meest gevraagd, gevolgd door 'planning en organisatie', 'self-starter' en 'samenwerking'.

4.6.3 Conclusies sector Life Sciences

De Life Sciences sector ontwikkelt zich qua toename in de vraag naar digitale vaardigheden vergelijkbaar met de andere topsectoren, ook waar het gaat om de afwijking ten opzichte van de gezondheids- en zorgsector (Health) waarin geen sprake is van de toename van de vraag naar digitale vaardigheden. Data is de spil waar de transformatie in Life Sciences om draait en dat zal naar verwachting alleen maar toenemen. In dit kader biedt ook de ontwikkeling van "personalised medicine" een enorm potentieel voor deze sector. Deze ontwikkelingen vragen op diverse terreinen om andere werk- of organisatiestructuren en bedrijven hechten belang aan de beschikbaarheid van experts op specifieke vakgebieden.

4.7 Belangrijkste conclusies voor alle topsectoren

1. AI, IoT, big data analytics en cybersecurity zullen naar verwachting, in wisselende combinaties met elkaar en met aanverwante technologieën, voor organisaties het meest bepalend zijn in de periode tot 2025. Het kwantitatieve onderzoek bevestigt deze ontwikkeling expliciet voor het domein big data & analytics als snelst stijgende gevraagde digitale vaardigheid in de afgelopen jaren. Uit de analyse van de sectoren blijkt ook dat big data in alle sectoren enorme kansen biedt voor de verbetering, ontwikkeling en het aanbod van nieuwe diensten en producten.
2. AI, IoT en cybersecurity zijn in het kwantitatieve onderzoek van CentERdata onderdeel van de vaardigheid 'digital transformation skills'. Deze vaardigheid scoort in alle sectoren laag in de ranking van digitale vaardigheden in vacatures over de periode 2015-2017. Dit lijkt te confronteren met de kwalitatieve bevindingen dat dit belangrijke ontwikkelingen met een hoge impact gaan zijn. Een verklaring voor het verschil is dat de beschreven ontwikkelingen de komende jaren in belang gaan toenemen, waar dit in de periode 2015-2017 nog niet aan de orde was. Deze verklaring wordt ondersteund door de bevinding van CentERdata dat 'digital transformation' skills in toenemende mate gevraagd zijn.
3. De digitale technologische ontwikkelingen hebben de eigenschap dat zij over alle sectorgrenzen heen werken. Het zijn algemeen toepasbare technologieën met impact op alle sectoren van de economie. Vroeger of later gaan deze digitale technologische ontwikkelingen elke organisatie in elke sector raken. Het tempo waarmee AI, IoT, big data analytics en cybersecurity voor veranderingen gaan zorgen binnen Nederlandse sectoren en organisaties is moeilijk te voorspellen. Het is daardoor ook moeilijk te voorspellen welke nieuwe producten en diensten door de digitale technologische ontwikkelingen gaan ontstaan. De verwachting is dat het tempo per sector en organisatie zal verschillen en dat niet alle sectoren en organisaties in gelijke mate met digitale technologische ontwikkelingen te maken krijgen. Dit is mede afhankelijk van de implementatie en toepassing van digitale technologieën door organisaties. In veel organisaties in de betrokken topsectoren gaat de adoptie van technologie langzamer dan technisch mogelijk is. Vooral de gezondheids- en zorgsector blijft achter in het benutten van de digitaal technologische mogelijkheden die in de markt beschikbaar zijn.
4. Bij veel organisaties in de betrokken topsectoren lijkt sprake van een bepaalde mate van koudwatervrees die de adoptie van technologie remt. Het is van belang voor de Nederlandse economie dat deze koudwatervrees wordt weggenomen en dat versnelde opschaling van de nieuwe technologieën binnen de sectoren plaatsvindt. Leiderschap en de cultuur binnen organisaties zijn hierin belangrijke factoren.
5. De groeiende mismatch op de arbeidsmarkt bedreigt de realisatie van de opgaven waar de verschillende topsectoren voor staan, zoals de energietransitie, de decarbonisatie en digitale transformatie van de industrie en de zorg. Deze opgaven kunnen alleen gerealiseerd worden door het op grote schaal inzetten van digitale technologieën en het opleiden van mensen die met deze digitale technologieën kunnen omgaan en het potentieel van deze technologieën ten volle kunnen benutten.

Aansluiting tussen vraag en aanbod op de arbeidsmarkt

Hoofdstuk 5

In de voorgaande hoofdstukken zijn de belangrijkste digitale technologische ontwikkelingen en hun impact op sectoren en de arbeidsmarkt in kaart gebracht. Dit heeft geleid tot een inzicht in de behoefte op de toekomstige arbeidsmarkt aan kennis en vaardigheden voor ICT-professionals, niet-ICT-professionals en leidinggevenden. Inzichten zijn dat het aandeel ICT-beroepen binnen sectoren stijgt en dat de ICT-intensiteit van niet-ICT beroepen stijgt doordat er meer digitale vaardigheden van niet-ICT-professionals worden gevraagd. Tevens neemt het aandeel overige vaardigheden (soft skills) in het werk van alle professionals toe, dus ook in het werk van ICT-professionals.



Dit alles zal de komende jaren leiden tot een grote kwalitatieve en kwantitatieve vraag op de arbeidsmarkt naar digitaal en sociaal vaardig talent, zowel op het vlak van ICT-professionals, als dat van niet-ICT-professionals en leidinggevend. Het is dus bekend wat de arbeidsmarkt de komende jaren van Nederland vraagt om goed mee te kunnen, of zelfs voorop te lopen in de digitale transformatie. De vraag is wat de aanbodkant van de arbeidsmarkt daar de komende jaren tegenover zet. Op de huidige arbeidsmarkt is al sprake van (te) veel open posities, vooral in nieuwe kennisgebieden waar vraag en aanbod onvoldoende op elkaar zijn afgestemd.

Vanuit het oogpunt van werkgevers zijn onderwijs en andere werkgevers de belangrijkste leveranciers van (potentieel) personeel. Door de structurele flexibilisering van de arbeidsmarkt (waar digitale technologie een belangrijke motor van is), worden zelfstandigen voor werkgevers ook een steeds belangrijkere bron voor personeel. Om te kunnen voorzien in een arbeidsaanbod dat is afgestemd op de arbeidsvraag zal er zowel in het onderwijs als bij werkgevers én bij werknemers het nodige moeten gebeuren. Uit kwalitatief onderzoek blijkt dat er sprake is van een behoorlijke mismatch tussen wat de arbeidsmarkt aan competenties vraagt en wat de arbeidsmarkt aan competenties biedt.

5.1 Mismatch met aanbod op de arbeidsmarkt

Het is een bekend gegeven dat veel sectoren te kampen hebben met een tekort aan technisch en ICT-personeel, waaronder de sectoren Energie, Chemie en HTSM. In de IT-sector is ook sprake van een nijpend tekort aan IT'ers, vooral op hbo-niveau (Van der Avoird, 2018). Uit onderzoek van het UWV in 2017 bleek al dat 6 uit 10 ICT-werkgevers met een personeelstekort de vacatures niet konden vullen, omdat sollicitanten niet over de juiste kwalificaties beschikken (UWV, 2018). Daarbij laat onderzoek van McKinsey zien dat juist de meest geautomatiseerde functies waaronder data analytics, IT/mobile/webdesign, de grootste competentie mismatch vertonen. Deze bevinding geldt voor bijna alle onderzochte sectoren, met uitzondering van de maakindustrie waarin de competentie mismatch naar verwachting het grootst zal zijn in de productieactiviteiten (Bughin, Hazan, Lund, Dahlström, Wiesinger & Subramaniam 2018, p. 17).

Niet alleen op de hoge digitale competentieniveaus van ICT-professionals is sprake van een mismatch. Leidinggevenden en niet ICT-professionals schieten vaak tekort in hun digitale kennis en vaardigheden. Zij moeten de 'IT-taal' leren begrijpen. Zeker leidinggeven, in welk bedrijf dan ook, zullen echte hybride professionals moeten zijn met gedegen kennis van de mogelijkheden die digitale technologieën hun organisatie en mensen biedt. Leidinggevenden moeten leren sneller te anticiperen op nieuwe digitale ontwikkelingen. Zij moeten in staat zijn deze om te zetten in marktkansen en goed kunnen inschatten wat deze ontwikkelingen betekenen voor de werkprocessen en benodigde competenties van hun werknemers. Gesteund door hun leidinggevenden zullen werknemers zich op hun beurt moeten voorbereiden op hun werkzame toekomst die het gevolg is van de digitale technologische ontwikkelingen.

Met de in dit rapport geschetste gevolgen van de digitale ontwikkelingen en de stijgende vraag naar kennis en vaardigheden op het gebied van snel evoluerende digitale technologieën op het gebied van AI, IoT, big data analytics en cybersecurity zal de spanning op de arbeidsmarkt de komende jaren steeds verder oplopen. Zeker wanneer er de komende jaren, aanvullend op de behoefte aan ICT'ers sprake is van een stijgende behoefte aan personeel met voldoende digitale vaardigheden voor het uitoefenen van 'niet-ICT werk'. Deze spanning wordt nog versterkt door een steeds verder vergrijzende en een vanaf 2021 krimpende beroepsbevolking. Niet alleen de traditionele ICT-sector wordt hierdoor geraakt, maar alle sectoren. Door de digitale ontwikkelingen zal iedere werkgever in iedere sector vroeger of later transformeren naar een door ICT gedreven organisatie. De Rijksoverheid en de banken zijn vandaag de dag immers al grote ICT-werkgevers.

Bevinding visie sessie 30 november 2017

Hoe groot acht u de gap tussen aanbod en vraag van onderstaande digitale kennis en vaardigheden binnen uw sector in de periode 2020 - 2025?

Voor de categorie Leidinggevenden ziet een meerderheid van de participanten in de periode 2020 – 2025 een midden tot grote gap op het vlak van:

- Herkennen en benutten kansen voor digitale business modellen
- Begrip van digitale strategie en marketing

Voor de categorie niet ICT-professionals ziet een grote meerderheid van de participanten in de periode 2020 – 2025 een midden tot grote gap op het vlak van:

- Basiskennis programmeren

Voor de categorie ICT-professionals ziet een grote meerderheid van de participanten in de periode 2020 – 2025 een midden tot grote gap op het vlak van:

- Informatiebeveiliging (cybersecurity)
- Big data analytics & statistics

Hoewel de vraag naar ICT'ers veel harder groeit dan de arbeidsmarkt aan kan, zitten er toch nog duizenden ICT'ers met een WW-uitkering thuis. Het UWV schrijft dit toe aan een kwalitatieve mismatch. Veel van deze werkloze ICT'ers hebben maximaal een mbo-2 opleidingsniveau, terwijl hier weinig tot geen vraag naar is. Bovendien beschikken werkloze ICT'er vaak over verouderde kennis en kwalificaties. De ontwikkelingen in de ICT gaan zo snel dat mensen die een half jaar uit de running zijn, al snel een grote afstand hebben tot de ICT-arbeidsmarkt (UWV, 2018). Onder de werkloze ICT'ers zijn relatief veel ICT-servicedesk-medewerkers, systeembeheerders en systeemontwikkelaars, maar er zijn maar heel weinig softwareontwikkelaars zonder baan (AG Connect, 2018).

5.2 Mismatch met aanbod vanuit het onderwijs

Op de huidige arbeidsmarkt is sprake van te weinig aanwas van ICT-studenten van de hogescholen en de universiteiten, omdat te weinig studenten de ICT-richting kiezen en veel studenten onderweg afhaken. Aan de andere kant stijgt het aantal ICT-vacatures bij werkgevers in allerlei publieke en private sectoren, waardoor afgestudeerde studenten de banen voor het uitkiezen hebben (Haring, 2017). Door de sterk stijgende behoefte aan opslag van data komen er alleen al in Nederlandse datacenterindustrie 4000 banen bij in de periode tot en met 2024 (Brandsma, 2019). Er is dan ook een structureel tekort aan hoogopgeleid IT-personeel. Ieder jaar ontstaan veel meer nieuwe vacatures dan dat er gediplomeerde hoogopgeleide IT-specialisten op de arbeidsmarkt bijkomen (ABN AMRO, 2015). De uitval bij ICT-studies aan universiteiten is dramatisch hoog. De meest geschikte af te ronden studie voor veel van de bestaande IT-vacatures is Informatica (ABN AMRO, 2015). Uit cijfers van het Centrum Hoger Onderwijs Informatie in 2018, blijkt dat slechts 69% van de eerstejaars studenten Informatica en Technische Informatica op de Nederlandse universiteiten doorstroomt naar het tweede jaar. Bij Kunstmatige Intelligentie is dit zelfs maar 66%. Geen enkele andere universitaire studie kent zo'n hoog uitvalspercentage als bovengenoemde ICT-studies. Overigens blijkt uit de cijfers wel dat de universitaire studie Informatiekunde – waarbij de focus meer ligt op de menselijke kant van informatica – met een survivalcijfer van 82% veel beter scoort dan de hardere ICT-studies (AG Connect, 29 november 2017). De publicisten van de cijfers geven als mogelijke verklaring voor de hoge uitval dat het pittige studies zijn en dat veel eerstejaars studenten zich vergissen in de technische en wiskundige kant van een ICT-studie.

De uitval bij ICT-studies op universitair- en hbo-niveau is dramatisch hoog

Voor ICT-studies op hbo-niveau is dezelfde ontwikkeling te zien als bij de universitaire. Uit onderzoek van AG Connect blijkt dat slechts 44 procent van de hbo-studenten ICT binnen 5 jaar zijn diploma haalt. Dit gemiddelde cijfer geldt zowel voor de 'harde' ICT-opleidingen als hbo-ICT, Informatica, Technische Informatica en Business IT & management, als voor de creatieve, vaak als softer bestempelde studies als Communication & Multimedia Design en Gametechnology. De belangrijkste oorzaak van de uitval dat veel havisten en mbo'ers zich verkijken op het technische gehalte van de opleiding. Vaak vormt het programmeren het grootste struikelblok (AG Connect, 30 november 2017).

Uit onderzoek van Arbeidsmarktkansen.nl en Intelligence Group blijkt dat op hun ranglijst van 20 opleidingen met de slechtste kansen op de arbeidsmarkt zes ICT-opleidingen op mbo-niveau staan, te weten: Medewerker beheer ICT, Netwerkbeheerder, ICT-beheerder, Medewerker ICT, Applicatie-ontwikkelaar en Gamedeveloper. Bijna 100.000 van de 500.000 studenten in het middelbaar beroepsonderwijs hebben volgens de onderzoekers slechte vooruitzichten voor de komende vijf jaar. Daarnaast worden ook 140.000 mbo-scholieren opgeleid voor een beroep met hoge kans op automatisering of robotisering in de komende tien à vijftien jaar (AG Connect, 20 februari 2018). Er zal zeer kritisch gekeken moeten worden naar de ICT-opleidingen op mbo-niveau die in hoog tempo hun relevantie verliezen. Hetzelfde geldt voor de mbo-opleidingen voor beroepen waarvan de kans groot is dat deze in de komende jaren door de digitale technologische ontwikkelingen (grotendeels) zullen verdwijnen. In een advies over de toekomst van het mbo geeft de SER aan dat mbo-leerlingen flexibeler en breder moeten worden opgeleid, om mee te kunnen komen op de arbeidsmarkt. Daarnaast moeten leerlingen volgens de SER al vroeg in de opleiding leren dat ze ook na hun diploma moeten blijven leren (KleinJan, 2017).

Doorstroom vanuit mbo-opleidingen met weinig perspectief naar het hbo zou één van de oplossingsrichtingen kunnen zijn, maar het aandeel mbo'ers dat verder studeert in het hoger beroepsonderwijs blijft dalen. 35 procent van de mbo-studenten gaat tegenwoordig nog op een hoger niveau door en van deze groep heeft meer dan de helft na vijf jaar een hbo-diploma (Trouw, 24 januari 2018). Bij de ICT-mbo'ers liggen de percentages iets anders. Van de ICT mbo'ers stroomt de helft door naar het hbo, en daarvan maar 60% met succes (CA-ICT, 2018, p. 7). Daarom is voor de mbo-opleidingen ICT in 2018 gewerkt aan modernisering van de inhoud van de opleidingen. De vernieuwde opleidingen (kwalificatiedossiers) worden in 2019 vastgesteld en krijgen als namen respectievelijk Software development, ICT Beheer & Devices, ICT Support. De inhoud van deze opleidingen is afgestemd op de actuele technologische ontwikkelingen. Hierdoor zal het perspectief op werk voor mbo-ers ICT verbeteren. Niettemin dient structureel te worden geïnvesteerd in de verbetering van de aansluiting tussen de verschillende onderwijsniveaus die momenteel te veel van elkaar verschillen. Het hele systeem van vmbo, mbo en hbo zou coherent moeten zijn.

Nederland ICT is bezorgd dat het tekort aan ICT'ers verder zal oplopen als het onderwijs niet meer aandacht geeft aan ICT-kennis. Dat begint al in het voortgezet onderwijs. Zo wordt het keuzevak informatica op steeds minder scholen aangeboden (Haring, 2017). De VO-raad, de vereniging van middelbare scholen, denkt dat de daling van het aantal informatica-scholen mede wordt veroorzaakt door het groeiende tekort aan informaticadocenten. Dit docententekort zorgt er op haar beurt weer voor dat scholen informatica afschaffen als leraren met pensioen gaan. Daardoor is het voor studenten weer minder interessant om informaticadocent te worden. In dat geval is er dus sprake van een neerwaartse spiraal. De kans bestaat dat in 2025 bijna de helft van de gezochte docenten niet kan worden gevonden (Schellevis, 2017).

In de huidige onderwijscurricula is nog te weinig aandacht voor digitale kennis en vaardigheden. De observatie van de experts in de visie sessie en de sectorspecifieke expert meetings was dat het onderwijs de digitale ontwikkelingen niet goed kan bijbenen en dat ICT veel meer onderdeel moet uitmaken van alle niet-ICT vakken. Naast de verdergaande digitalisering van bestaande functies ontstaan door de digitale technologische ontwikkelingen ook nieuwe functies waarin opleidingen in het onderwijs niet voorzien. Dit riep tevens de vraag op of bestuurders in het onderwijs zich wel voldoende bewust zijn van de stijgende behoefte aan digitale vaardigheden en welke acties worden verlangd van het onderwijs. Vanwege de snelle ontwikkelingen in digitale technologieën en de toepassing daarvan is het tevens de vraag wat het onderwijs hierin zou kunnen betekenen.

Volgens CA-ICT bieden universiteiten momenteel veel gerichte trainingsmogelijkheden voor IT-ondersteuning, maar wordt er niet genoeg gedaan aan kennis en vaardigheden op het gebied van softwareontwikkeling en programmeren. Het probleem hiervan is dat de behoefte aan deze kennis en vaardigheden de komende jaren juist meer zal toenemen dan de behoefte aan zogenaamde secundaire IT-vaardigheden.

Nederland ICT, VNO-NCW en MKB-Nederland pleiten er al een paar jaar voor dat computational thinking (het leren denken op een logische manier om problemen op te lossen) een structureel onderdeel van het curriculum moet zijn op zowel basisschool als middelbare school (VNO NCW, 2017). Een positieve ontwikkeling is dan ook dat 'digitale geletterdheid' wordt vastgelegd in het onderwijsbeleid in het basis- en voortgezet onderwijs. Digitale vaardigheden worden dan een vast onderdeel van het onderwijscurriculum.

Als kinderen op jonge leeftijd al kennis maken met bijvoorbeeld programmeren, dan kan dit eraan bijdragen dat uiteindelijk meer jongeren kiezen voor een ICT-opleiding. Deze curriculumherziening wordt vanaf 2019 wettelijk verankerd (Nederlandse Cybersecurity Agenda, p. 39).

In het mbo, hbo en wo moet meer aandacht komen voor de negatieve ontwikkeling dat steeds minder studenten de ICT-richting kiezen. Wat eveneens om aandacht schreeuwt is het zorgwekkende feit dat digitale vaardigheden slechts in beperkte mate voorkomen in het curriculum voor onderwijs in zorgberoepen en andere beroepsdomeinen (CA-ICT, 2018). Deze ontwikkelingen geven aan dat er onvoldoende bewustzijn is van het belang van goed ICT-onderwijs. Dit betekent onder andere dat er snel ingegrepen moet worden, omdat het een aantal jaren zal duren voordat er voldoende digitaal vaardige mensen beschikbaar zijn op de arbeidsmarkt.

Uit het kwantitatieve onderzoek van CentERdata blijkt dat niet alleen de digitale vaardigheden, maar ook de overige (soft skill) vaardigheden in alle beroepen en functies en op alle opleidingsniveaus in belang toenemen. Veel van dit soort overige (soft skill) vaardigheden hebben een relatief hoog percentage 'persoonlijke kenmerken' die lastig ontwikkelbaar zijn. De vraag is of het aanleren van deze overige (soft skill) vaardigheden een taak is van het onderwijs of een taak van werkgevers. In een onderzoek naar de veranderingen in werk in de technische sector en de gevolgen daarvan voor de competenties van technici, blijkt dat de bevroegde bedrijven vinden dat deze algemene vaardigheden in het beroepsonderwijs geleerd moeten en kunnen worden (Corporaal, Vos, Van Riemsdijk & De Vries, 2018, p. 35).

Tenslotte kwam uit de visie sessie en sectorspecifieke expertmeetings naar voren dat de inrichting van het onderwijs op basis van meerjarige curricula niet meer aansluit bij de beperkte houdbaarheid van kennis. De kennis die in het begin van een opleiding van drie of vier jaar wordt opgedaan, dreigt bij het afstuderen al achterhaald te zijn. Het onderwijs moet voldoende flexibel op de veranderende behoefte aan kennis en vaardigheden in de markt kunnen inspelen. Dit raakt ook meteen het leven lang leren. In de visie- en expertsessies is benoemd dat de wijze waarop het onderwijssysteem is ingericht, suggereert dat een leerling of student 'klaar' is met leren wanneer hij/zij een diploma heeft gehaald. Dit systeem reflecteert niet het idee van een leven lang leren. In de toekomst zullen mensen zich steeds vaker moeten om- of bijscholen om relevant te blijven op de arbeidsmarkt. De bereidheid en houding om je constant te blijven ontwikkelen moet al in het onderwijs worden aangebracht.

Daarnaast werd in de visie sessie en de sectorspecifieke expert meetings benoemd dat de drempel voor volwassenen om zich te laten om- en bijscholen, hoog is. De opleidingskosten zijn hoog en er is geen goede infrastructuur voor een langdurig omscholingstraject. Werknemers die zich willen bij- of omscholen hebben een welwillende werkgever als financiële sponsor nodig. Het zou echter niet van de welwillendheid van de werkgever af moeten hangen of een werknemer wel of niet om- of bijgeschoold kan worden. Iedere werknemer zou hiertoe de mogelijkheid moeten hebben gedurende zijn of haar werkzame leven. Bij- en omscholing moet daarom mede vanuit het onderwijs gefaciliteerd worden.

5.3 Conclusie aansluiting vraag en aanbod op de arbeidsmarkt

Uit onderzoek blijkt dat er sprake is van een behoorlijke mismatch tussen wat werkgevers aan kennis en vaardigheden vragen en wat de arbeidsmarkt biedt. Het verkleinen van de mismatch op de arbeidsmarkt vergt maatregelen aan zowel de vraagzijde als de aanbodzijde van de arbeidsmarkt. Aan de vraagzijde is het voor werkgevers van groot belang om stevig in te zetten op de implementatie van (digitale) technologie en het bij- en omscholen van bestaand personeel om met deze technologie om te kunnen gaan.

Aan de aanbodzijde van de arbeidsmarkt dient urgent actie te worden ondernomen en hier ligt een grote opgave voor met name het onderwijs op alle niveaus. Het algehele beeld uit dit onderzoek is dat het onderwijs de stijgende behoefte aan digitale vaardigheden onvoldoende kan bijbenen. In ICT-opleidingen op mbo-niveau is sprake van beperkte arbeidsmarktperspectieven en bij ICT-opleidingen op hbo- en wo-niveau is sprake van een te geringe instroom en hoge uitvalpercentages. In curricula van veel niet ICT-opleidingen is weinig tot geen aandacht is voor digitale en overige vaardigheden die nodig zijn in de digitale economie. De aanwas vanuit het onderwijs van voldoende ICT-professionals en niet ICT-professionals met digitale vaardigheden is daardoor bij lange na niet toereikend om te kunnen voorzien in de sterk stijgende vraag in de (nabije) toekomst. Aangezien het enige jaren zal duren voordat investeringen die nu worden gedaan in het onderwijs resultaten opleveren, vormt dit ook een bedreiging voor de arbeidsproductiviteit in Nederland. Voor werkgevers, onderwijsinstellingen en de overheid ligt er dan ook een grote uitdaging in het zo snel mogelijk toekomstbestendig maken van onze beroepsbevolking.

Conclusies en aanbevelingen voor arbeids- marktbeleid

Hoofdstuk 6



6.1 Conclusies

1. Artificial Intelligence (AI), The Internet of Things (IoT), big data analytics en cybersecurity zullen, in wisselende verbanden met elkaar en met aanverwante technologieën, voor organisaties in de betrokken topsectoren naar verwachting veel impact hebben in Nederland in de periode tot 2025.
2. Deze grensverleggende technologieën doorkruisen de traditionele disciplines en vakgebieden. Het zijn algemeen toepasbare technologieën met impact op alle organisaties in alle sectoren van de economie. Het tempo waarin de digitale technologische ontwikkelingen voor veranderingen gaan zorgen binnen Nederlandse sectoren en organisaties is moeilijk te voorspellen. Het is tevens moeilijk te voorspellen welke nieuwe producten en diensten door de digitale technologische ontwikkelingen gaan ontstaan. Dit is mede afhankelijk van de implementatie en toepassing van digitale technologieën door organisaties. De adoptiegraad en -snelheid van digitale technologieën verschilt per sector en per organisatie, maar is in veel organisaties in de betrokken topsectoren langzamer dan wat op basis van de stand der techniek mogelijk zou zijn. Vooral de zorgsector blijft achter in het benutten van de digitale technologische mogelijkheden die in de markt beschikbaar zijn.
3. De VS en China lopen voorop in de digitale technologische ontwikkelingen en Nederland is hierin volgend. Zeker waar het de ontwikkelingen op het gebied van AI betreft. De sectoren zijn van mening dat Nederland er naar moet streven om een vroege toepasser (early adaptor) van nieuwe digitale technologieën te zijn waar dat mogelijk is en een koploper te worden in niches waarin Nederland sterk is. Met name op het gebied van IoT, big data analytics en cybersecurity kan Nederland haar sterke internationale concurrentiepositie verder uitbouwen. De maatschappelijke uitdagingen waar Nederland voor staat vragen ook om de inzet op digitale technologie. De energietransitie is alleen mogelijk met behulp van digitale technologieën. Dit geldt ook voor de noodzakelijke verschuiving van de zorg van de traditionele zorgaanbieders naar de thuisomgeving.
4. Voor alle sectoren geldt dat het uiteindelijke saldo voor de werkgelegenheid als gevolg van digitale technologische ontwikkelingen onduidelijk is. De verwachting is echter dat de digitale technologische ontwikkelingen in de betrokken sectoren de komende jaren niet tot een omvangrijk banenverlies gaan leiden, maar mogelijk zelfs zullen leiden tot banengroei. Door de huidige digitale technologische ontwikkelingen staan wel banen met relatief veel routinematige taken onder druk. Veel van deze banen bevinden zich in het middensegment van de arbeidsmarkt. Door de ontwikkeling van AI is de verwachting dat in de toekomst ook steeds meer niet-routinematige taken worden overgenomen en dat ook banen in het lagere en hogere segment worden geraakt. Dit 'raken' betekent niet dat banen verdwijnen maar veranderen. In ieder geval zullen de gevolgen van de digitale technologische ontwikkelingen op de volle breedte van de arbeidsmarkt invloed hebben.
5. De digitale technologische ontwikkelingen hebben vooral kwalitatieve gevolgen voor de inhoud van werk. Als gevolg van de digitale technische ontwikkelingen in Nederland is er sprake van een toename in de vraag naar digitale vaardigheden, in het bijzonder vaardigheden op het gebied van onder andere AI, big data & analytics, IoT en cybersecurity. Nederland heeft meer pure ICT'ers en technische specialisten nodig op deze technologiegebieden en deze specialisten hebben meer dan voorheen ook de vaardigheden nodig om de vertaalslag te kunnen maken naar de behoefte van de mens, markt en maatschappij. Voor niet ICT-specialisten en leidinggevendenden geldt ook een toename in de vraag naar digitale vaardigheden op het gebied van onder andere AI, big data & analytics, IoT en cybersecurity. Voor zowel ICT-professionals als niet ICT-professionals en leidinggevendenden geldt dat met betrekking tot de overige vaardigheden (soft skills) sprake is van een gestegen vraag naar met name de 4 C's: creativity, collaboration, communication en computational thinking.
6. Deze ontwikkelingen hebben betrekking op de gehele arbeidsmarkt en gelden voor alle (top)sectoren, alle beroepen en alle opleidingsniveaus. Voor zowel ICT professionals als niet-ICT professionals als leidinggevendenden neemt het aandeel digitale vaardigheden, naast overige (soft skill) vaardigheden in hun functies toe. Voor de onderzochte topsectoren geldt dat bovendien sterker dan voor de arbeidsmarkt als geheel. Uitzondering daarop vormt de gezondheids- en zorgsector. In deze sector is sprake van slechts een kleine toename in de vraag naar digitale vaardigheden.

7. De vraag naar steeds hogere, bredere en digitale kennis en vaardigheden in alle beroepen en functies op alle opleidingsniveaus en de vraag naar vaktechnische specialisten botst steeds harder met de krapte op de arbeidsmarkt waarin het arbeidsaanbod steeds verder vergrijst en vanaf 2021 gaat krimpen. Daarnaast daalt de behoefte aan mensen die niet of niet in voldoende mate over digitale en overige vaardigheden (soft skills) beschikken. Het stijgende gebrek aan geschikte mensen en het dreigende overschot aan ongeschikte mensen is een dwarsdoorsnijdend vraagstuk in de betrokken topsectoren. De groeiende mismatch op de arbeidsmarkt remt de inzet van digitale technologieën in organisaties en bedreigt de uitvoering van het missiegedreven innovatiebeleid en de op basis hiervan geformuleerde kennis- en innovatieagenda's ten behoeve van onder andere de energietransitie, decarbonisatie en digitale transformatie van de industrie en de zorg. De groeiende mismatch op de arbeidsmarkt is daardoor een rem op de groei van de arbeidsproductiviteit. Als de groei van de arbeidsproductiviteit in Nederland verder blijft dalen gaat dat ten koste van onze welvaart en ons welzijn. Technologische innovatie is de sleutel voor het verhogen van de arbeidsproductiviteit. Het opleiden van mensen is de sleutel voor het verhogen van de technologische innovatie. Acceptatie en het kunnen inzetten van technologie door de beroepsbevolking zijn cruciaal om te kunnen blijven innoveren.
8. In Nederland zijn op grote schaal investeringen nodig in de kennis en vaardigheden van mensen om met de technologieën op het gebied van onder andere AI, big data & analytics, IoT en cybersecurity om te gaan. De opgave waar we in Nederland voor staan overstijgt het opleiden van meer ICT-professionals. Uiteindelijk zullen alle producten, diensten, processen en taken die gedigitaliseerd kunnen worden, ook daadwerkelijk gedigitaliseerd worden. Hierdoor vervagen de grenzen tussen ICT-beroepen en andere beroepen en tussen de sectoren. Dit betekent dat de totale (aankomende) beroepsbevolking digitaal vaardiger moet worden. Dit beperkt zich niet tot het opleiden van leerlingen en studenten. Als gevolg van de digitale technologische ontwikkelingen zal een substantieel deel van de werkende en niet-werkende beroepsbevolking om- of bijgeschoold moeten worden, waarschijnlijk meerdere keren per loopbaan en mogelijk continu.
9. De om- of bijscholingsopgave geldt zeker voor de werkzame beroepsbevolking van 35 jaar en ouder (in totaal 5,4 miljoen werkenden) waarvan in toenemende mate meer digitale en overige vaardigheden (soft skills) worden gevraagd, en die deze vaardigheden niet in hun opleiding hebben meegekregen. Zeker als het gaat om werknemers met een middelbaar of lager opleidingsniveau. Die groep kan niet zomaar terug naar school, moet zich (een aantal keren in een loopbaan) nieuwe kennis en vaardigheden eigen maken en is daar nog niet goed op ingesteld. Het percentage werkenden dat aan scholing deelneemt ligt een stuk lager op mbo niveau dan op hbo en wo niveau. Deze enorme groep mensen moet worden meegenomen in de veranderende en nieuwe functies die naar verwachting steeds meer ICT componenten bevatten en digitale en overige vaardigheden (soft skills) vereisen.
10. Voor mensen in een krimpend beroep of voor mensen die niet mee kunnen of willen in de digitale technologische ontwikkelingen, zijn er voldoende mogelijkheden om over te stappen naar een andere baan. Uit het kwantitatieve dataonderzoek van CentERdata komt naar voren dat zelfs in het meest negatieve scenario in theorie in 80% van de gevallen een overstap naar een andere baan gevonden kan worden. Het vergt uiteraard wel de nodige inspanningen van werkgevers en werknemers om deze overstapmogelijkheden te benutten. Dit geldt des te meer voor de 20% werknemers waarvoor geen overstap naar een andere baan gevonden kan worden. Vanwege de oplopende arbeidsmarktekorten (mede door een krimpende beroepsbevolking vanaf 2021) kan Nederland het zich niet veroorloven deze mensen voor de arbeidsmarkt te verliezen (los van de morele en sociale aspecten). De achterstand op de arbeidsmarkt van mensen die niet meegaan in de digitale technologische ontwikkelingen neemt snel toe. De Nederlandse economie en samenleving hebben er baat bij wanneer mensen die niet mee willen of kunnen of die werken in krimpberoepen, tijdig worden bij- of omgeschoold naar banen met toekomstperspectief. Vanwege het maatschappelijk belang ligt de verantwoordelijkheid hiervoor niet alleen bij de werkgevers en werknemers, maar ook bij de overheid en het onderwijs.

11. Het huidige onderwijs kan de stijgende behoefte aan digitale vaardigheden onvoldoende bijbenen. In ICT-opleidingen op mbo-niveau is sprake van beperkte arbeidsmarktperspectieven en bij ICT-opleidingen op hbo en wo niveau is sprake van een te geringe instroom en hoge uitvalpercentages. In curricula van veel niet ICT-opleidingen (bijvoorbeeld in de curricula van zorgopleidingen) is slechts beperkt of helemaal geen aandacht voor de digitale vaardigheden die nodig zijn binnen de digitale economie. De aanwas vanuit het onderwijs van ICT-professionals en niet-ICT-professionals met voldoende digitale vaardigheden is daardoor volstrekt ontoereikend om te kunnen voorzien in de sterk stijgende vraag in de (nabije) toekomst.
12. Het huidige onderwijssysteem volstaat niet voor een leven lang ontwikkelen. Onderwijsinstellingen zijn niet toegesneden op een leven lang ontwikkelen, terwijl dit vanwege de digitale technologische ontwikkelingen vanuit maatschappelijk en economisch oogpunt wel gewenst is. De vraag is hoe het onderwijs de samenleving het beste kan faciliteren. Het onderwijssysteem mag mensen na hun 27ste niet aan hun lot overlaten, zoals dat nu het geval is. Werkenden zouden gedurende hun gehele werkzame leven van onderwijs gebruik moeten kunnen maken. Het onderwijs moet worden omgevormd tot een enabler in plaats van een disabler voor een leven lang ontwikkelen. In ieder geval moeten onderwijs en werkpraktijk veel sterker en duurzamer met elkaar worden verbonden om te kunnen voorzien in de behoefte op de huidige en toekomstige arbeidsmarkt. Juridische en culturele drempels die deze gewenste ontwikkeling naar een sterkere verbinding blokkeren moeten worden geïdentificeerd en geslecht. In Nederland worden al veel experimenten uitgevoerd ter verbetering van de aansluiting tussen onderwijs en arbeidsmarkt, maar deze zijn allemaal kleinschalig, gefragmenteerd, geïsoleerd en gericht op de eigen omgeving. Synergie tussen experimenten ontbreekt. Verder ontbreken op geaggregeerd niveau inzicht en empirisch bewijs van methoden en samenwerkingsconstructies die goede resultaten laten zien.
13. De drempel voor volwassenen om zich te laten om- of bijscholen is te hoog. De opleidingskosten zijn hoog en er is geen goede infrastructuur voor een regelmatig en langdurig omscholingstraject. Een werknemer zou niet van een werkgever afhankelijk moeten zijn voor om- of bijscholing. Daarnaast neemt het aantal zzp'ers in de arbeidsmarkt steeds verder toe en ook voor hen geldt dat zij hun kennis en vaardigheden op peil moeten kunnen houden. Iedere werknemer en zzp'er zou de mogelijkheid moeten hebben om zich periodiek, tegen aanvaardbare kosten te laten bijscholen en, indien nodig, omscholen. Dit zou mede vanuit het bekostigde onderwijs gefaciliteerd moeten worden.
14. Het kunnen beschikken over voldoende arbeidskrachten met adequate digitale en overige vaardigheden (soft skills) en de schaal waarop dit nodig is (mede als gevolg van de nationale missie gedreven innovatieaanpak), is een veel grotere maatschappelijke en economische uitdaging dan dat werkgevers, onderwijsinstellingen en de politiek zich momenteel beseffen. Vanwege de omvang en de urgentie is het opleidingsvraagstuk van de huidige en toekomstige beroepsbevolking één van de belangrijkste, zo niet het belangrijkste sociaaleconomische vraagstuk in Nederland van de komende decennia. Het is een sociaaleconomisch vraagstuk dat Nederland moet oplossen om mee te kunnen, of zelfs voorop te lopen, in de digitale revolutie en de kansen te verzilveren die de digitale technologieën bieden.

Het opleidingsvraagstuk van de huidige en toekomstige beroepsbevolking is één van de belangrijkste, zo niet het belangrijkste sociaaleconomische vraagstuk van de komende decennia.

De samenwerkingspartners willen zich graag inzetten voor het oplossen van dit grote sociaaleconomische vraagstuk. De samenwerkingspartners doen daartoe negen aanbevelingen.

6.2 Aanbevelingen



Werkgevers: investeer in het verhogen van de digitale kennis op bestuurs- en directie niveau en in de digitale mindset van leidinggevendenden op alle managementniveaus ter bevordering van leiderschap op de totstandkoming van technologische doorbraken en de verhoging van de adoptiegraad en adoptiesnelheid van nieuwe digitale technologieën

Een digitale mindset van leidinggevendenden op alle niveaus binnen organisaties is de enabler voor de implementatie van nieuwe digitale technologieën binnen organisaties. In eerste instantie moeten organisaties zorgen voor een goede digitale kennis op bestuurs- en directieniveau, waardoor nieuwe digitale technologieën benaderd worden als kans in plaats van als bedreiging. Leidinggevendenden moeten in staat zijn om een visie op de inzet van digitale technologie neer te zetten en een digitale strategie te ontwerpen. Onderdeel hiervan is het conceptualiseren van de manier waarop digitale technologieën en hieraan verbonden business modellen invloed hebben op de organisatie en haar werknemers. Leidinggevendenden moeten hun werknemers in een vroeg stadium betrekken en meenemen in het beeld van hun organisatie in de toekomst, in samenhang met de invoering van nieuwe technologieën. Leidinggevendenden kunnen werknemers helpen bij het creëren van bewustzijn van de invloed die technologie op hun werk gaat hebben. In een open dialoog met de werknemers kunnen leidinggevendenden laten zien dat de inzet van nieuwe digitale technologieën zoveel mogelijk complementair is in het werk en dat het geen bedreiging is, maar een kans. De complementaire inzet van digitale technologie verhoogt de productiviteit, creativiteit en het werkplezier van mensen, omdat tijdrovende vervelende taken door digitaal technologische toepassingen komen te vervallen. Een succesvolle implementatie en volledige benutting van de technologische mogelijkheden vergt leiderschap met oog voor de cultuur en organisatorische capaciteiten, en de betrokkenheid van werknemers.

Werkgevers kunnen de adoptiegraad -en snelheid van digitale technologie binnen hun organisatie tevens verhogen door inhoudelijke vakmensen aan te stellen die data kunnen duiden en vertalen naar de context van het vakgebied. Een goed voorbeeld is de aanstelling van data stewards binnen de zorg met diepgaande kennis en vaardigheden op het gebied van datatoepassingen binnen de context van het zorgproces. De creatie van hybride functies naar het voorbeeld van data stewards in de zorg is een beginnende ontwikkeling die kan worden opgeschaald en vertaald naar de verschillende opleidingsniveaus en sectoren.



Werkgevers: investeer in het verbeteren van de digitale vaardigheden van werknemers

Als gevolg van de digitale technologische ontwikkelingen in de komende decennia zal een substantieel deel van de beroepsbevolking om- of bijschoold moeten worden, waarschijnlijk zelfs meerdere keren per loopbaan. De om- of bijscholingsopgave geldt zeker voor een groot gedeelte van de circa 5,5 miljoen werkenden van boven de 35 jaar waarvan een groot gedeelte in toenemende mate meer digitale en overige vaardigheden (soft skills) worden gevraagd, en die deze vaardigheden niet in hun opleiding hebben meegekregen. Zeker als het gaat om werknemers met een middelbaar of lager opleidingsniveau. Vooralsnog ligt de primaire verantwoordelijkheid hiervoor momenteel bij de werkgevers en werknemers. Werkgevers zullen hun werknemers (pro-)actiever moeten begeleiden in wat zij de komende decennia aan kennis en vaardigheden nodig hebben. Dit vergt van leidinggevend dat zij hun werknemers meenemen in hoe hun functie de komende jaren gaat veranderen als gevolg van de digitale technologische ontwikkelingen, wat dit voor de kennis en vaardigheden van de werknemers betekent en hun een wenkend perspectief bieden. De inzet van digitale technologieën als virtual en augmented reality (VR en AR) kan helpen dit wenkend perspectief te bieden door mensen mee te nemen in nieuwe werksituaties en nieuwe werkomgevingen. Met behulp van deze VR en AR-technieken en bijvoorbeeld online courses kunnen mensen ook zonder traditioneel onderwijs op de werkplek worden geschoold.

Werknemers moeten in staat zijn om digitale technologieën in hun voordeel te gebruiken in een tijdperk waarin banen steeds meer gedreven worden door en afhankelijk zijn van technologie. Leidinggevend kunnen hun werknemers helpen in de bewustwording dat regelmatige bijscholing en soms omscholing nodig is om hun taken binnen de organisatie te kunnen blijven uitvoeren. Van werknemers vergt dit dat zij leren zich blijvend open te stellen voor verandering en dat zij een actieve leerhouding aannemen om nieuwe kennis en vaardigheden op te doen.

De scholingsinspanning van werkgevers is ook vereist voor werknemers wiens baan door de digitale technologische ontwikkelingen dreigt te verdwijnen, of voor werknemers die niet mee kunnen of niet mee willen in de veranderingen. Het onderzoek toont aan dat kennis en vaardigheden tussen start- en overstapberoepen vaak dermate dicht bij elkaar liggen en dat slechts een relatief geringe scholingsinspanning nodig is om de overstap mogelijk te maken. Werkgevers kunnen hun werknemers actief helpen de kansen te grijpen voor een overstap naar een toekomstbestendig beroep.

Voor het aantal werknemers waarvoor geen overstapmogelijkheid bestaat is een substantiële omscholingsinspanning nodig. Deze omscholingsinspanning zal, naast eventuele specifiek benodigde vakkennis, vooral moeten plaatsvinden op de digitale vaardigheden om de kansen op een overstap naar een andere baan te verhogen.



Overheid: stel cofinanciering beschikbaar om de digitale vaardigheden van werknemers en met werkloosheid bedreigde werknemers in het mkb en van zzp'ers te verbeteren

Gezien de enorme omvang van de noodzakelijke bij- en omscholingsinspanning van de beroepsbevolking, roepen de samenwerkingspartners de overheid op om subsidie- of fiscale stimuleringsregelingen beschikbaar te stellen die werkgevers in hun scholingsinspanningen ondersteunen. Grote werkgevers zijn vaak in staat om eigen opleidingsprogramma's aan te bieden voor nieuwe instromers uit het onderwijs en de eigen werknemers.

Werkgevers in het mkb missen hiervoor vaak de capaciteit en de financiële middelen. Van het totale Nederlandse bedrijfsleven valt 99% onder het mkb (inclusief zelfstandigen). Zij zijn verantwoordelijk voor meer dan 60% van de toegevoegde waarde en maar liefst 70% van de werkgelegenheid. Gezien het grote maatschappelijk belang is het de medeverantwoordelijkheid van de overheid om er voor te zorgen dat werkenden in het mkb en zzp'ers gedurende hun werkzame leven inzetbaar blijven in het arbeidsproces en niet terecht komen in een werkloosheidsituatie waarin hun afstand tot de steeds verder digitaliserende arbeidsmarkt snel onoverbrugbaar wordt.



Onderwijs: geef binnen de bestaande onderwijscurricula op alle opleidingsniveaus meer aandacht aan specifieke digitale vaardigheden en specifieke soft skills

Niet-ICT-opleidingen: de stijgende vraag naar digitale vaardigheden in alle beroepen, functietypen en opleidingsniveaus vraagt van het onderwijs, breed en op alle opleidingsniveaus, dat in de curricula van niet-ICT-opleidingen (waaronder dus ook technische opleidingen) meer aandacht komt voor digitalisering en de daarbij horende digitale vaardigheden in de context van de verschillende vakgebieden. Digitale vaardigheden moeten een standaard onderdeel zijn in het curriculum voor alle studenten. Voor het aanleren van digitale vaardigheden kunnen docenten en studenten ook ondersteund worden door digitale technologieën.

ICT-opleidingen: de stijgende vraag naar expert kennis en vaardigheden op het gebied van AI, big data analytics, cybersecurity en IoT vraagt van het onderwijs dat zij op grote schaal investeren in het in de onderwijscurricula opnemen van vakken waarin AI, big data analytics, cybersecurity en IoT en hun (toekomstige) verbindingen met elkaar en met aanverwante technologieën centraal staan.

Hybride-opleidingen: er zijn in alle sectoren inhoudelijke vakmensen nodig die de data kunnen duiden en vertalen naar de context van het vakgebied. In samenwerking met werkgevers kan het onderwijs opleidingen of opleidingsmodulen ontwikkelen voor deze hybride functies zoals data stewards.

De ontwikkeling van data stewards met diepgaande kennis en vaardigheden van data binnen de context van het zorgproces is een beginnende ontwikkeling die moet worden opgeschaald en vertaald naar de verschillende opleidingsniveaus en sectoren.

Soft skills: de stijgende vraag naar overige vaardigheden (soft skills) in alle beroepen, functietypen en opleidingsniveaus vraagt van het onderwijs breed en op alle opleidingsniveaus dat in de curricula ook meer aandacht komt voor overige vaardigheden (soft skills). Zeker voor mbo-opleidingen en de universitaire STEM-opleidingen (Science, Technology, Engineering & Mathematics) geldt dat soft skills meer aan bod moeten komen. Hierop inzetten vergt naar verwachting geen inhoudelijke aanpassing van de curricula, maar vraagt om een andere manier van leren. In samenwerking met werkgevers dient vorm te worden gegeven aan de begeleiding van studenten in de ontwikkeling van deze soft skills.

Zelfredzaamheid: voor zowel ICT-opleidingen als niet-ICT-opleidingen geldt dat in de opleidingen op mbo en hbo meer aandacht moeten worden besteed aan het zelfredzamer maken van leerlingen. Leerlingen moeten zich vanaf de start van hun onderwijsloopbaan een actieve leerhouding blijvend eigen maken en ervan doordrongen raken dat zij verantwoordelijkheid dragen voor hun eigen ontwikkeling en hun duurzame inzetbaarheid gedurende hun werkzame leven.



Onderwijs: verhoog de instroom en verlaag de uitvalpercentages in de ICT-opleidingen op hbo- en wo-niveau

Het hbo en het universitaire onderwijs moeten investeren in de realisatie van meer instroom in hbo en wo ICT-opleidingen en het verlagen van de uitvalpercentages om in de stijgende behoefte van de markt te kunnen voorzien. Het verhogen van de instroom heeft niet alleen betrekking op het enthousiasmeren van jongeren om bepaalde ICT-opleidingen te volgen. Het verhogen van de instroom is ook mogelijk door praktische drempels weg te nemen als verplicht eindcijfer voor Wiskunde B in de derde klas van de middelbare school om Wiskunde B te mogen kiezen. Daarmee wordt het aanbod van potentiële instromers voor informatica opleidingen vergroot.

De zij-instroom van werkenden voor om- of bijscholing biedt ook kansen voor het verhogen van de instroom in ICT-opleidingen. Het onderwijssysteem moet dan wel voldoende flexibiliteit bieden voor werkenden om (delen) van deze opleidingen te volgen in combinatie met hun werk. Het verhogen van de instroom heeft ook betrekking op het verhogen van de opleidingscapaciteit, zodat een numerus fixus wordt voorkomen op populaire opleidingen zoals Artificial Intelligence.



Werkgevers, onderwijsinstellingen en overheid: investeer en participeer de komende vijf jaar in experimenten met nieuwe onderwijs-arbeidsmarkt concepten

Experimenten met nieuwe onderwijs-arbeidsmarkt concepten zijn een absolute vereiste om te kunnen voorzien in de kennis, vaardigheden en motivatie die leerlingen, studenten en werknemers nodig hebben in de digitale economie. De experimenten moeten erop gericht zijn om kennis en ervaring op te doen met nieuwe grens doorbrekende constructies waarin het onderwijs, private opleidingsinstellingen en werkgevers integraal met elkaar samenwerken. Nieuwe samenwerkingsverbanden zijn nodig met constructies waarin de schotten tussen publiek onderwijs en privaat opleiden komen te vervallen, evenals het schot tussen bevoegd (diploma) en bekwaam (badge). Hierdoor moet het eenvoudiger worden voor werknemers uit het bedrijfsleven om naast hun werk les te geven in het onderwijs op basis van een proeve van bekwaamheid. De experimenten moeten systematisch geëvalueerd en gemonitord worden, zodat ze empirisch bewijs opleveren van de innovaties die werken. Gestart kan worden met het verbinden van bestaande koploper experimenten in verschillende regio's in Nederland. Deze koploper experimenten hebben met elkaar gemeen dat zij op een volledig andere wijze invulling geven aan het opleiden van studenten en professionals en de samenwerking tussen onderwijs en bedrijfsleven en andere stakeholders. Met hun toekomstgerichte en vraag gestuurde onderwijs – en opleidingsmodellen dragen ze ieder op hun eigen wijze bij aan het realiseren van een arbeidsaanbod dat aansluit bij de behoefte in de digitale economie en samenleving.

Op geaggregeerd niveau kunnen uit deze (en andere) koploper projecten leerpunten worden getrokken, zodat hierop onder regie verder gebouwd en opgeschaald kan worden (brown field). Een andere optie is om geheel nieuwe concepten in de samenwerking tussen onderwijsinstellingen en werkgevers te ontwikkelen en als experimenten onder regie uit te voeren (green field). De samenwerkingspartners roepen de overheid op om deze experimenten te stimuleren en in deze experimenten te participeren en te leren hoe de regelgeving de opschaling van succesvolle experimenten het beste kan faciliteren.



Werkgevers, onderwijs en overheid: werk toe naar een nieuw integraal opleidingsstelsel in Nederland

De experimenten met nieuwe onderwijs-arbeidsmarkt concepten kunnen dienen als bouwstenen voor een geheel nieuw geïntegreerd opleidingsstelsel in Nederland, waarvan zowel bekostigde onderwijsinstellingen als private opleiders en opleidings- en ontwikkelingsfondsen deel uitmaken. We staan als maatschappij voor de uitdaging om het opleiden van mensen opnieuw te definiëren en zo te ontwerpen dat we duurzaam in staat zijn om mee te bewegen met de snelheid van technologische vooruitgang en de kennis en vaardigheden die deze vooruitgang vraagt. Om te kunnen voorzien in de noodzakelijke productiviteitsgroei en tegelijkertijd te voorkomen dat grote groepen werknemers buitenspel komen te staan, is een radicaal andere benadering van het opleiden van mensen nodig. Zowel van leerlingen en studenten in het onderwijs, als van werknemers in arbeidsorganisaties, als van het toenemend aantal zzp'ers in Nederland. Er moet een opleidingsstelsel komen dat integraal voorziet in het opleiden van scholieren, studenten, werknemers en zelfstandigen. Om dit te kunnen realiseren moet de school meer 'naar buiten' en de omgeving van de school meer 'naar binnen'; formeel leren verplaatst zich naar hybride leerplekken.

De samenwerkingspartners delen de visie van onder meer FME dat wij in Nederland naar één geïntegreerd open leersysteem moeten, waarin leren, werken en innoveren via gezamenlijke regionale platforms en learning communities vloeiend in elkaar overlopen. Een leersysteem waarin de strikte scheiding tussen school en werk, en tussen bekostigd onderwijs en privaat opleiden wegvalt. Hierdoor ontstaat een nieuw publiek-privaat opleidingsdomein. Mensen blijven zich permanent intensief ontwikkelen en kunnen gedurende hun gehele werkzame leven van onderwijs genieten. De overheid heeft een belangrijke rol om te komen tot een nieuw integraal opleidingsstel, omdat dit een radicale verandering in het onderwijs vergt en het onderwijs geen prikkel vanuit de markt heeft om deze verandering uit te voeren. Voor het verhogen van de arbeidsproductiviteit van Nederland met de inzet van technologie is zo'n geïntegreerd opleidingsstelsel een absolute voorwaarde, evenals de voorwaarde dat werkgevers, onderwijsinstellingen, private opleidingsinstellingen, sectoren en overheid moeten samenwerken om zo'n opleidingsstelsel te realiseren.



Overheid: stel een Deltacommissaris aan op het thema Leren, Werken en Innoveren

Het risico dat Nederland loopt om achterop te raken in de digitale transformatie vraagt om slagvaardigheid en leiderschap. De verantwoordelijkheden met betrekking tot leren en werken zijn nu verdeeld over drie ministeries waardoor compromissen worden gesloten, terwijl duidelijk keuzes nodig zijn die richting geven aan de noodzakelijke veranderingen in het opleidingsstelsel. Voor het realiseren van de noodzakelijke transitie van het Nederlandse opleidingsstelsel voor leerlingen, studenten, werkenden en zelfstandigen dient een Deltacommissaris te worden aangesteld die hierin de regie neemt. De Deltacommissaris heeft een eigen budget, staat los van de belangen van afzonderlijke sectoren en ministeries, heeft eigen verantwoordelijkheden en bevoegdheden, formuleert een scherpe visie op het nieuwe opleidingsstelsel voor leren, werken en innoveren en pakt hierop leiderschap.



Opleidings- en Ontwikkelingsfondsen: breng gezamenlijk in kaart welke intersectorale overstapmogelijkheden er zijn voor werknemers in krimpberoepen

Voor de grote meerderheid van beroepen in krimpende sectoren of beroepsklassen als gevolg van digitalisering, robotisering en automatisering, zijn overstapmogelijkheden te vinden. Vaak zijn deze overstapmogelijkheden te vinden waar men het niet zou verwachten. De Opleidings- en Ontwikkelingsfondsen (O&O-fondsen) kunnen de overstapmogelijkheden middels een gezamenlijke aanpak faciliteren door de krimpberoepen binnen de (top)sectoren te identificeren en de competenties van de mensen in deze krimpberoepen te matchen met de benodigde competenties in de (vacatures voor) kansberoepen. Vervolgens kunnen de O&O-fondsen gezamenlijke arrangementen ontwikkelen die de overstap van mensen uit de geïdentificeerde krimpberoepen naar toekomstbestendige beroepen faciliteren. Gezien het stijgende aandeel van digitale vaardigheden en soft skills in deze toekomstbestendige beroepen, valt te denken aan om- of bijscholingsarrangementen voor het verhogen van de digitale vaardigheden en soft skills van de mensen in krimpberoepen.

Bijlagen

Hoofdstuk 1

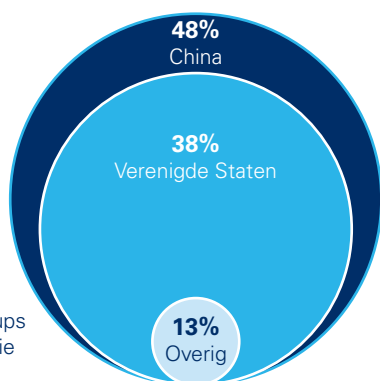


Bijlage 1. Beschrijving digitale technologieën

Beschrijving van de digitale technologieën in de betrokken topsectoren, die naar verwachting de meeste impact gaan hebben op organisaties in de betrokken topsectoren.

Artificiële intelligentie (AI, inclusief machine learning en deep learning)

Volgens het NWA is de laatste jaren een enorme vooruitgang op het gebied van machine learning, perceptie en modellering geboekt en is de impact van Artificiële Intelligentie (AI) op de maatschappij toegenomen. Het Nederlandse bedrijfsleven heeft grote moeite expertise op dit gebied te vinden (Kennis- en Innovatieagenda 2018-2021, z.d.). Uit het onderzoek 'Artificial Intelligence in Europe', uitgevoerd door EY in opdracht van Microsoft, blijkt dat het bedrijfsleven in ons land AI hoog op de agenda heeft staan. In Nederland worden zowel deep learning (een machine learning techniek op basis van neurale netwerken) als machine learning (een domein binnen artificiële intelligentie dat patronen haalt uit data) relatief veel gebruikt. Voorbeelden van de inzet van machine learning zijn het verbeteren van producten en diensten en predictive maintenance van producten. Volgens het onderzoek zet driekwart van de Nederlandse bedrijven in 2018 al machine learning in. Daarmee loopt Nederland voor op de rest van Europa (EY, 2018).



Externe financiering naar start-ups actief in kunstmatige intelligentie naar regio in 2017

Figuur 11.

Niettemin is Nederland wereldwijd gezien zeker geen koploper in de ontwikkeling en toepassing van AI. China en de Verenigde Staten lopen hierin voorop doordat die landen stelselmatig meer investeren in AI en daardoor meer talentvolle onderzoekers aantrekken. China domineert in AI-financiering (zie figuur 11), maar ook de Amerikaanse techreuzen als Google, Oracle en Amazon investeren zwaar in het aantrekken van talent voor en de ontwikkeling van AI (Gershgorin, 2018).

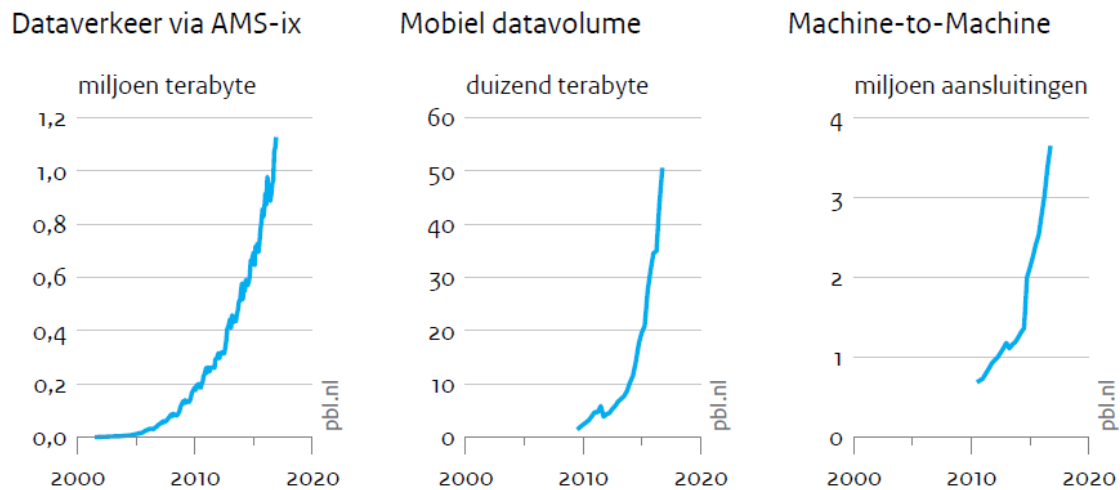
Met de oprichting van een 'European Lab for Learning and Intelligent Systems' (Ellis), bindt een consortium van zes¹⁴ Europese topinstituten op het gebied van AI de strijd aan met China en de Verenigde Staten. Voor de oprichting van Ellis hebben de topinstituten bij de Europese Commissie verzocht om een budget van €600 mln, naast een jaarlijks budget van €90 mln. Het consortium neemt daarbij het in Canada opgerichte Vector Instituut als voorbeeld. Dit Canadese AI-instituut is in 2017 opgericht met \$150 mln van overheid en bedrijfsleven, en heeft de braindrain naar de VS daar gestopt. Met de oprichting van Ellis wil het consortium werk bieden aan honderden computeringenieurs, wiskundigen en andere wetenschappers met het uitdrukkelijke doel om Europa in de voorhoede van AI-onderzoek te houden en een brain drain naar de grote techreuzen te voorkomen. Als Europa een leidende positie verovert, zo is hun idee, dan bepalen Europese normen en waarden, en niet die van China of de VS, de impact van de digitale revolutie (Van Wijnen, 2018).

Big data analytics

De naam 'big data' verwijst naar datasets van honderden tera- of zelfs petabytes. Steeds vaker wordt de term gebruikt om de grote hoeveelheden gestructureerde en ongestructureerde data te beschrijven. Organisaties verwerven steeds grotere hoeveelheden data vanuit de eigen processen. Deze data worden verzameld, opgeslagen en uitgewisseld, zowel binnen als buiten de eigen organisatie. Het verwerven van big data brengt steeds grotere uitdagingen met zich mee; zowel op het gebied van (veilige) opslag en delen (data handling) als op het gebied van analyseren (data analytics). Het analyseren van deze data en vertalen naar waarde is een steeds grotere uitdaging voor data analisten en experts in kunstmatige intelligentie.

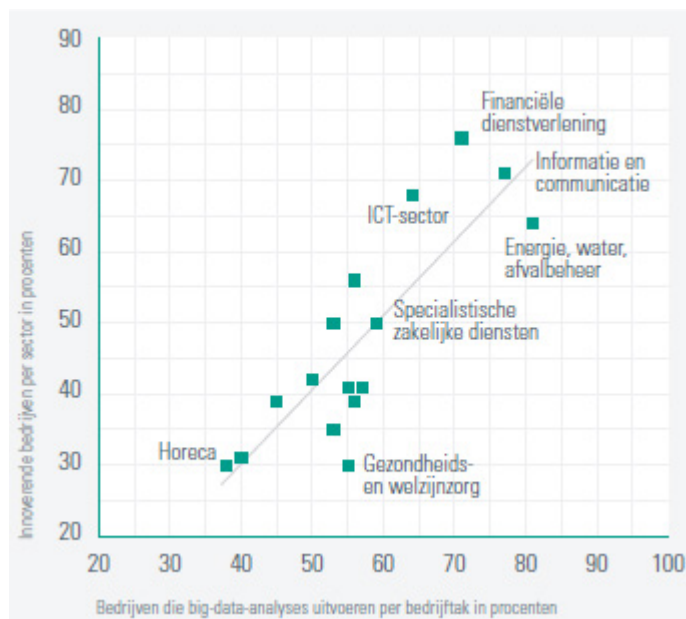
Figuur 12 geeft de exponentiële groei weer van rekenvermogen, geheugencapaciteit en datatransmissie dat de basis legt voor het genereren, verzamelen en verwerken van exponentieel toenemende hoeveelheden digitale informatie.

¹⁴ De Universiteit van Amsterdam, de Zwitserse technische universiteit ETH, de Israëlische Hebrew University, het Max Planck Institute for Intelligent Systems van de Duitse universiteit van Tübingen, de universiteit van Cambridge en het Franse onderzoeksinstituut Inria.



Figuur 12. Toename data verkeer (De Hollander, Vonk, Snellen & Huitzing, (2017, p. 18).

De explosie van digitale informatie biedt het bedrijfsleven in Nederland enorme economische en wetenschappelijke kansen. Vaak wordt naar big data gerefereerd als het 'nieuwe goud'. Met geavanceerde analysetools kunnen waardevolle inzichten worden verkregen om nieuwe producten en verdienmodellen te ontwikkelen. Dit maakt big data ook tot een nieuwe productiefactor. Volgens een rapport van ABN AMRO laten cijfers van het CBS zien dat sectoren waarbinnen organisaties inzetten op big data over het algemeen ook innovatiever zijn (zie figuur 13).



Figuur 13. Big data en innovatie (ABN AMRO, 2018, p. 34).

Tevens biedt big data nieuwe kansen om wetenschappelijk onderzoek in een groot aantal toepassingsgebieden te versterken (KNAW, 2018).

De nieuwe mogelijkheden zijn mede te danken aan de gespecialiseerde software pakketten waarmee analisten modellen kunnen bouwen. Voorbeelden zijn IBM/SPSS Modeler, SAS, Miner, KNEX en Eviews. Daarnaast is ook opensourcesoftware beschikbaar zoals R, Python en Java. Tegenwoordig wordt er tijdens de analyse van big data ook steeds vaker gebruik gemaakt van AI (ABN AMRO, 2018).

Volgens het prinsjesdagrapport 2018 van ABN AMRO is Nederland goed gepositioneerd voor de big data revolutie. Nederland is een belangrijke vestigingsplaats voor datacenters en cloudapplicaties en heeft daardoor een spilpositie in de mondiale digitale infrastructuur. AMS-IX is een internationaal internetknooppunt in Amsterdam. Een zeer groot deel van het internetverkeer met het buitenland en de gegevensstroom tussen Nederlandse internetproviders wordt afgehandeld via het netwerk van AMS-IX (zie ook figuur 12). Daarnaast hebben Google (Eemshaven) en Microsoft (Wieringermeer) grote datacenters in Nederland.

Big data-analyse is bij grote bedrijven gebruikelijker dan bij kleine bedrijven. Van de bedrijven met vijfhonderd of meer werknemers is volgens het CBS maar liefst 42% bezig met big data-analyse. Hoewel veel mkb'ers volgens onderzoek van ABN AMRO wel potentie zien in big data, zijn er nog voldoende uitdagingen voor het mkb als het gaat om het daadwerkelijk inzetten van big data in de bedrijfsvoering. Slechts 12% van het mkb geeft aan geen obstakels te zien bij de inzet van big data. Dat betekent dat 88% van het mkb drempels ervaart om met big data aan de slag te gaan. Een gebrek aan kennis (of informatie over big data) vormt een van de grote hindernissen voor het mkb (ABN AMRO, 2018, p. 66).

Big data biedt dus veel mogelijkheden. Nederland moet zich op het gebied van big data-oplossingen verder blijven ontwikkelen. Volgens het CPB wordt 46% van de big data-patenten aangevraagd in de VS, 29% in China en slechts 6% in Europa. De positie die Nederland nu heeft is direct gerelateerd aan investeringen die enkele decennia geleden zijn gedaan (ABN AMRO, 2018, p. 34).

Om de kansen van big data optimaal te benutten en de transitie te maken naar een slimmere data-gedreven economie, is het voor bedrijven zaak om nieuwe expertise binnen te halen. Innovatie- en onderzoeksprogramma's op initiatief van dutch digital delta, zoals Commit2Data en VWData kunnen bedrijven daarin assisteren (Commit2Data, z.d.).

Cybersecurity

De steeds verdergaande digitalisering, inter-connectiviteit en wijzigingen in de regelgeving (zoals de EU-verordening inzake gegevensbescherming: de GDPR) zorgen voor een aanhoudende groei op de markt voor beveiligingsdiensten. Deze groei wordt mede veroorzaakt door de toenemende technische complexiteit, het toenemende bewustzijn voor veiligheidsrisico's en het gebrek aan de juiste competenties in organisaties. In de periode 2010-2014 is de omzet van Cybersecurity producten en diensten binnen de ICT-sector jaarlijks met 14,5 procent toegenomen (Rijksoverheid, 2017). Volgens onderzoeksbureau Gartner zal in de markt voor security-producten in 2019 een omzet worden geboekt van 124 miljard dollar (Gartner, 2018). De wereldwijde waarde van de cyber security markt wordt in 2020 al op 163 miljard euro geschat: dat is een mondiale groei ten opzichte van 2015 van 18% (Rijksoverheid, 2017).

MARKET SEGMENT	2017	2018	2019
Application Security	2.434	2.742	3.003
Cloud Security	185	304	459
Data Security	2.563	3.063	3.524
Identity Access Management	8.823	9.768	10.578
Infrastructure Protection	12.583	14.106	15.337
Integrated Risk Management	3.949	4.347	4.712
Network Security Equipment	10.911	12.427	13.321
Other Information Security Software	1.832	2.079	2.285
Security Services	52.315	58.921	64.237
Customer Security Software	5.948	6.395	6.661
Total	101.544	114.152	124.116

Tabel 3. Worldwide Security Spending by segment, 2017-2019 (Millions of U.S. Dollars, Gartner, 2018).

Gartner deelt de security markt op in marktsegmenten (zie tabel 3). In alle segmenten is sprake van groei. Het meeste geld wordt uitgegeven aan security services. Daarna vinden de meeste investeringen plaats in de infrastructuurbescherming. Vooralsnog verdienen security-leveranciers volgens Gartner het minst aan cloud security, al groeit deze categorie wel snel (Gartner, 2018).

De voorspelde marktgroei biedt veel kansen voor Nederlandse bedrijven die nu al concurrerende diensten en producten aanbieden (Rijksoverheid, 2017). Volgens de NWA moet het onderzoek, de innovatie en het onderwijs op dit gebied aanzienlijk worden versterkt om de cybersecurity dreigingen het hoofd te kunnen bieden én tegelijkertijd de economische kansen te pakken. Het platform Dcypher¹⁵ heeft een nieuwe Nederlandse Cybersecurity Agenda (NCSRA) ontwikkeld voor alle topsectoren en NWA-routes waar Cybersecurity in het geding is (Kennis- en Innovatieagenda 2018-2021, z.d.). Volgens de Minister van Justitie en Veiligheid vormt deze Agenda de basis waarop in Nederland verder kan worden gebouwd aan een veilig cyberdomein waarin burgers, bedrijfsleven en overheden de economische en maatschappelijke kansen die de digitalisering biedt kunnen verzilveren (Ministerie van Justitie en Veiligheid, z.d.). In het regeerakkoord is een structurele investering van 95 miljoen euro per jaar in cybersecurity vastgelegd. Deze middelen worden onder andere ingezet voor de uitbreiding van personele capaciteit en ICT-voorzieningen, en verdeeld over de departementen Veiligheid en Justitie (NCTV), Defensie (MIVD), Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (AIVD), Buitenlandse Zaken, Infrastructuur en Waterstaat, en Economische Zaken en Klimaat (Rijksoverheid, z.d.).

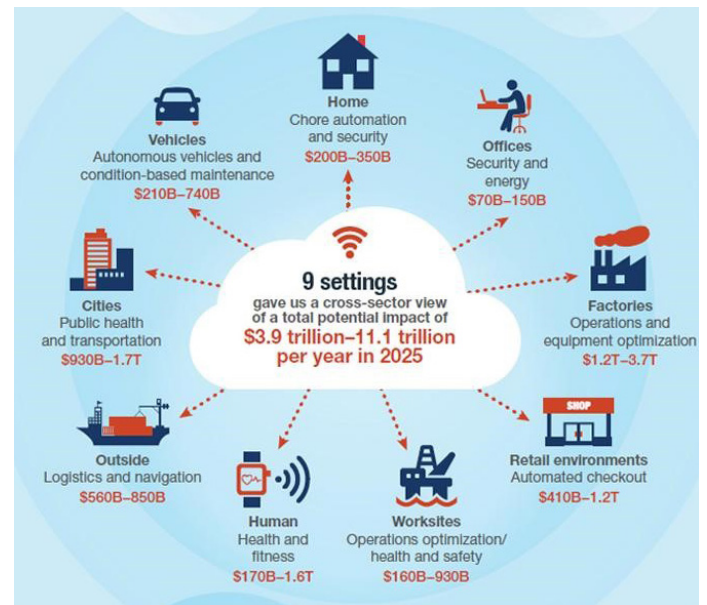
¹⁵ Dcypher, het Dutch Cybersecurity Platform for Higher Education and Research, geïntroduceerd. Doel van dit platform is de agendering en coördinatie van zowel wetenschappelijk als praktijkgericht onderzoek naar ict-beveiliging en het geven van onderwijs hierover. De oprichting is een uitvloeisel van de Nationale Cyber Security Strategie.

The Internet of Things (IoT)

De kortste definitie van IoT is 'een netwerk van slimme en communicerende objecten'. IoT betreft het vergaren en uitwisselen van data en waardevolle informatie in de fysieke wereld met behulp van digitale technologie (Castermans, Feijth, Verheij, Beekhuizen & Wong-A-Tjong, 2014, p. 6). McKinsey definieert IoT als volgt: 'sensoren en actuatoren verbonden door netwerken met computersystemen. Deze systemen kunnen de gesteldheid en acties van verbonden objecten en machines bewaken of beheren. Aangesloten sensoren kunnen ook de natuurlijke wereld volgen, mensen en dieren' (Manyika, Chui, Bisson, Woetzel, Dobbs, Bughin & Aharon, 2015, p. 1). Wereldwijd worden diverse begrippen en definities voor IoT gebruikt. Veel (vaak ict- en industriegeoriënteerde) multinationals hebben zelfs hun eigen synoniem voor IoT (Castermans, et al., 2014, p. 6). De definities van IoT hebben met elkaar gemeen dat het altijd gaat om de verbondenheid van producten en apparaten met het internet.

Digitalisering door IoT is zeer veelomvattend. Het aantal verbonden producten en apparaten met het internet zal naar verwachting uitgroeien tot ruim 75 miljard wereldwijd in 2025 (Statista, 2019). IoT doordringt steeds meer aspecten van het dagelijks leven, zowel in huishoudens als in werkomgevingen. IoT zorgt ook voor een samensmelting van Operations Technology (OT) met Information Technology (IT). Traditioneel gezien waren IT en OT gescheiden werelden, tegenwoordig zijn steeds meer fabrieks- en organisatieprocessen afhankelijk van IT-oplossingen.

IoT biedt naast economische kansen ook veel handvaten om de grote maatschappelijke uitdagingen zoals de kwaliteit van onderwijs en betaalbare gezondheidszorg, aan te pakken. McKinsey schat in dat IoT in 2025 een potentiële marktwaarde kan hebben van \$ 3,9 biljoen tot \$ 11,1 biljoen per jaar. Figuur 14 laat zien waar deze waardecreatie volgens McKinsey tot stand komt (Manyika, et al., 2015).



Figuur 14. Where is the value potential of the Internet of Things? (Manyika, et al., 2015).

Nederlandse organisaties blijven met de inzet van IoT achter bij het buitenland. Uit onderzoek onder meer dan 1.000 Nederlandse organisaties in de private en publieke sector, blijkt dat slechts 13% gebruik maakt van IoT toepassingen. Wereldwijd is dat 29% van de bedrijven (Vodafone, 2018). Ruim twee derde van de Nederlandse organisaties denkt niet of nauwelijks na over hoe ze IoT voor hun onderneming zouden kunnen gebruiken. Figuur 15 laat zien dat privacy en databescherming de grootste obstakels vormen om IoT te implementeren. Gebrek aan financiële middelen en gebrek aan kennis en vaardigheden van medewerkers zijn eveneens een grote struikelblokken (Vodafone, 2018).



Figuur 15. Grootste obstakels voor bedrijven om IoT (verder) te implementeren. (Bron Vodafone Nederland IoT Trendrapport, business Insider, 2018).

IoT biedt kansen aan alle bedrijven en instellingen in alle sectoren, maar voor het verhogen van de inzet van IoT zijn in Nederlandse organisaties dus nog wel wat technische, organisatorische en mentale hindernissen te overwinnen. Het overwinnen van deze hindernissen vergt dat binnen organisaties meer kennis aanwezig is over ict-, sensortechnologie en data-analyse. Leidinggevendenden moeten in staat zijn deze kennis te vertalen naar nieuwe business modellen en zij moeten durven echt datagedreven beslissingen durven nemen. De inzet van IoT vergt voor veel organisatie nieuwe competenties. Naast digitale vaardigheden en leiderschap is samenwerking een belangrijke vaardigheid. Voor een succesvolle inzet van IoT is samenwerking met externe en vaak nieuwe partijen zoals technologieleveranciers, installateurs, software ontwikkelaars en cybersecurityspecialisten noodzakelijk. In de industrie vergt de verbinding tussen OT en IT de betrokkenheid van mensen uit beide werelden, die in staat zijn om grensoverschrijdende verbindingen te realiseren. In de ecosystemen die rond de inzet van IoT ontstaan zullen mogelijk ook partijen moeten worden betrokken die uitspraken kunnen doen over ethische kwesties, zeker in de gezondheidszorg.

Kwantumcomputer

Kwantumtechnologie wordt gezien als de heilige graal binnen de ICT. Volgens Microsoft-topman Nadella is de kwantumcomputer de volgende stap in de computerwetenschap (Bremmer, 2018). Nieuwe toepassingen van kwantum- en nanotechnologie kunnen en zullen de samenleving ingrijpend veranderen. In de komende decennia komt de kwantum- en nanotechnologie in een nieuwe, revolutionaire fase die gaat leiden tot veranderingen op het gebied van ICT en softwareontwikkeling, medische diagnostiek, sensoren en nog veel meer (Nationale Wetenschapsagenda, z.d.).

Kwantumcomputers werken met fundamenteel andere principes dan bestaande computers. Waar de computers van nu enkel werken op basis van een serie enen en nullen, ook wel 'bits', kennen kwantumcomputers die beperking niet. Ze rekenen met kwantumbits, ook wel qubits, die tegelijk 0 en 1 kunnen zijn. Deze kunnen worden 'verstrengeld': hun toestanden zijn dan verbonden, waardoor een meting van een van de twee onmiddellijk effect heeft op de ander. Dit alles maakt de rekenkracht exponentieel groter (Nationale Wetenschapsagenda, z.d.). Partijen als Google en NASA hebben aangetoond dat een processor die gebruik maakt van de principes van de kwantummechanica 100 miljoen keer sneller is in het oplossen van vraagstukken dan klassieke computers (Fanatical Futurist, 2016). De ongekeerde rekenkracht van de kwantumcomputer maakt het bijvoorbeeld mogelijk om te berekenen welke medicijnen iemand nodig heeft.

Het kabinet onderkent het potentieel voor de Nederlandse economie en heeft kwantumtechnologie in 2014 uitgeroepen tot één van de vier 'Nationale Iconen'. Door enkele doorbraken gedurende de afgelopen jaren, ook in Nederland, is nu helder welke cruciale stappen nodig zijn om een kwantumcomputer te kunnen realiseren. In de komende vijf tot tien jaar moet blijken of welke stappen gezet kunnen worden en op welke manier dat moet gebeuren. Op de weg richting de kwantumcomputer moeten veel nieuwe technologieën worden ontwikkeld, zoals kwantumsensoren met een revolutionaire gevoeligheid, kwantumalgoritmes en -software, en oplossingen voor veilige datacommunicatie. Door kwantumcomputers met elkaar en met andere kwantumsystemen te verbinden ontstaat een quantum-internet, met inherent veilige datacommunicatie en mogelijkheden om kwantumverstrengeling te benutten voor zeer gevoelige netwerken van sensoren (Nationale Wetenschapsagenda2, z.d.).

Het quantum-internet zal wellicht de eerst gerealiseerde kwantumtechnologie zijn. In oktober 2018 hebben onderzoekers van het Nederlandse QuTech (een samenwerking tussen de TU Delft en TNO) in het gerenommeerde wetenschappelijke tijdschrift Science, een gedetailleerde roadmap gepresenteerd voor de ontwikkeling van het quantum-internet. Een quantum-internet zou een revolutie kunnen betekenen binnen de communicatietechnologie. Klokken kunnen nauwkeuriger gesynchroniseerd worden en waarnemingen van telescopen kunnen virtueel verbonden worden opdat astronomen scherpere beelden krijgen. Daarnaast maken kwantumverbindingen het fundamenteel onmogelijk om die verbinding af te luisteren. Dit maakt verstrengeling uitermate geschikt voor toepassingen die de beveiliging en de privacy moeten waarborgen. Op dit moment zijn er al veel mogelijke toepassingen van een quantum-internet bekend en de verwachting is dat er nog vele bijkomen zodra zulke netwerken operationeel zijn (Technische Universiteit Delft, 2018).

De Europese Commissie stelt in de periode oktober 2018-september 2021 één miljard euro beschikbaar voor een op te richten Quantum Flagship, een grootschalig Europees onderzoeksprogramma voor kwantumtechnologie (Europese Commissie, 2018). Binnen het Quantum Flagship zullen wetenschappers van verschillende disciplines de kwantummechanica verder ontwikkelen en worden er nieuwe toepassingen op de markt gebracht. Het Quantum Flagship is onderdeel van het 'Technology Package', een breed pakket aan maatregelen om de digitale economie van Europa te versterken.

Digitale platformen

Digitale platformen zijn het voorbeeld van de disruptieve kracht van digitale technologie op sectoren en organisaties. Door netwerkeffecten nemen digitale platformen binnen hun markt een dominante positie in en creëren daarmee een ‘winner takes all’ situatie, die gevestigde spelers in de markt buiten spel zet. Door digitale technologie brengen platformen vraag en aanbod rechtstreeks met elkaar in verbinding door middel van algoritmes, tegen zo laag mogelijke transactiekosten. Vraag en aanbod moesten voorheen nog langs allerlei ketenschakels om bij elkaar te komen, dit gebeurde tegen hoge transactiekosten. Momenteel zijn in vrijwel alle sectoren onlineplatformen in opkomst en worden organisaties hier door geraakt.

Bij de opkomst van digitale platformen kan een onderscheid worden gemaakt tussen verschillende type platformen die allemaal behoren tot de ‘platformeconomie’ (Frenken, et al., 2017, p. 23). Vanwege hun effect op organisaties en werk staan in dit rapport deelplatformen, waarop spullen worden gedeeld, en klusplatformen, waarop diensten worden aangeboden, centraal. Voorbeelden van deelplatformen in Nederland zijn AirBnB (huizen delen) en SnappCar (auto’s delen) en Peerby (spullen delen). Voorbeelden van klusplatformen zijn Deliveroo, Uber en Helping.

Bekende digitale platformen zoals Uber en Airbnb hebben bestaande bedrijfstakken op hun kop gezet. Steeds meer sectoren krijgen te maken met de opkomst van platformen. De deel- en kluseconomie groeit hard. Alleen al in Nederland zijn er meer dan 150 initiatieven in de deel- en kluseconomie (Frenken, et al., 2017, p. 13). Niet alleen het aantal initiatieven, maar ook het aantal deelnemers aan de deeleconomie zal naar verwachting toenemen. Kaleidos rapporteerde in december 2016 dat maar liefst 23 procent van de Nederlanders participeert in de deeleconomie terwijl in 2013 nog maar zes procent dat deed. De verwachting is dat de deeleconomie snel zal blijven groeien in de komende jaren (Frenken, et al., 2017, p. 13).

De groei van de digitale platformen wordt aangejaagd door de verdergaande technologische ontwikkeling van het internet en aanpalende ontwikkelingen in databasemanagement, zoekalgoritmes, online betaalsystemen en de wijde verspreiding van de smartphone. Sommige deelplatforms maken gebruik van zogeheten Application Programming Interfaces (API’s), waarmee zij gecontroleerd toegang krijgen tot gebruikersdata van andere platformen, zoals Google of Facebook (Frenken, et al., 2017, p. 27). In de toekomst zal de verdere groei van deel- en klusplatformen ook andere innovaties kunnen uitlokken. Zo hebben sommige mensen die hun auto of hun huis verhuren

behoefte aan slimme sloten (“smart locks”) waarmee men de huurder tijdelijk toegang kan geven tot de auto of het huis, zonder dat men nog hoeft af te spreken om de sleutel over te dragen. Dit soort slimme sloten, die vanaf afstand geopend kunnen worden, maken onderdeel uit van IoT (Frenken, et al., 2017, p. 31).

Bijlage 2: Literatuurlijst

- ABN AMRO. (2015). Meer stimulering voor omscholing nodig. Economisch Bureau Nederland.
- ABN AMRO. (2018). Van data naar daadkracht. De potentie van big data voor Nederland en het mkb. Prinsjesdagrapport 2018. Geraadpleegd van https://www.abnamro.nl/nl/images/Content/Nieuw_Grootzakelijk/008_Sectoren_en_trends/006_Industrie/20180918__Van_data_naar_daadkracht/Pdf_20180918_Van_data_naar_daadkracht.pdf
- Adema, Y. & Van Tilburg, I. (2018). Vertraagde loonontwikkeling in Nederland ontrafeld. CPB Policy Brief, 2018/12. Geraadpleegd van <https://www.cpb.nl/sites/default/files/omnidownload/CPB-Policy-Brief-2018-12-Vertraagde-loonontwikkeling-in-nederland-ontrafeld.pdf>
- Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie. (2015). Klaar voor de Toekomst? - Naar een brede strategie voor ICT. AWTI, Den Haag
- AG Connect. (2017, 30 november). 'Uitval hbo-ICT-studies nog altijd te hoog'. Geraadpleegd van <https://www.agconnect.nl/artikel/uitval-hbo-ict-studies-nog-altijd-te-hoog>
- AG Connect. (2017, 29 november). Uitval bij ICT-studies universiteiten dramatisch hoog. Geraadpleegd van <https://www.agconnect.nl/artikel/uitval-bij-ict-studies-universiteiten-dramatisch-hoog>
- AG Connect. (2018, 18 januari). Nog altijd ruim 11.000 werklozen in de IT. Geraadpleegd van <https://www.agconnect.nl/artikel/nog-altijd-ruim-11000-werklozen-de-it>
- AG Connect. (2018, 20 februari). 'ICT-functies op mbo-niveau verdwijnen in hoog tempo'. Geraadpleegd van <https://www.agconnect.nl/artikel/ict-functies-op-mbo-niveau-verdwijnen-hoog-tempo>
- A+O fonds Gemeenten. (2018). Digitale Transformatie Onderzoek naar de impact van technologie op arbeid in gemeenten. Geraadpleegd van https://www.aeno.nl/wp-content/uploads/2018/10/Onderzoek_digitale_transformatie_deel_1_online_versie_sep18_V1.pdf
- Armstrong, R. (2018, 10- april). Hospital of the future with us by 2030, report says. Geraadpleegd van <http://digitalhealthage.com/hospital-of-the-future-with-us-by-2030-report-says/>
- Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: a comparative analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 189. Geraadpleegd van <http://www.ifuturo.org/sites/default/files/docs/automation.pdf>
- AZW Actueel. (januari 2018). Actuele ontwikkelingen Arbeidsmarkt Zorg en Welzijn. Geraadpleegd van https://www.ssfh.nl/fileadmin/Files/documenten/Actueel/2018/AZW_Actueel_januari_2018-def.pdf
- Benschop, P. (2017, 16 november). Nederlandse zorg Europees koploper in digitalisering. Geraadpleegd van <https://www.healthvalley.nl/actueel/lsh/nederlandse-zorg-europees-koploper-in-digitalisering>
- Berenschot. (2018, 22 april). Slimmer produceren moet je stimuleren. Uitgevoerd in opdracht van koninklijke metaalunie. Geraadpleegd van <https://metaalunie.nl/Portals/1/Bestanden/Nieuws/Slimmer%20produceren%20moet%20je%20stimuleren%20%E2%80%93%20Rapport.pdf>
- Berenschot. (2018, 19 juni). Organisaties onvoldoende voorbereid op gevolgen robotisering. Geraadpleegd van <https://www.berenschot.nl/actueel/2018/juni/hr-trends-robotisering/>
- Biemans, P., Sjoer, E., Brouwer, R. & Potting, K. (2017). Werk verandert, 21st century skills in de praktijk. Hogeschool Inholland en De Haagse Hogeschool. Geraadpleegd van <https://www.inholland.nl/media/17248/714798-18274-inh-dhhs-21-century-skills-210-x-210-lr.pdf>
- Bilderbeek, P., De Bruin, S. & Warmerdam, M. (2017). De Digitale Economie van Nederland. The METISfiles. Geraadpleegd van <https://www.nederlandict.nl/wp-content/uploads/2017/11/De-Digitale-Economie-van-Nederland-NL-ICT-METISfiles.pdf>
- Brandsma, R. (2019, 13 maart). 'Duizenden extra banen Nederlandse datacenters'. Dagblad van het Noorden, p. 14.
- Bremmer, D. (2018, 31 oktober). Met deze supercomputer wil Microsoft wereldproblemen oplossen. BN DeStem. Geraadpleegd van <https://www.bndestem.nl/economie/met-deze-supercomputer-wil-microsoft-wereldproblemen-oplossen-a27e0373/>
- Broekhuizen, K. (2018, 9 februari). Pioniers in fotonica willen voorsprong uitbouwen. Het Financieele Dagblad. Geraadpleegd van <https://fd.nl/morgen/1240642/pioniers-in-fotonica-willen-voorsprong-uitbouwen>
- Brynjolfsson E. & McAfee A. (2014). The Second Machine Age - Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. Norton.
- Bughin, J., Hazan E., Lund S., Dahlström P., Wiesinger A. & Subramaniam A. (2018). Skill shift automation and the future of the workforce. McKinsey Global Institute. Geraadpleegd van <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/Skill%20shift%20Automation%20and%20the%20future%20of%20the%20workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx>

- Business Insider. (2018). Deze grafiek laat zien dat het buitenland veel verder is met IoT dan Nederland – zo lossen we dat op. Vodafone IoT – Trendrapport 2018. Geraadpleegd van <https://www.businessinsider.nl/deze-grafiek-laatzien-dat-er-nog-enorme-kansen-liggen-voor-nederlandse-bedrijven-in-iot-vodafone/>
- CA-ICT. (2018). Noodzaak tot investeren - een deltaplan ICT 2019 – 2022.
- Castermans, J., Feijth, H., Verheij, M., Beekhuizen, J. & Wong-A-Tjong, S. (2014). Internet of Things: slimme en internetverbonden producten en diensten. Kamer van Koophandel. Geraadpleegd van https://www.kvk.nl/download/KvK%20IoT%20Publicatie_tcm109-399524.pdf
- CBS. (2018, 11 december). Meer banen in hernieuwbare energie en energiebesparing. Geraadpleegd van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/50/meer-banen-in-hernieuwbare-energie-en-energiebesparing>
- Chakravorti, B. & Chaturvedi, R.S. (2017, juli). Digital planet 2017. How competitiveness and trust in digital economies vary across the world. The Fletcher School, Tufts University. Geraadpleegd van https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2017/05/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf
- Commit2Data. Een initiatief van dutch digital delta. Geraadpleegd van <https://commit2data.nl/>
- Corporaal, S., Vos, M., Van Riemsdijk, M. & De Vries, S. (2018). Werken in de nieuwe industriële revolutie. Tijdschrift voor HRM, Editie 2.
- Cyber Security Raad. (2018, april). Handreiking cybersecurity voor de bestuurder. Geraadpleegd van https://www.cybersecurityraad.nl/binaries/Handreiking_Bestuurders_NED_DEF_tcm107-316868.pdf
- De Beer, P. (2016). De arbeidsmarkt in 2040: ingrijpende veranderingen, maar ook veel continuïteit. AIAS Working Paper 162. Universiteit van Amsterdam. Geraadpleegd van <https://www.fbz.nl/themadocumenten/Hoe%20zal%20de%20arbeidsmarkt%20er%20in%202040%20uitzien.pdf>
- De Hollander, G., Vonk, M., Snellen, D. & Huitzing, H. (2017). Mobiliteit en elektriciteit in het digitale tijdperk. Publieke waarden onder spanning, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Deloitte. (2014). De impact van automatisering op de Nederlandse arbeidsmarkt. Een gedegen verkenning op basis van Data Analytics. Geraadpleegd van <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/deloitte-analytics/deloitte-nl-data-analytics-impact-van-automatisering-op-de-nl-arbeidsmarkt.pdf>
- De Thouars, J. (2018, 26 september). Bij digitale innovatie is het moeilijk te voorspellen wat er in een organisatie gaat gebeuren. Geraadpleegd van <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/digital-revolution/30025/digitale-innovatie-onderzoek>
- De Vos, A. & Gielens, T. (2016). The future of jobs in chemistry & life sciences. Sectoranalyse chemische industrie, kunststoffen en life sciences in Vlaanderen. Geraadpleegd van http://www.essenscia.be/Upload/Docs/Studie_Future_of_Jobs_in_Chemistry_and_Life_Sciences_AMS_essenscia_vlaanderen.pdf
- De Vreede, O. (2016, 12 december). Human Capital Agenda van de Topsector Chemie. Geraadpleegd van http://topsectorchemie.nl/uploads/userfiles/BL-17-101%20TSC%20HCA%202017_19_v2.pdf
- Digital Economy and Society Index (DESI). (2018). Human Capital. Digital Inclusion and Skills. Europese Commissie. Geraadpleegd van [file:///C:/Users/MhR/Downloads/2DESIReportHumanCapitalpdf%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/MhR/Downloads/2DESIReportHumanCapitalpdf%20(1).pdf)
- Dijkman, S., Gerards, R., De Grip, A., Peeters, T., Van Eldert, P. & Veth, J. (2018). A+O Metalektro. Arbeidsmarktmonitor Metalektro 2017. ROA Rapport.
- DTL (Dutch Techcentre for Life Sciences). (2017, 16 juli). Groningen Techcentre for Life Sciences: towards the first local DTL. Geraadpleegd van <https://www.dtls.nl/2017/07/16/groningen-techcentre-life-sciences-towards-first-local-dtl/>
- dutch digital delta. (2017, 12 september). Topsectoren adviseren nationale aanpak rondom ECCM. Geraadpleegd van <https://dutchdigitaldelta.nl/nieuws/topsectoren-adviseren-nationale-aanpak-rondom-elektrochemische-conversie-en-maatregelen>
- ECP en Actiz (2018). Wat doet de I-Nurse. En wat heeft de I-Nurse nodig? Geraadpleegd van <https://ecp.nl/wp-content/uploads/2018/11/ECP-Folder-I-nurse.pdf>
- Elliott, S.W. (2017). Computers and the Future of Skill Demand. OECD Publishing. Parijs. Geraadpleegd van https://read.oecd-ilibrary.org/education/computers-and-the-future-of-skill-demand_9789264284395-en#page1
- Ensoc. (2019, 4 januari). 'Tekort aan experts blokkeert energietransitie'. Geraadpleegd van <https://www.ensoc.nl/nieuwsarchief/branchenieuws/-tekort-aan-experts-blokkeert-energietransitie/>
- eRisk Group. (2014, 17 september). Energiebranche moet zich aanpassen om transitie bij te benen. Follow The Money. Geraadpleegd van <https://www.ftm.nl/artikelen/energiebranche-moet-zich-aanpassen-om-transitie-bij-te-benen?share=1>

- Est, R. van & Kool, L. (red.). (2015). Werken aan de robotsamenleving: visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid. Den Haag. Rathenau Instituut.
- Europese Commissie. (2018, 31 oktober). Quantum Technologies Flagship. Geraadpleegd van <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/quantum-technologies>
- EY. The chemical industry reimagined – vision 2025. Geraadpleegd van [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-the-chemical-industry-reimagined-vision-2025/\\$FILE/ey-the-chemical-industry-reimagined-vision-2025.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-the-chemical-industry-reimagined-vision-2025/$FILE/ey-the-chemical-industry-reimagined-vision-2025.pdf)
- EY. (2018). Artificial Intelligence in Europe. How 277 Major Companies Benefit from AI Outlook for 2019 and Beyond. Geraadpleegd van <https://info.microsoft.com/rs/157-GQE-382/images/EN-CNTNT-eBook-NETHERLANDS.pdf>
- Fanatical Futurist. (2016, 31 augustus). Quantum computing Rose's Law is Moore's Law on steroids. Geraadpleegd van <https://www.fanaticalfuturist.com/2016/08/quantum-computing-roses-law-is-moores-law-on-steroids/>
- Frenken, K., Van Waes, A., Smink, M. & Van Est, R. (2017). Eerlijk delen - Waarborgen van publieke belangen in de deeleconomie en de kluseconomie. Den Haag, Rathenau Instituut.
- Frey, C.B. & Osborne, M.A. (2013). 'The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?'. Oxford Martin Programme on the Impacts of Future Technology. Geraadpleegd van https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- Gartner. (2017, 15 augustus). Gartner Identifies Three Megatrends That Will Drive Digital Business Into the Next Decade. Geraadpleegd van <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-08-15-gartner-identifies-three-megatrends-that-will-drive-digital-business-into-the-next-decade>
- Gartner. (2018, 15 augustus). Gartner Forecasts Worldwide Information Security Spending to Exceed \$124 Billion in 2019. Geraadpleegd van <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-08-15-gartner-forecasts-worldwide-information-security-spending-to-exceed-124-billion-in-2019>
- Gershgorn, D. (2018, 2 mei). AI is the new space race. Here's what the biggest countries are doing. Quartz.com. Geraadpleegd van <https://qz.com/1264673/ai-is-the-new-space-race-heres-what-the-biggest-countries-are-doing/>
- Grass, K. & Weber, E. (2016). EU 4.0 – The Debate on Digitalisation and the Labour Market in Europe. IAB Discussion Paper 39/2016. Geraadpleegd van http://doku.iab.de/discussionpapers/2016/dp3916_en.pdf
- Guertzen, S. (2018, 22 augustus). 4 Trends Disrupting The Chemicals Industry. Geraadpleegd van <https://www.forbes.com/sites/sap/2018/08/22/4-trends-disrupting-the-chemicals-industry/#22a074b72cc1>
- Haring, N. (2017, 6 juni). Gebrek aan hoogopgeleide ICT-studenten brengt bedrijven in de problemen. Geraadpleegd van https://www.ictergezocht.nl/blog/16_gebrek-aan-hoogopgeleide-ict-studenten-brengt-bedrijven-in-de-problemen/
- Hijink, M. (2018, 20 juli). De hersenchirurg snijdt in je hologram. NRC. Geraadpleegd van <https://www.nrc.nl/nieuws/2018/07/20/de-hersenchirurg-snijdt-in-je-hologram-a1610714>
- ICT&health. (2018, 18 september). ASZ begint met ICT-opleiding voor zorgmedewerkers. Geraadpleegd van <https://www.icthealth.nl/nieuws/asz-begint-met-ict-opleiding-voor-zorgmedewerkers/>
- ING. (2018, 28 november). Platformen kunnen arbeidsmarkt drastisch veranderen. Geraadpleegd van <https://www.ing.nl/zakelijk/kennis-over-de-economie/onze-economie/de-nederlandse-economie/publicaties/zzp-toekomst-scenarios.html>
- Jager, C. & Vankan, A. (2017). Digitale vaardigheden op de arbeidsmarkt Topsector Energie. dialogic, in opdracht van ECP. <https://www.dialogic.nl/file/2017/03/2015.138-1635-02.pdf>
- Janse, I. (2018, oktober). Stilte voor de storm. Chemie Magazine, 60(10), 30-32. Geraadpleegd van https://issuu.com/vnci/docs/chemie_magazine_okt_2018_150dpi
- Kaljouw, M., & Van Vliet, K. (2015). Naar nieuwe zorg en zorgberoepen: de contouren. Geraadpleegd van <https://www.zorginstituutnederland.nl/binaries/zinl/documenten/adviezen/2015/04/10/naar-nieuwe-zorg-en-zorgberoepen-de-contouren/Naar+nieuwe+zorg+en+zorgberoepen+%28de+contouren%29.pdf>
- KeinJan, G. (2017, 17 november). Mbo'ers zien kansen op werk slinken door innovatie. Trouw. Geraadpleegd van <https://www.trouw.nl/samenleving/mbo-ers-zien-kansen-op-werk-slinken-door-innovatie~ac8a246d/>
- Kennis- en Innovatieagenda 2018-2021. (z.d.). Bijlage: korte notities maatschappelijke uitdagingen en sleuteltechnologieën. Geraadpleegd van <file:///C:/Users/MhR/Downloads/Twoagers+Kennis+en+innovatieagenda.pdf>

- Klei, A., Moder, M., Stockdale, O., Weihe, U. & Winkler G. (2017, juli). Digital in chemicals: From technology to impact. McKinsey. Geraadpleegd van <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/digital-in-chemicals-from-technology-to-impact>
- Klimaatakkoord. (2018). Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord - sector Elektriciteit. Geraadpleegd van <https://www.klimaatakkoord.nl/elektriciteit/documenten/publicaties/2018/07/10/hoofdlijnen-elektriciteit>
- Klimaatakkoord2. (2018, 21 december). Ontwerp van het Klimaatakkoord. Den Haag. Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/12/21/ontwerp-klimaatakkoord>
- KNAW (2018). Big data in wetenschappelijk onderzoek met gegevens over personen, Amsterdam, KNAW.
- Korteweg, N. (2013, 28 september). Al over zestien jaar versmelt de mens met zijn computer. nrc.nl. Geraadpleegd van <https://www.nrc.nl/nieuws/2013/09/28/al-over-zestien-jaar-versmelt-de-mens-met-zijn-computer-1298733-a180338>
- Kromme, C. (2017). Humanification: Go Digital, Stay Human. E-book, p. 13%.
- Kurzweil, R. (2006). The Singularity is Near. When Humans Transcend Biology. Penguin Putnam Inc.. Recensie van Bill Gates op het boek, geraadpleegd op <https://www.bol.com/nl/f/the-singularity-is-near/36521965/>
- Lambregtse, C. (2017, december). Kritisch gesprek. LHV De Dokter, p. 28. Geraadpleegd van https://iph.nl/wp-content/uploads/2018/01/029_dd1708.pdf
- Ligtoet, A., Pickles, A. & Van Barneveld, J. (2016). Kwalitatieve impact van het Energieakkoord op werkgelegenheid. technopolis | group|. Geraadpleegd van <http://www.technopolis-group.com/wp-content/uploads/2017/03/2411-final-report-KwalitatieveImpactEnergieakkoordOpWerkgelegenheid.pdf>
- Link Magazine. (2018, 3 november). De digitalisering van het testwerk. Geraadpleegd van <https://www.linkmagazine.nl/de-digitalisering-van-het-testwerk/>
- Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K. & Bolle, M. (2015, 28 september). Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? BCG. Geraadpleegd van <https://www.bcg.com/publications/2015/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4.aspx>
- Manyika, J., Chui, M., Bisson, P., Woetzel, J., Dobbs, R., Bughin, J. & Aharon, D. (2015). The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype. McKinsey Global Institute. Geraadpleegd van https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx
- Middelweerd, H. (2018, 27 september). Is Nederland klaar voor smart grids? Geraadpleegd van <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/digital-revolution/29793/digitalisering-in-de-energietransitie-ii-is-nederland-klaar-voor-smart-grids>
- Middelweerd2. (2018, 26 mei). Deze blockchain innovaties versnellen de energietransitie. Geraadpleegd van <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/energie/28667/deze-4-blockchain-innovaties-gaan-de-energietransitie-versnellen>
- Mijn zakengids. (z.d.). Op weg naar de autonome digitale fabriek? Geraadpleegd van <https://www.mijnzakengids.nl/op-weg-naar-de-autonome-digitale-fabriek/>
- Ministerie van Justitie en Veiligheid. (z.d.). Nederlandse Cybersecurity Agenda. Nederland digitaal veilig. Geraadpleegd van https://www.nctv.nl/binaries/CSAgenda_def_web_tcm31-322330.pdf
- Nationale Wetenschapsagenda. (z.d.). De quantum / nano-revolutie. Geraadpleegd van <https://wetenschapsagenda.nl/route/quantumnano-revolutie/>
- Nationale Wetenschapsagenda2. (z.d.). Wat gaan de kwantumcomputer en het kwantum-internet voor ons betekenen? Geraadpleegd van <https://vragen.wetenschapsagenda.nl/cluster/wat-gaan-de-kwantum%C2%ADcomputer-en-het-kwantum%C2%ADinternet-voor-ons-betekenen>
- NVZ. (2018). Ziekenhuiszorg in cijfers 2018. Brancherapport algemene ziekenhuizen 2018. Geraadpleegd van <https://ziekenhuiszorgincijfers.nl/assets/uploads/NVZ-Brancherapport-2018.pdf>
- Oeij, P.R.A., Van der Torre, W., Van de Ven, H.A., Sanders, J.M.A.F. & Van der Zee, F.A. (2017). Nieuwe technologie en werk. Verkennend onderzoek voor UWV. Geraadpleegd van <https://www.uwv.nl/overuwv/Images/20171109-nieuwe-technologie-en-werk-TNO.pdf>
- Pettey, C. (2018, 15 maart). 8 Steps to Get DevOps Right. Gartner. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/8-steps-to-get-devops-right/>

- Peters, J. (2018, 7 november). Waarom veel digitale initiatieven voortijdig sterven in schoonheid. MT. Geraadpleegd van https://www.mt.nl/management/steve-muyll-digitaal-uitdagingen-omzet-in-commercieel-succes/562175?utm_source=nieuwsbrief&utm_medium=email&utm_campaign=nieuwsbrief-woensdag-21-november
- Prause, J. (2018, 20 februari). Meet the Digital You: How Emerging Technologies Are Changing Life Sciences. Digitalist Magazine. Geraadpleegd van <https://www.digitalistmag.com/digital-economy/2018/02/20/emerging-technologies-changing-life-sciences-05891790>
- Prüfer, P., Den Uijl, M. & Kumar, P. (2019). DWSRA Arbeidsmarktonderzoek met topsectoren. Eindrapport onderzoek perceel 1. CentERdata. Tilburg.
- Randstad. gegevens-rijk maar informatie-arm? Tijd om te algoritmiseren! Geraadpleegd van <https://www.randstad.nl/werkgevers/kenniscentrum/employer-branding/tech-en-talent-road>
- Ratcliffe, S. (Red.). (2016). Oxford Essential Quotations (4 ed.). Oxford University Press. Geraadpleegd van <http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780191826719.001.0001/q-oro-ed4-00018679>
- Rijksoverheid. (2017, 23 september). Digital Trust Centre geeft ondernemers advies over cybersecurity. Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2017/09/23/digital-trust-centre-geeft-ondernemers-advies-over-cybersecurity>
- Rijksoverheid. (z.d.). Regeerakkoord 'Vertrouwen in de toekomst': 1.1 Justitie en veiligheid. Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/regering/regeerakkoord-vertrouwen-in-de-toekomst/1.-investeren-voor-iedereen/1.1-justitie-en-veiligheid>
- ROA. (2017). De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 2022. Geraadpleegd van http://roa.sbe.maastrichtuniversity.nl/roanew/wp-content/uploads/2017/11/ROA_R_2017_10.pdf
- RVO. (2015). Innovatiethema Smart Grids. In opdracht van de Topsector Energie. Geraadpleegd van <https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Algemeen/Innovatiethema%20Smart%20Grids.pdf>
- Schellevis, J. (2017, 31 januari). Steeds minder informaticales op school, tekort aan ict'ers groeit. Geraadpleegd van <https://nos.nl/artikel/2155764-steeds-minder-informaticales-op-school-tekort-aan-ict-ers-groeit.html>
- Schippers, E.I. (2017, 20 juni). Digitale vaardigheden en zorginnovatie [Kamerbrief]. Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2017/06/20/kamerbrief-over-digitale-vaardigheden-en-zorginnovatie>
- Schoenaker, N. & Notten, F. (2018). De impact van de energietransitie op de Nederlandse werkgelegenheid, 2008–2017. CBS. Den Haag.
- Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. Penguin UK.
- SER. (2015). Hoe leren wij in de toekomst? - Verslag van de SER-dialoogbijeenkomsten over leren in de toekomst. Geraadpleegd van <https://www.innovatiefinwerk.nl/inzetbaarheid-employability/2014/07/hoe-werken-we-de-toekomst-dialoog-met-de-ser>
- SER2. (2015). Leren in het hoger onderwijs van de toekomst. Advies over de Strategische Agenda Hoger Onderwijs 2015 – 2025. SER ADVIES 15/06 Oktober 2015.
- SER. (2016, oktober). Mens en technologie: samen aan het werk. Geraadpleegd van <file:///C:/Users/MhR/Downloads/ser-verkenning-mens-en-technologie-samen-aan-het-werk.pdf>
- SER. (2018). Energietransitie en Werkgelegenheid Kansen voor een duurzame toekomst. Publieksversie, juni. Geraadpleegd van <https://www.ser.nl/-/media/ser/downloads/adviezen/2018/energietransitie-werkgelegenheid-publieksversie.pdf>
- Shaw, K. (2018, 14 november). Wat is een Digital Twin en wat is het nut? Computer World. Geraadpleegd van <https://computerworld.nl/markttrends/105432-wat-is-een-digital-twin-en-wat-is-het-nut>
- Sluiter, A., Van Gastel, W. & Bonhof, G. (2016). Human Capital Agenda 2016 Health~Holland. https://www.health-holland.com/public/downloads/useful-documents/human-capital-agenda-topsector-life-sciences-and-health-2016_.pdf
- Smart Industry. (2014, november). Actieagenda Smart Industry. Dutch industry fit for the future.
- Smart Industry. (2017, augustus). Opmaak Smart Industry.
- Smink, M., Gerritsen, J., Van Waes, A., Peters, M. & Van Est, R. (2018). Een eerlijke klusseneconomie. Beleid en Maatschappij, Aflevering 2. Geraadpleegd van https://tijdschriften.boombestuurskunde.nl/tijdschrift/benm/2018/2/BenM_1389-0069_2018_045_002_008
- Sol, E.-J. (2018, 15 mei). Productiviteit in 20 jaar verdubbelen. Geraadpleegd van <https://www.ptindustriemanagement.nl/carriere-mensen/blog/2018/05/productiviteit-20-jaar-verdubbelen-1011550>
- Statista. (2019). Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions). Geraadpleegd van <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

- Stedin. (2017, 11 maart). Netbeheer Nederland: De energiemeter in uw huis is correct en nauwkeurig. Geraadpleegd van <https://www.stedin.net/over-stedin/pers-en-media/persberichten/archief-nieuws/de-energiemeter-in-uw-huis-is-correct-en-nauwkeurig>
- Stoeldraijer, L., Van Duin, C., & Huisman, C. (2017). Bevolkingsprognose 2017–2060: 18,4 miljoen inwoners in 2060. CBS Statistische Trends. Geraadpleegd van [file:///C:/Users/MhR/Downloads/bevolkingsprognose-2017-2060-18-4-miljoen-inwoners-in-2060%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/MhR/Downloads/bevolkingsprognose-2017-2060-18-4-miljoen-inwoners-in-2060%20(1).pdf)
- Stoltze, J. (2017). Het interview: Pionier Jim Stolze over de digitale toekomst – ABU. Geraadpleegd van <https://www.abu.nl/over-de-branche/publicaties/2017-4-uitzendwerk/het-interview-pionier-jim-stolze-over-de-digitale-toekomst>
- Strauss, K. (2017, 21 februari). What Is Driving The ‘Gig’ Economy? Geraadpleegd van <https://www.forbes.com/sites/karstenstrauss/2017/02/21/what-is-driving-the-gig-economy/#16767bc1653c>
- Taskforce Zorg op de juiste plek. (2018). De juiste zorg op de juiste plek. Wie durft? Geraadpleegd van <file:///C:/Users/MhR/Downloads/de-juiste-zorg-op-de-juiste-plek.pdf>
- Technische Universiteit Delft. (2018, 18 oktober). QuTech onderzoekers presenteren roadmap voor quantum internet. Geraadpleegd van <https://www.tudelft.nl/2018/tu-delft/qutech-onderzoekers-presenteren-roadmap-voor-quantum-internet/>
- Ten Brinck. (2015, 22 juni). Markt voor slimme-meterdiensten groeit snel. Geraadpleegd van <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/energie/6515/nederlandse-markt-voor-slimme-meterdiensten-groeit-snel>
- The Digital Economy and Society Index (DESI). (2018). Europese Commissie. Geraadpleegd van <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>
- Topsector Energie. (2017, 4 augustus). Interview met John Post, programmadirecteur Digitaliseringsagenda Topsector Energie. Geraadpleegd van <https://www.topsectorenergie.nl/nieuws/interview-met-john-post-programmadirecteur-digitaliseringsagenda-topsector-energie>
- Topsector Energie. (2018, 4 juli). Hogescholen zetten in op versterken en versnellen energietransitie. Geraadpleegd van <https://www.topsectorenergie.nl/nieuws/hogescholen-zetten-op-versterken-en-versnellen-energietransitie>
- Trouw. (2018, 24 januari). Steeds minder doorstroom van mbo naar hbo. Geraadpleegd van <https://www.trouw.nl/home/steeds-minder-doorstroom-van-mbo-naar-hbo-~af0253ad5/>
- UWV. (2018). Factsheet arbeidsmarkt ICT 2018. Geraadpleegd van <https://www.uwv.nl/overuwv/kenniscijfers-en-onderzoek/arbeidsmarktinformatie/factsheet-arbeidsmarkt-ict-2018.aspx>
- Van den Berge, W. & Ter Weel, B. (2015). Baanpolarisatie in Nederland. CPB Policy Brief 2015/13. Geraadpleegd van <https://www.cpb.nl/sites/default/files/publicaties/download/cpb-policy-brief-2015-13-baanpolarisatie-nederland.pdf>
- Van den Brink, R., & Schellevis, J. (2016, 30 september). Big data-onderzoek naar Parkinson, met respect voor privacy. Geraadpleegd van <https://nos.nl/artikel/2135155-big-data-onderzoek-naar-parkinson-met-respect-voor-privacy.html>
- Van der Avoird, M. (2018, 6 september). ICT 2018: toenemende krapte op de ICT arbeidsmarkt. Geraadpleegd van https://www.ictergezocht.nl/blog/90_ict-2018-toenemende-krapte-op-de-ict-arbeidsmarkt/
- Van der Donk. (2018, 19 september). “Exponentiële datagroei duurzame uitdaging voor ICT-sector”. Geraadpleegd van <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/digital-revolution/29965/exponentiele-datagroei-duurzame-uitdaging-voor-ict-sector>
- Van der Geest, M. (2018, 25 oktober). Meer verdienen, meer keuzevrijheid en meer tijd voor de cliënt: zzp'en in de zorg loont – maar er zijn ook nadelen. De Volkskrant. Geraadpleegd van <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/meer-verdienen-meer-keuzevrijheid-en-meer-tijd-voor-de-client-zzp-en-in-de-zorg-loont-maar-er-zijn-ook-nadelen-b75cfe25/>
- Van der Schrier, M. (2018, 18 mei). Het flexwerk is nog lang niet verslagen. Dagblad van het Noorden.
- Van Dril, T. (2016, november). Energietransitie en Werkgelegenheid. ECN Policy Brief.
- Van Est, R. & Kool, L. (red.). (2015). Werken aan de robotsamenleving: visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid. Den Haag. Rathenau Instituut.
- Van Wijnen, J.F. (2018, 23 april). Europees techfront tegen China en Amerika. Het Financieele Dagblad. Geraadpleegd van <https://fd.nl/economie-politiek/1251448/europees-techfront-tegen-china-en-amerika>
- VNO-NCW. (2017, 4 september). Ict'ers: 'Ict moet verplicht vak worden'. Geraadpleegd van <https://www.vno-ncw.nl/weekbulletin/icters-ict-moet-verplicht-vak-worden>
- Vodafone. (2018, september). Vodafone Nederland IoT Trendrapport 2018. Geraadpleegd van file:///C:/Users/MhR/Downloads/IoT_Trendrapport_rebranded.pdf
- Walma van der Molen, J. & Kirschner, P.A. (2017). Whitepaper: Met juiste vaardigheden de arbeidsmarkt op. NSvP. Geraadpleegd van <https://www.innovatiefinwerk.nl/innovatie-inzetbaarheid-employability/2017/07/whitepaper-met-juiste-vaardigheden-de-arbeidsmarkt-op>

- Went, R., Kremer, M. & Knottnerus, A. (red.). (2015). De robot de baas. De toekomst van werk in het tweede machinetijdperk. WRR. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Wilthagen, T. (2018, 12 oktober). Algoritmen kunnen een geschikte levenspartner vinden, maar een goede werknemer is nog moeilijk. Het Financieel Dagblad.
- Witteveen, J. (2017, november). My Smart Industry. Slimmer groeien, sneller groeien. ING Economisch Bureau. Geraadpleegd van https://www.ing.nl/media/ING_EBZ_my-smart-industry_tcm162-135030.pdf
- WODC. (z.d.). Inzet technologie bij verhogen cybersecurity. Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum. Ministerie van Justitie en Veiligheid. Geraadpleegd van <https://www.wodc.nl/onderzoeksdatabase/2862-inzet-technologie-bij-verhogen-cybersecurity.aspx>
- World Economic Forum, Skills Stability, <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/skills-stability/>
- WGP. (2017, 4 december). Duitse machinebouw professoren: mens behoudt rol in autonome productie. Geraadpleegd van <http://www.made-in-europe.eu/2017/12/duitse-machinebouw-professoren-mens-behoudt-rol-in-autonome-productie/>
- WGP. (2018, 31 augustus). Autonome fabriek komt er, maar de mens blijft nodig. Geraadpleegd van <http://www.made-in-europe.eu/2018/08/autonome-fabriek-komt-er-maar-de-mens-blijft-nodig/>
- World Economic Forum. (2018, januari). Towards a Reskilling Revolution. A Future of Jobs for All. Insight Report in collaboration with Boston Consultancy Group. Geraadpleegd van http://www3.weforum.org/docs/WEF_FOW_Reskilling_Revolution.pdf
- WZW. (2017). Arbeidsmarktmonitor Regio Nijmegen 2017. Geraadpleegd van <https://wzw.nl/wp-content/uploads/2018/09/WZW-arbeidsmarktmonitor-2017-regio-Nijmegen.pdf>

Bijlage 3: Opdrachtgevers en stuurgroep

Opdrachtgevers

- CA-ICT
- Topsector ICT team dutch digital delta
- CIO Platform Nederland
- Nederland ICT
- Topsector Chemie
- Topsector Energie
- Topsector HTSM
- Topsector LS&H

Stuurgroep

- Louis Spaninks, CA-ICT & Topsector ICT (dutch digital delta)
- Norbert Derickx, CIO Platform Nederland
- Ivo Poulissen, Nederland ICT
- Onno de Vreede, Topsector Chemie
- John Post, Topsector Energie
- Marsha Wagner, Topsector Energie
- Coen de Graaf, Topsector HTSM
- Hanneke Heeres, Topsector LS&H (Health Holland)

Bijlage 4: Geconsulteerden

In verband met de AVG zijn geen namen en functies weergegeven van de personen die zijn geconsulteerd op basis van interviews of deelname aan visie sessies en expert meetings. Alleen de namen van de organisaties van de geconsulteerde personen zijn weergegeven.

Bedrijven en zorg(gerelateerde)instellingen

- Alliander
- CA-ICT
- Capgemini
- Centric
- CGI
- CIO Platform Nederland
- Dutch Techcentre for Life Sciences
- Energy Technolution
- FME
- FWG
- Heijmans
- HSO Enterprise Solutions
- ICT Group
- Ipsum Energy
- Kuijpers Business Partners B.V.
- LeasePlan
- Nederland ICT
- Public Mediation
- Royal HaskoningDHV
- Sympower
- Tennet
- TKI Urban Energy
- TNO Industry
- Topsector Chemie
- Topsector Energie
- Topsector HTSM
- Topsector LS&H (Health Holland)

Onderwijs en Wetenschap

- Hogeschool Inholland
- LUMC
- NOVI Hogeschool / NTRO
- ROC van Amsterdam
- SEECE/HAN
- SURFnet
- Tilburg University
- Universiteit Maastricht
- Universiteit van Amsterdam
- VSNU
- Windesheim

Overheid

- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap

Overig

- ECP, Platform voor de InformatieSamenleving
- Institute for Sustainable Process Technology
- Samenwerkingsorganisatie Beroepsonderwijs Bedrijfsleven (SBB)



Berenschot

Berenschot is een onafhankelijk organisatieadviesbureau met 350 medewerkers wereldwijd. Al 80 jaar verrassen wij onze opdrachtgevers in de publieke sector en het bedrijfsleven met slimme en nieuwe inzichten. We verwerven ze en maken ze toe-pasbaar. Dit door innovatie te koppelen aan creativiteit. Steeds opnieuw. Klanten kiezen voor Berenschot omdat onze adviezen hen op een voorsprong zetten.

Ons bureau zit vol inspirerende en eigenwijze individuen die allen dezelfde passie delen: organiseren. Ingewikkelde vraagstukken omzetten in werkbare constructies. Door ons brede werkterrein en onze brede expertise kunnen opdrachtgevers ons inschakelen voor uiteenlopende opdrachten. En zijn we in staat om met multidisciplinaire teams alle aspecten van een vraagstuk aan te pakken.

Berenschot Groep B.V.

Europalaan 40, 3526 KS Utrecht

Postbus 8039, 3503 RA Utrecht

030 2 916 916

www.berenschot.nl

[in /berenschot](https://www.linkedin.com/company/berenschot)