



CPB Achtergronddocument | 9 juli 2015

Berekeningen en achtergrondinformatie over baanpolarisatie in Nederland

Wiljan van den Berge
Bas ter Weel

Inhoud

1	Inleiding—	4
2	Technologie en de arbeidsmarkt—	5
3	Impact van ICT en handel op de vraag naar vaardigheden—	9
3.1	Data—	10
3.2	Econometrische methode—	14
3.3	Resultaten—	14
4	Vraag en aanbod van vaardigheden in Nederland—	17
4.1	Opleidingsniveau en vaardigheden: een internationale vergelijking—	20
5	Baanpolarisatie in Nederland—	21
5.1	Beroepen—	22
5.2	Loonontwikkeling in beroepen—	25
5.3	Dynamiek in het midden—	26
6	Robots—	28
	Appendix—	30
	Data constructie internationale vergelijking—	30
	Gevoeligheidsanalyses—	31
	Literatuur—	33

1 Inleiding

In de Policy Brief ‘Baanpolarisatie in Nederland’ wordt ingegaan op recente veranderingen op de Nederlandse arbeidsmarkt, met een focus op verschuivingen in de vraag naar arbeid in het midden die ontstaan door nieuwe technologie, zoals ICT en robots (Van den Berge en Ter Weel, 2015).¹ Internationale studies laten zien dat de vraag in het midden van de arbeidsmarkt afneemt en aan de boven- en onderkant toeneemt (Autor et al., 2003; Autor en Dorn, 2013; Goos et al., 2014; Michaels et al., 2014). Dit fenomeen staat bekend als polarisatie. Het doel van deze Policy Brief is om te laten zien in hoeverre dit in Nederland speelt, en om aanknopingspunten voor beleid aan te reiken.

Dit Achtergronddocument beschrijft in meer detail de gebruikte gegevens en methoden voor de analyses voor de Policy Brief. In paragraaf 2 gaan we eerst in op hoe nieuwe technologie impact heeft op de arbeidsmarkt en op de internationale trends. Vervolgens laten we in paragraaf 3 aan de hand van internationale data zien dat ICT en handel de vraag naar middelbaaropgeleiden negatief hebben beïnvloed en de vraag naar hoog opgeleiden positief. In paragraaf 4 bespreken we de ontwikkeling in de vraag en het aanbod van verschillende opleidingsniveaus in Nederland en in paragraaf 5 gaan we in op de baanpolarisatie die we in Nederland observeren. Met de analyses sluiten we zoveel mogelijk aan op de internationale literatuur. In paragraaf 6 gaan we nog kort in op de recente discussie over de invloed van robotisering op de arbeidsmarkt.

¹ Zowel in de Policy Brief als in dit Achtergronddocument ligt de focus op het middensegment van de arbeidsmarkt. Zie De Graaf-Zijl et al. (2015) voor analyses over de onderkant van de arbeidsmarkt.

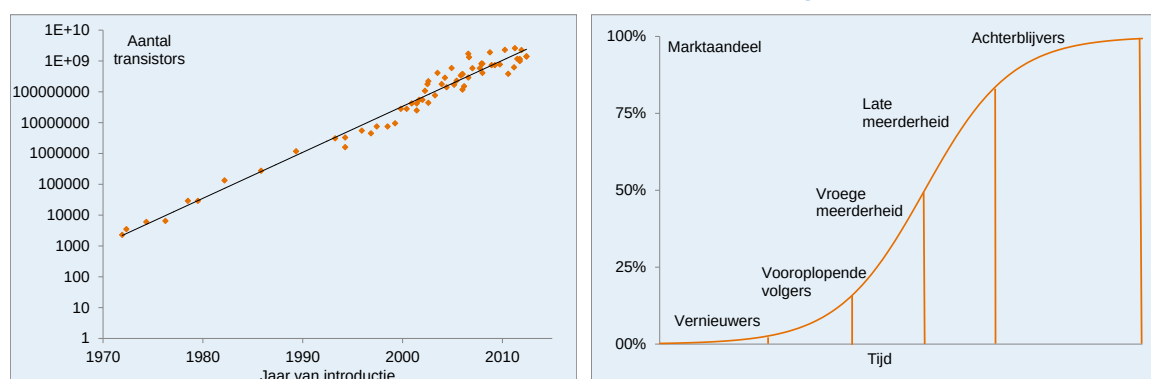
2 Technologie en de arbeidsmarkt

Technologische ontwikkeling is een bron van welvaart. Het leidt tot toename van de productiviteit en werkgelegenheid en daarmee van het inkomen per hoofd van de bevolking. Tegelijkertijd bestaan er zorgen over de verdeling van die welvaart. De snelle ontwikkeling en diffusie van informatie en communicatietechnologie (ICT) gaan gelijk op met een toename van inkomensongelijkheid tussen hoog- en laagopgeleiden in de meeste OESO-landen.² Daarnaast zien we in verschillende landen dat het midden van de arbeidsmarkt onder druk staat. In deze paragraaf gaan we in op de impact van nieuwe technologie op de arbeidsmarkt en bespreken we internationale trends.

Technologische vooruitgang beïnvloedt de verdeling van werk tussen mens en machine. Vanaf 1980 heeft informatie- en communicatietechnologie (ICT) de verhoudingen op de arbeidsmarkt veranderd. Sommige taken zijn door computers overgenomen, terwijl andere taken juist complementair zijn aan de nieuwe technologie. Dit heeft de arbeidsmarktkansen en –uitkomsten voor verschillende groepen veranderd, omdat er aanpassingen plaatsvinden die impact hebben op de kans op werk en de positie in de loonverdeling.

De voor de mens inmiddels onevenaarbare rekenkracht van computers komt tot uitdrukking in het feit dat ze regels foutloos en snel uitvoeren. Aan het fenomeen van toenemende kracht en dalende prijzen wordt weleens gerefereerd als Moore's law. Deze 'wet' stelt dat het aantal transistors op een microchip door de technologische vooruitgang iedere twee jaar verdubbelt (Figuur 1, linker panel). Computers worden hierdoor steeds krachtiger wat leidt tot nieuwe toepassingen. Twee condities zijn van belang voor deze toepassingen: alle informatie die nodig is om een taak uit te voeren moet worden geïdentificeerd en vastgelegd in regels die een computer kan volgen en het verwerken van informatie moet kunnen worden vastgelegd in computercode.

Figuur 1 Moore's law (links) en de diffusie van computertechnologie (rechts)



² Zie Katz en Autor (1999), Acemoglu (2002) en Borghans en Ter Weel (2005) voor overzichtsstudies.

Aan beide condities kan worden voldaan door middel van een deductieve regel die is gebaseerd op bijvoorbeeld het 'if-then' principe. Inchecken op een vliegveld gaat op deze manier. Als het paspoortnummer overeenkomt met een ticketnummer dat door de computer wordt herkend, wordt een boardingpass geprint. Zo niet, dan wordt de passagier verwezen naar een balie voor hulp. Daarnaast zijn inductieve regels mogelijk die op basis van statistische verbanden patronen herkennen. Deze informatie kan door de computer worden toegepast op concrete waarnemingen, maar vergt wel bijstelling. Van een stel dat een hypotheek wil afsluiten, wordt een risicoprofiel opgesteld op basis waarvan een voorstel uit het model rolt. De adviseur gebruikt dit advies voor een passende hypotheek. Het is wel van belang dat rekening wordt gehouden met nieuwe informatie (die de computer niet zomaar kent) zoals een aanscherping van de hypotheekregels of het sentiment in tijden van crisis, met niet-verneembare of te kwantificeren kenmerken van het stel en de markt en met diverse vormen van meetfouten die kunnen optreden bij dit soort statistische modellen.

Daarnaast zijn de kosten van computertechnologie in de afgelopen decennia drastisch gedaald. Als een nieuwe technologie wordt geïntroduceerd, is deze vaak nog niet helemaal uitontwikkeld, erg duur om aan te schaffen en vereist de bediening een relatief grote investering in kennis en vaardigheden. De verspreiding en het gebruik van nieuwe technologie en machines kennen daarom een S-vormig verloop over de tijd. Er is een klein aantal vroege gebruikers, gevolgd door de grote meute en een relatief klein aantal late gebruikers. In de landbouw is dit patroon bijvoorbeeld waargenomen tijdens de introductie van maïs als veevoer (Griliches, 1957) en de eerste automatische oogstmachines (David, 1975). Er waren boeren die vroeg overstapten op de nieuwe mogelijkheden, maar ook boeren die pas erg laat de overstap maakten. Computertechnologie heeft, in verschillende golven en gedaantes, op een vergelijkbare wijze de manier waarop we werken beïnvloed (Figuur 1, rechter panel).

De eerste gebruikers van de automatische oogstmachines waren dan ook niet verrassend grote boerenbedrijven met meerdere productielocaties en veel mensen in dienst. Deze schaal om te investeren in nieuwe machines maakte vroege adoptie rendabel. De eerste computers werden ingezet in relatief grote bedrijven en instellingen die veel rekenkracht nodig hadden. In de jaren zestig waren computers vooral logge en energievervlindende *number crunchers* die slechts door een enkele onderzoeker werden gebruikt. Vanaf de jaren tachtig deden computers massaal hun intrede op de werkplek en werden ze gebruikt als moderne typemachines, maar ook als robots in de fabriek. Op dit moment gebruikt bijna iedereen op het werk op enigerlei wijze computertechnologie die het werk op vele manieren ondersteunt en voor een deel heeft overgenomen.

De diffusie van computertechnologie heeft de vraag naar arbeid veranderd. Banen bestaan uit een bundel van verschillende taken. De manier waarop deze taken worden georganiseerd hangt van een aantal factoren af. Voor de werkgever is het vooral een afweging van coördinatiekosten en productiekosten. Als het eenvoudig is veel kleine taken zelf te doen (te bundelen in een baan), is het niet de moeite waard om taken te verdelen tussen verschillende mensen of tussen mens en machine, ook al zouden daar productiekosten mee bespaard

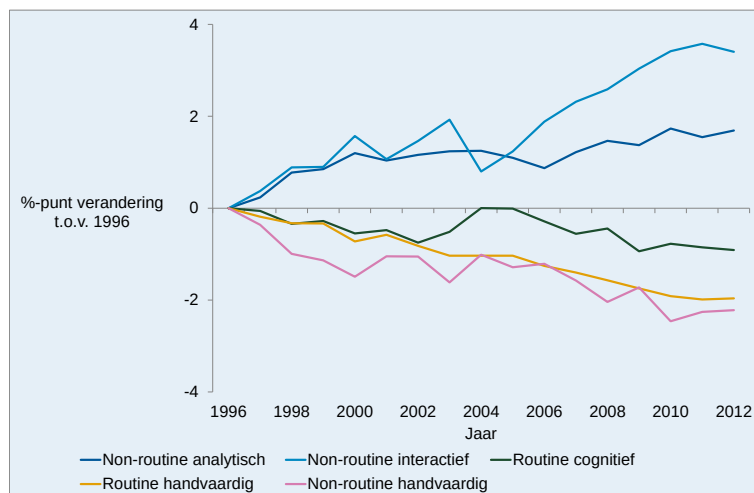
kunnen worden. Overleg en controle zouden bij een verdeling van taken duurder kunnen uitpakken dan deze besparing.

Technologie verandert de coördinatie van taken tussen mensen en tussen mens en machine. Dit kan twee kanten op gaan. Computers maken het eenvoudiger om routinematige taken zelf te doen, zoals het tikken van deze tekst, maar vereenvoudigen ook de afstemming van het werk tussen mens en machine. Dit geldt niet alleen voor de afstemming tussen een PC en de mens, maar ook voor die tussen mens en robot. Indien taken kunnen worden afgesplitst van een individuele baan, kunnen ze mogelijk door het bedrijf worden uitbesteed. Binnenshuis uitvoeren maakt afstemming gemakkelijker en de kwaliteit kan worden gecontroleerd, terwijl uitbesteden kosten drukt en risico's spreidt. Tevens kunnen taken die door het bedrijf worden uitbesteed, ook in het buitenland worden uitgevoerd. Ook nu zijn er voordelen verbonden aan het regionaal clusteren van activiteiten, maar kan het ook van belang zijn om dicht bij de (buitenlandse) klant te zitten.

Computertechnologie maakt het ook eenvoudiger om delen van het productieproces uit te besteden en op te knippen. Een steeds groter deel van de productie wordt in verschillende landen uitgevoerd. Productie in dit soort wereldwijde waardeketens laat voor OESO-landen een verschuiving zien naar steeds meer werk dat gedaan wordt door hoogopgeleiden en een grotere rol voor kapitaal in het productieproces. Vooral routinematige aspecten van het werk worden uitbesteed, omdat deze eenvoudig zijn uit te leggen en vast te leggen in relatief eenvoudige regels en opdrachten. Tevens zijn de kwaliteit en omvang van dit deel van de productie op afstand te controleren. Daarnaast bestaan er vooral comparatieve voordelen van dit werk buiten de OESO, zoals in China of andere delen van Azië. Binnen de waardeketens specialiseren Westerse landen zich steeds meer in taken waar vooral hoger-opgeleiden goed in zijn. Bij de productie van goederen en diensten zijn steeds meer beroepen en sectoren betrokken die slechts indirect samenhangen met de daadwerkelijke productie. Zo maken dienstverlening, zoals onderzoek, marketing en ondersteunende diensten inmiddels ongeveer de helft van de gemiddelde toegevoegde waarde uit in het productieproces van goederen als Duitse auto's (zie bijvoorbeeld Timmer et al., 2014).

Een onderscheid tussen routinematige taken en niet-routinematige taken lijkt daarom nuttig. Routinematige taken worden op een standaardwijze uitgevoerd, terwijl niet-routinematige taken aanpassingsvermogen van de werknemer vergen. Routinematige taken voldoen in grotere mate aan de voorwaarden om door machines/computers te worden uitgevoerd. Niet-routinematige taken vragen creativiteit, probleemoplossend vermogen, flexibiliteit en andere vaardigheden, waarbij de gewenste acties van de werknemer niet vooraf te bepalen zijn. Handmatige taken zijn uitvoerende taken die fysieke inspanning vergen. Voorbeelden zijn het besturen van een vrachtwagen en het schoonmaken van een vloer. Analytische taken vergen voornamelijk hersenactiviteit en niet zozeer fysieke activiteit. Het analyseren van een röntgenfoto is een voorbeeld van deze taken. Ten slotte bestaat er een categorie interactieve taken, waar sociale interactie een belangrijke rol bij speelt. Het gaat hier bijvoorbeeld om les geven en verkopen, maar ook om leiding geven.

Figuur 2 Handvaardige en routinetaken nemen af, terwijl interactieve en analytische taken toenemen



Bron: eigen berekeningen op basis van de indeling van Den Butter en Mihaylov (2013) en EBB.

Ook in Nederland nemen tussen 1996 en 2012 met name routinematige taken af en nemen interactieve en analytische taken toe (Figuur 2). Daarnaast lijkt er een afname te zijn van non-routine handvaardige taken, wat vooral komt door een afname van de werkgelegenheid in agrarische beroepen.³ In de figuur wordt alleen rekening gehouden met veranderingen tussen beroepen. Taken kunnen ook veranderen binnen beroepen. De internationale literatuur suggereert dat ongeveer de helft van de verandering in taken in verschillende landen komt door een verschuiving in welke beroepen worden uitgevoerd en de helft door veranderingen in taken binnen beroepen (Spitz-Oener, 2006; Akçomak et al., 2013). Deze figuur onderschat dus waarschijnlijk de daadwerkelijke veranderingen in taken in de Nederlandse beroepsbevolking over deze periode.

Werkzaamheden ingedeeld naar vijf taken

De vijf taken in Figuur 2 bestaan uit de volgende werkzaamheden:

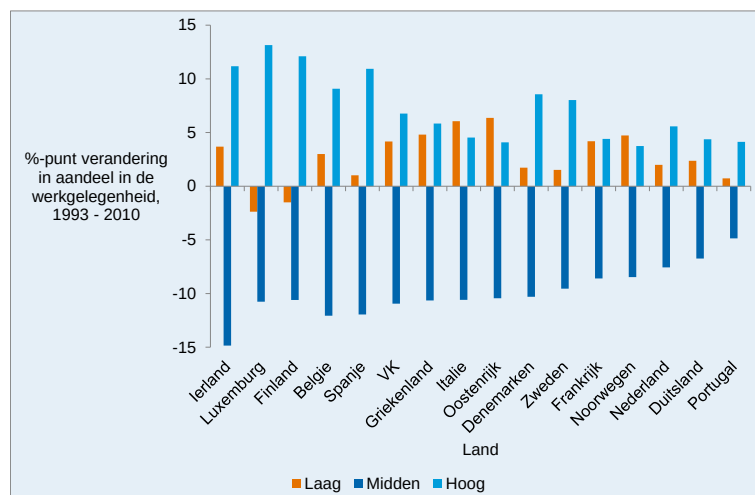
- Niet-routinematig analytisch: onderzoek, evaluatie en planning, opstellen van plannen, ontwerpen en construeren, regels formuleren en uitwerken en interpreteren van regels.
- Niet-routinematig interactief: onderhandelen, lobbyen, coördineren, organiseren, leren en onderwijzen, inkoop en verkoop, adviseren van klanten, adverteren, acquisitie, presenteren, personeel te werk stellen en begeleiden en leiding geven.
- Routinematig cognitief: berekeningen maken, boekhouden, teksten en/of gegevens corrigeren, en meten van lengte, hoogte of gewicht.
- Routinematig handvaardig: machines besturen, toezicht houden op machinebewerkingen en machines opstarten.
- Niet-routinematig handvaardig: renoveren of repareren van huizen, gebouwen, machines en voertuigen, restauratie van kunstvoorwerpen en/of monumenten, dienstverlening, verzorging en landbouw.

Zie Den Butter en Mihaylov (2013) en Spitz-Oener (2006).

³ Figuur 2 is geconstrueerd met behulp van data van Den Butter en Mihaylov (2013). Zij hebben met behulp van de SBC'92 de werksoorten in beroepen ingedeeld in de vijf taken in de figuur. Ieder beroep heeft dus een aandeel in deze taken (variërend van 0 tot 1).

Routinematige taken worden vaker door middelbaar opgeleiden uitgevoerd. Het zijn niet de taken die voor de meeste mensen zonder al te veel opleiding uitgevoerd kunnen worden, zoals schoonmaken. Maar het zijn ook niet de taken die veel creativiteit of analytisch denkvermogen vereisen. Het gaat hier bijvoorbeeld om boekhoudkundig werk of secretaressewerk. Diverse internationale studies laten zien dat de opkomst van ICT de vraag naar routinematige vaardigheden heeft doen afnemen en dat dit vooral middelbaar-opgeleiden raakt (Figuur 3).⁴ In Nederland lijken de trends minder sterk dan in de meeste andere OESO-landen.

Figuur 3 De werkgelegenheid in middenberoepen neemt af, terwijl die in hoog- en laagbetaalde beroepen toeneemt



Bron: Goos et al. (2014)

3 Impact van ICT en handel op de vraag naar vaardigheden

In deze paragraaf onderzoeken we voor elf OESO-landen hoe investeringen in ICT en toenemende handel op sectorniveau samenhangen met de vraag naar hoog-, midden- en laagopgeleiden voor de periode 1980 – 2009. In deze analyse volgen we een recent paper van Michaels et al. (2014), die voor de periode 1980 - 2004 laten zien dat investeringen in ICT significant positief samenhangen met de vraag naar hogeropgeleiden en significant negatief met de vraag naar middelbaaropgeleiden. Ze vinden geen significante relatie voor de vraag naar laagopgeleiden. Ons onderzoek voor de meer recente periode bevestigt grotendeels de resultaten van hun eerdere onderzoek.

⁴ Zie Autor et al. (2003), Acemoglu en Autor (2010) en Autor en Dorn (2013) voor studies voor de VS. Spitz-Oener (2006) laat hetzelfde voor Duitsland zien. Goos et al. (2014) laten voor diverse OESO-landen zien dat de vraag naar middenbetaalde banen is afgenomen.

3.1 Data

De analyse van Michaels et al. bestrijkt de periode 1980 – 2004. Wij hebben deze analyse uitgebreid naar de periode 1980 – 2009.⁵ Onze uiteindelijke dataset bevat voor deze periode elf landen en twaalf sectoren. Voor deze analyse maken we gebruik van de EUKLEMS en de WIOD data (O'Mahony en Timmer, 2009; Timmer et al., 2015).⁶ De afhankelijke variabele in onze analyse is het aandeel in de loonsom van laag-, middelbaar- en hoogopgeleiden in verschillende landen. Dit is een gebruikelijke indicator voor de vraag naar arbeid.⁷ In de meeste landen zijn hoogopgeleiden mensen met een tertiaire opleiding. Middelbaar-opgeleiden zijn meestal mensen met een middelbare schoolopleiding en mensen met een mbo-achtige opleiding. Laagopgeleiden zijn alle mensen met een lagere opleiding. Het gaat hier meestal om mensen die de middelbare school niet hebben afgemaakt. Onze variabele voor ICT-gebruik is ICT-kapitaal gedeeld door de toegevoegde waarde per sector.⁸ Voor de sectoren die handelen (industrie en landbouw), maken we gebruik van OECD-STAN-data om de handelsstromen per sector in kaart te brengen.

In alle landen is de loonsom van hoogopgeleiden gestegen en die van laagopgeleiden gedaald (Tabel 1). De loonsom van middelbaaropgeleiden is in de meeste landen gestegen, maar in bijvoorbeeld Nederland, de VS en Duitsland gedaald.⁹ Ook is in alle landen de intensiteit van ICT-kapitaal toegenomen.

⁵ Zie de Appendix voor een uitgebreide beschrijving van de constructie van onze dataset. Omdat in 2009 veel landen in een recessie zijn terechtgekomen, hebben we de analyses ook gedaan voor de periode tot en met 2008. Dit maakt niet uit voor de resultaten.

⁶ Hierin wijken wij af van de methode van Michaels et al. (2014). Zij gebruiken zoveel mogelijk sectoren per land, wij aggregeren naar het laagst mogelijke aggregatieniveau. Hiermee hebben wij een dataset waarin de sectoren beter vergelijkbaar zijn, maar hebben we voor sommige landen wel minder sectoren. Als we wel alle mogelijke sectoren per land gebruiken zijn de resultaten voor ICT vergelijkbaar. Voor handel vinden we voor hoogopgeleiden geen positief significant effect meer.

⁷ Het aandeel in de loonsom van een groep stijgt als de vraag naar die groep harder stijgt dan het aanbod. Immers, als alleen het aanbod van een groep stijgt, zullen de lonen zich aanpassen, zodat het aandeel in de loonsom gelijk blijft. Zie ook het model van Michaels et al. (2014) voor een formele uitwerking van de relatie tussen ICT-investeringen en de loonsom van laag-, middelbaar- en hoogopgeleiden.

⁸ In de EUKLEMS-dataset worden kapitaalvariabelen berekend volgens de zogenoemde *perpetual inventory method* (O'Mahony en Timmer, 2009).

⁹ De niveaus en delta's hangen onder anderen samen met de startpositie en de definitie van wat middelbaaropgeleiden precies zijn. In de analyses houden we hier rekening mee door alleen te kijken naar verschillen over de lange periode en te controleren voor vaste verschillen tussen landen, zodat definitiekwesties geen rol spelen.

Tabel 1 Beschrijvende statistieken per land

A. Gemiddeld niveau per land (1980)							
	Aandeel in de loonsom hoog	Aandeel in de loonsom midden	Aandeel in de loonsom laag	ln(Toegevoegde waarde)	ICT kap / TW	Non-ICT kap / TW	(Import + Export)/TW
Denemarken	6,2	49,6	44,1	8,3	0,023	0,208	2,0
Duitsland	11,7	66,0	22,4	10,7	0,016	0,151	1,3
Finland	29,2	28,2	42,6	8,1	0,012	0,214	1,4
Frankrijk	12,8	49,8	37,5	10,6	0,009	0,179	1,2
Italië	7,0	84,6	8,4	10,2	0,015	0,171	0,8
Japan	18,2	47,2	34,6	11,1	0,016	0,281	0,6
Nederland	24,2	60,7	15,2	9,3	0,014	0,177	3,1
Oostenrijk	9,8	48,6	41,6	8,4	0,011	0,237	1,3
Spanje	14,7	9,7	75,5	9,6	0,019	0,294	0,5
Verenigd Koninkrijk	11,3	55,1	33,6	10,3	0,007	0,217	1,8
Verenigde Staten	32,0	53,5	14,5	12,1	0,017	0,279	0,6
B. Gemiddelde verandering per land (1980 - 2009)							
	Aandeel in de loonsom hoog	Aandeel in de loonsom midden	Aandeel in de loonsom laag	ln(Toegevoegde waarde)	ICT kap / TW	Non-ICT kap / TW	(Import + Export) / TW
Denemarken	9,3	7,5	-16,5	1,4	0,016	-0,095	1,4
Finland	21,0	9,1	-30,1	1,3	0,017	-0,031	0,5
Duitsland	10,2	-2,2	-7,9	1,2	0,005	0,032	1,7
Frankrijk	12,8	13,5	-26,4	1,2	0,018	0,047	1,4
Italië	7,3	8,2	-7,4	1,2	0,005	0,032	0,8
Japan	13,4	11,7	-25,1	1,3	0,031	0,023	0,2
Nederland	19,8	-6,9	-12,5	1,3	0,015	0,018	4,8
Oostenrijk	7,8	18,1	-25,9	1,2	0,021	0,001	1,0
Spanje	12,9	19,9	-32,8	1,5	0,009	0,072	1,1
Verenigd Koninkrijk	19,6	10,9	-29,9	1,3	0,023	-0,060	1,6
Verenigde Staten	17,2	-7,7	-9,4	1,5	0,043	-0,001	0,5

Bron: eigen berekeningen op basis van EUKLEMS en WIOD.
Noot: de tabel laat ongewogen gemiddelden per land zien. TW = toegevoegde waarde.

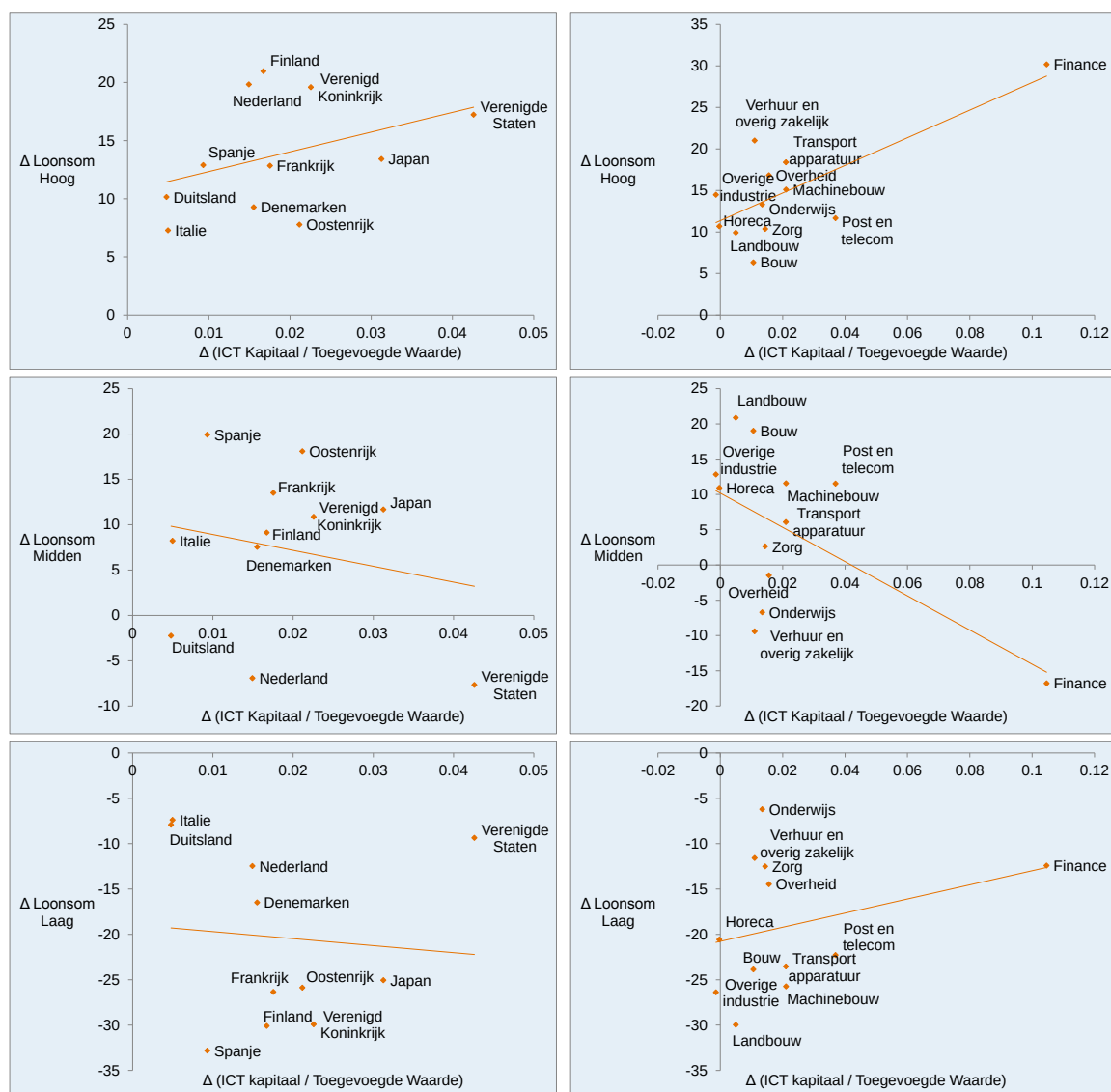
Ook is in alle sectoren het aandeel in de loonsom van hoogopgeleiden gestegen en dat van laagopgeleiden gedaald. Een aantal sectoren laat ook een daling zien in het aandeel van middelbaaropgeleiden (Tabel 2). Alle regressieanalyses worden op sector-landniveau uitgevoerd en gewogen met gewichten die aangeven hoe belangrijk een sector is voor de werkgelegenheid van een land. Het gewicht is het aandeel in de werkgelegenheid van een sector per land in 1980.

Tabel 2 Beschrijvende statistieken per sector

A. Gemiddeld niveau per sector (1980)							
	Aandeel in de loonsom hoog	Aandeel in de loonsom midden	Aandeel in de loonsom laag	ln(Toegevoegde waarde)	ICT kap / TW	Non-ICT kap / TW	(Import + Export)/TW
Landbouw en visserij	6,4	40,5	53,1	9,5	-0,004	0,186	0,7
Machinebouw	9,8	50,9	39,3	10,5	0,014	0,276	1,2
Transport apparatuur	11,6	54,7	33,7	9,5	0,011	0,170	2,7
Overige industrie	7,8	48,2	44,0	8,1	0,011	0,208	3,1
Post en telecom	6,6	55,0	38,4	9,9	0,055	0,214	
Verhuur en overig zakelijk	29,0	51,5	19,5	10,5	0,023	0,600	
Bouw	7,3	52,1	40,6	10,0	0,005	0,183	
Horeca	6,2	54,4	39,4	8,8	0,010	0,119	
Financiële dienstverlening	18,3	65,0	16,7	9,5	0,053	0,290	
Overheid	20,5	58,0	21,5	10,0	0,013	0,165	
Onderwijs	53,2	37,0	9,9	9,6	0,010	0,084	
Zorg	25,8	54,1	20,1	9,7	0,009	0,142	
B. Gemiddelde verandering per sector (1980 - 2009)							
	Aandeel in de loonsom hoog	Aandeel in de loonsom midden	Aandeel in de loonsom laag	ln(Toegevoegde waarde)	ICT kap / TW	Non-ICT kap / TW	(Import + Export)/TW
Landbouw en visserij	10,0	20,7	-29,9	0,4	0,005	-0,048	0,5
Machinebouw	15,1	11,5	-25,6	1,1	0,021	-0,019	1,5
Transport apparatuur	18,4	5,9	-23,4	1,1	0,021	-0,012	3,6
Overige industrie	14,5	12,7	-26,3	1,1	-0,001	-0,049	-1,1
Post en telecom	11,6	11,4	-22,2	1,4	0,037	0,055	
Verhuur en overig zakelijk	21,0	-9,4	-11,6	2,0	0,011	-0,034	
Bouw	6,3	19,0	-23,9	1,3	0,011	0,003	
Horeca	10,6	10,9	-20,5	1,7	-0,001	0,088	
Financiële dienstverlening	30,1	-16,8	-12,3	1,7	0,105	-0,020	
Overheid	16,8	-1,5	-14,5	1,5	0,016	0,023	
Onderwijs	13,2	-6,6	-6,2	1,6	0,014	-0,007	
Zorg	10,4	2,6	-12,5	1,9	0,014	0,015	
Bron: eigen berekeningen op basis van EUKLEMS en WIOD. Noot: de tabel laat ongewogen gemiddelden per sector zien. TW = toegevoegde waarde.							

De zes grafieken in Figuur 4 laten zowel per land als per sector de correlatie tussen de verandering in ICT kapitaal / toegevoegde waarde en de verandering in de loonsom tussen 1980 en 2009 zien. Dit is apart gedaan voor hoog-, middelbaar- en laagopgeleiden. Alle figuren laten zien dat de correlatie tussen de verandering in ICT/TW en de verandering in de loonsom vooral negatief is voor middelbaaropgeleiden en positief voor hoogopgeleiden. Voor laagopgeleiden is er een minder sterk verband.¹⁰

Figuur 4 ICT investeringen hangen positief samen met de verandering in de loonsom van hoogopgeleiden en negatief met veranderingen in de loonsom van middelbaaropgeleiden



Bron: eigen berekeningen op basis van EUKLEMS en WIOD.

¹⁰ De financiële sector laat de sterkste verschuiving zien in de vraag van middelbaar- naar hoogopgeleiden en in de toename in ICT-kapitaal. De resultaten die hieronder gepresenteerd worden, zijn minder sterk, maar blijven significant als deze sector niet meegenomen wordt.

3.2 Econometrische methode

We schatten voor de drie opleidingsniveaus het volgende model om veranderingen in de loonsom te verklaren uit veranderingen in ICT-kapitaal¹¹:

$$\Delta Aandeel_{ijt}^S = c_j^S + \beta_1^S \Delta \left(\frac{C}{Q} \right)_{ijt} + \beta_2^S \Delta \left(\frac{K}{Q} \right)_{ijt} + \beta_3^S \Delta \ln Q_{ijt} + u_{ijt}^S.$$

Hierin relateren we de verandering in het aandeel van onderwijsniveau S in de loonsom van sector i , land j en jaar t aan land *fixed effects* c , de verandering in de intensiteit van ICT-kapitaal C , de verandering in de intensiteit van overig kapitaal K en de verandering in de toegevoegde waarde Q van een sector-landcombinatie. Doordat we in lange verschillen (30 jaar) schatten, kijken we naar de historische trends. Door land *fixed effects* toe te voegen houden we rekening met land-specifieke trends.

3.3 Resultaten

Tabel 3 laat het effect van toegenomen ICT-investeringen zien voor laag-, midden- en hoogopgeleiden.¹² We hebben de variabelen gestandaardiseerd met gemiddelde 0 en standaardafwijking 1. In de eerste vier kolommen schatten we het model voor alle sectoren. In de laatste vier kolommen doen we dit alleen voor de sectoren die handelen. Kolom 4 laat de meest uitgebreide specificatie zien met alle controlevariabelen en land *fixed effects*. De resultaten in panel A laten zien dat een 1 standaardafwijking toename in de intensiteit van ICT-kapitaal significant samenhangt met een 0,3 standaardafwijking toename in het aandeel in de loonsom van hoger-opgeleiden. Panel B laat zien dat de correlatie significant negatief is met het aandeel in de loonsom van middelbaaropgeleiden. Een 1 standaardafwijking toename in de intensiteit van ICT-kapitaal leidt tot een -0,23 standaardafwijking verandering in het aandeel in de loonsom van middelbaaropgeleiden. Panel C laat zien dat er voor laagopgeleiden geen significante correlatie is. Kolom 8 laat dezelfde schattingen zien voor alleen de handelende sectoren en daar vinden we nergens significant effecten. Dit suggereert dat andere sectoren – denk aan dienstverlening – ook belangrijk zijn bij het verklaren van de verandering in de vraag naar middelbaar- en hoogopgeleiden.¹³

Tabel 4 laat het effect van toegenomen handel zien op de vraag naar laag-, midden- en hoogopgeleiden. Kolom 4 is de meest uitgebreide specificatie, en hier zien we dat het effect significant positief is voor hoogopgeleiden en significant negatief voor middelbaar-opgeleiden. Er is wederom geen significant effect voor laagopgeleiden. Dit betekent dat in

¹¹ Michaels et al. (2014) leiden deze vergelijking af van een eenvoudig model.

¹² Deze tabel is vergelijkbaar met tabel 5 in Michaels et al. (2014).

¹³ Deze resultaten zijn in tegenstelling tot Michaels et al. (2014), die juist sterkere effecten vinden bij sectoren die handelen. Een deel van de verklaring ligt in het feit dat wij minder sectoren hebben dan zij, doordat we aggregeren naar het laagst mogelijke aggregatieniveau. Naticchioni et al. (2014), die een vergelijkbare analyse uitvoeren voor de periode 1995 – 2007 met de WIOD data, vinden echter juist uitkomsten die lijken op die van ons: de dienstensector lijkt belangrijker in de relatie tussen ICT-kapitaal en de vraag naar middelbaar- en hoogopgeleiden dan andere sectoren.

sectoren waar handel is toegenomen de vraag verschoven is van middelbaar- naar hoogopgeleiden.¹⁴ In de appendix worden nog enkele gevoeligheidsanalyses besproken.

Tabel 3 **Schattingen van regressieanalyse voor het effect van ICT op het aandeel in de loonsom van hoog-, midden- en laagopgeleiden**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
A. Afhankelijke variabele: aandeel van hoogopgeleiden in de loonsom								
$\Delta(\text{ICT Kapitaal} / \text{TW})$		0,36 (0,12)	0,34 (0,12)	0,31 (0,10)		0,15 (0,19)	0,17 (0,20)	0,04 (0,12)
$\Delta(\text{Non-ICT Kapitaal} / \text{TW})$			-0,16 (0,07)	-0,14 (0,08)			-0,16 (0,08)	-0,10 (0,09)
$\Delta(\ln(\text{TW}))$			0,15 (0,08)	0,13 (0,06)			0,20 (0,14)	0,17 (0,09)
Constante	-0,12 (0,09)	-0,09 (0,08)	-0,06 (0,08)	-0,69 (0,13)	-0,07 (0,13)	-0,05 (0,13)	0,16 (0,20)	-0,74 (0,14)
Land fixed effects				X				X
Alleen handelende industrieën					X	X	X	X
Observaties	132	132	132	132	44	44	44	44
R ²		0,09	0,14	0,39		0,03	0,11	0,67
B. Afhankelijke variabele: aandeel van middelbaaropgeleiden in de loonsom								
$\Delta(\text{ICT Kapitaal} / \text{TW})$		-0,32 (0,12)	-0,24 (0,11)	-0,23 (0,09)		-0,16 (0,25)	-0,09 (0,24)	-0,15 (0,18)
$\Delta(\text{Non-ICT Kapitaal} / \text{TW})$			0,14 (0,11)	0,14 (0,10)			0,10 (0,18)	0,09 (0,11)
$\Delta(\ln(\text{TW}))$			-0,45 (0,11)	-0,46 (0,09)			-0,54 (0,22)	-0,28 (0,16)
Constante	0,15 (0,11)	0,13 (0,10)	0,05 (0,08)	0,66 (0,23)	0,56 (0,18)	0,54 (0,18)	-0,05 (0,21)	1,21 (0,49)
Land fixed effects				X				X
Alleen handelende industrieën					X	X	X	X
Observaties	132	132	132	132	44	44	44	44
R ²		0,06	0,26	0,54		0,02	0,22	0,71
C. Afhankelijke variabele: aandeel van laagopgeleiden in de loonsom								
$\Delta(\text{ICT Kapitaal} / \text{TW})$		0,10 (0,09)	0,02 (0,09)	0,06 (0,06)		0,05 (0,19)	-0,04 (0,18)	0,15 (0,16)
$\Delta(\text{Non-ICT Kapitaal} / \text{TW})$			-0,03 (0,12)	-0,06 (0,09)			0,00 (0,20)	-0,04 (0,12)
$\Delta(\ln(\text{TW}))$			0,41 (0,11)	0,45 (0,09)			0,48 (0,24)	0,22 (0,18)
Constante	-0,09 (0,11)	-0,08 (0,11)	-0,01 (0,09)	-0,36 (0,24)	-0,61 (0,19)	-0,61 (0,20)	-0,06 (0,24)	-0,96 (0,53)
Land fixed effects				X				X
Alleen handelende industrieën					X	X	X	X
Observaties	132	132	132	132	44	44	44	44
R ²		0,01	0,17	0,65		0,00	0,14	0,71
Bron: eigen berekeningen op basis van EUKLEMS en WIOD.								

¹⁴ De effecten van ICT-kapitaal en handel overlappen waarschijnlijk. Meer ICT-kapitaal betekent immers dat het eenvoudiger is om te handelen. Daarnaast, als sectoren veel handelen en dus moeten concurreren met andere landen, is er een grotere prikkel om meer te investeren in nieuwe technologie. Het is daarom lastig om de twee effecten uit elkaar te halen.

Tabel 4 **Schattingen van regressieanalyse voor het effect van handel op het aandeel in de loonsom van hoog-, midden- en laagopgeleiden**

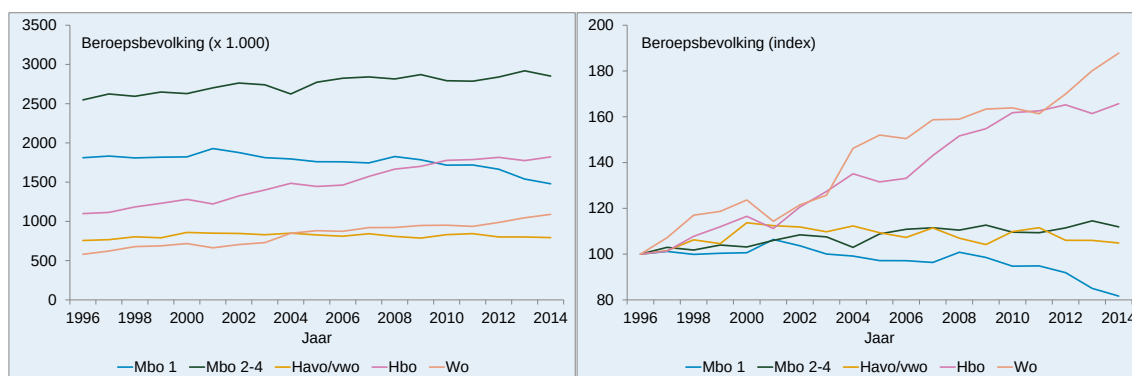
	(1)	(2)	(3)	(4)
A. Afhankelijke variabele: aandeel van hoogopgeleiden in de loonsom				
$\Delta(\text{Wereldhandel} / \text{TW})$		0,21	0,20	0,20
		(0,07)	(0,06)	(0,09)
$\Delta(\ln(\text{TW}))$			0,18	0,15
			(0,16)	(0,11)
Constante	-0,07	-0,09	0,12	-0,74
	(0,13)	(0,14)	(0,21)	(0,14)
Land fixed effects				X
Observaties	44	44	44	44
R ²		0,04	0,08	0,69
B. Afhankelijke variabele: aandeel van middelbaaropgeleiden in de loonsom				
$\Delta(\text{Wereldhandel} / \text{TW})$		-0,29	-0,26	-0,21
		(0,11)	(0,07)	(0,09)
$\Delta(\ln(\text{TW}))$			-0,52	-0,30
			(0,21)	(0,15)
Constante	0,56	0,59	-0,01	1,19
	(0,18)	(0,18)	(0,21)	(0,43)
Land fixed effects				X
Observaties	44	44	44	44
R ²		0,05	0,25	0,72
C. Afhankelijke variabele: aandeel van laagopgeleiden in de loonsom				
$\Delta(\text{Wereldhandel} / \text{TW})$		0,18	0,15	0,11
		(0,10)	(0,08)	(0,09)
$\Delta(\ln(\text{TW}))$			0,47	0,25
			(0,20)	(0,16)
Constante	-0,61	-0,63	-0,09	-0,94
	(0,19)	(0,20)	(0,22)	(0,49)
Land fixed effects				X
Observaties	44	44	44	44
R ²		0,02	0,15	0,71
Bron: eigen berekeningen op basis van EUKLEMS en WIOD.				

4 Vraag en aanbod van vaardigheden in Nederland

Veranderingen in de structuur van de werkgelegenheid vertalen zich ook terug in veranderingen in de vraag naar mensen met bepaalde vaardigheden. Een goede en veelgebruikte maatstaf voor de vaardigheden van mensen is hun opleidingsniveau. In deze paragraaf laten we zien dat het aanbod van hoogopgeleiden snel is gestegen, maar de vraag nog sneller. Daarentegen is het aanbod van middelbaaropgeleiden gelijk gebleven en lijkt de vraag licht gedaald.

Veranderingen in de werkgelegenheid hebben zowel een aanbod- als een vraagcomponent. Doordat jongeren steeds hoger opgeleid zijn en veelal lager opgeleide oudere werknemers de arbeidsmarkt verlaten, verandert de samenstelling van het aanbod. Het aanbod van hogeropgeleiden is gestegen in de afgelopen achttien jaar (Figuur 5).¹⁵ Het aanbod wo'ers is bijna verdubbeld, terwijl het aanbod hbo'ers met ongeveer 65% is gestegen. Het aanbod van laagopgeleiden is daarentegen gedaald, terwijl dat van middelbaaropgeleiden constant is gebleven. Deze verschuivingen betekenen dat het aandeel hogeropgeleiden in de beroepsbevolking is toegenomen, terwijl dat van lager- en middelbaaropgeleiden is gedaald. Een deel van de verklaring voor de dalende werkgelegenheid in het midden ligt dus in het relatief kleinere deel van de beroepsbevolking dat middelbaar is opgeleid.

Figuur 5 Aanbod hoogopgeleiden is gestegen, terwijl aanbod laagopgeleiden is gedaald. Aanbod middelbaaropgeleiden is constant (links totaal, rechts index)



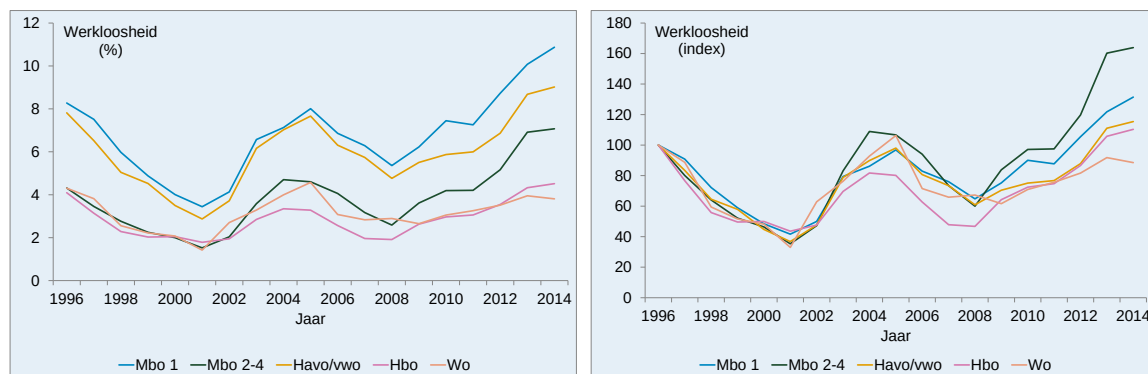
Bron: Eigen berekeningen op basis van de EBB.

De vraag naar arbeid is niet direct te meten. Om toch een beeld te krijgen van de vraag, kijken we naar uitkomsten die het gevolg zijn van het samenspel tussen vraag en aanbod. De eerste uitkomst is de werkloosheid. Als de vraag naar een bepaalde groep, gegeven het loon dat die groep vraagt, daalt, vertaalt dit zich in een hogere werkloosheid. De werkloosheid

¹⁵ De berekening van het aanbod is gebaseerd op de microdata uit de Enquête Beroepsbevolking. Door reeksbreuken is het helaas niet mogelijk om het aanbod binnen mbo goed op te splitsen naar verschillende niveaus. De trends suggereren wel dat het aanbod mbo-4 is gestegen en het aanbod mbo-2/3 is gedaald.

onder middelbaaropgeleiden ligt hoger dan onder hogeropgeleiden (Figuur 6, links). Voor havo/vwo'ers ligt de werkloosheid dichtbij die van mensen met maximaal een mbo1-opleiding. Dit suggereert dat havo/vwo'ers meer moeite hebben om werk te vinden dan mensen met een afgeronde (beroeps)opleiding. Daarnaast lijkt de werkloosheid van mensen met een middelbare mbo2-4-opleiding vanaf ongeveer 2003 structureel hoger te liggen dan die van mensen met een hbo- en wo-opleiding (Figuur 6, rechts). De vraag naar deze groep lijkt dus gedaald. Met name in de Grote Recessie worden mensen met een mbo2-4-opleiding sterker geraakt dan voorheen het geval was bij laagconjunctuur.

Figuur 6 De werkloosheid onder middelbaaropgeleiden loopt weg van die van hogeropgeleiden en licht dicht bij laagopgeleiden



Bron: eigen berekeningen op basis van de EBB.

De tweede manier om de vraag naar een bepaald opleidingsniveau te meten, is door te kijken naar het loon dat mensen verdienen. Economen meten dit via het rendement: het extra loon dat iemand verdient ten opzichte van iemand met een lager opleidingsniveau. De gebruikelijke manier om dit te doen is via een zogenaamde Mincer-vergelijking, waarin gecontroleerd wordt voor potentiële ervaring (leeftijd) en geslacht:¹⁶

$$\ln(w) = \alpha + \beta * \text{Onderwijsniveau} + \gamma * \text{leeftijd} + \delta * \text{leeftijd}^2 + \varepsilon$$

Hierin is $\ln(w)$ het natuurlijk logaritme van het uurloon dat iemand verdient. De twee termen voor *leeftijd* en *leeftijd*² controleren voor potentiële ervaring. β geeft het rendement voor een opleidingsniveau ten opzichte van de referentiegroep. Deze regressie schatten we apart voor hoogopgeleiden t.o.v. middelbaaropgeleiden en middelbaaropgeleiden t.o.v. laagopgeleiden.

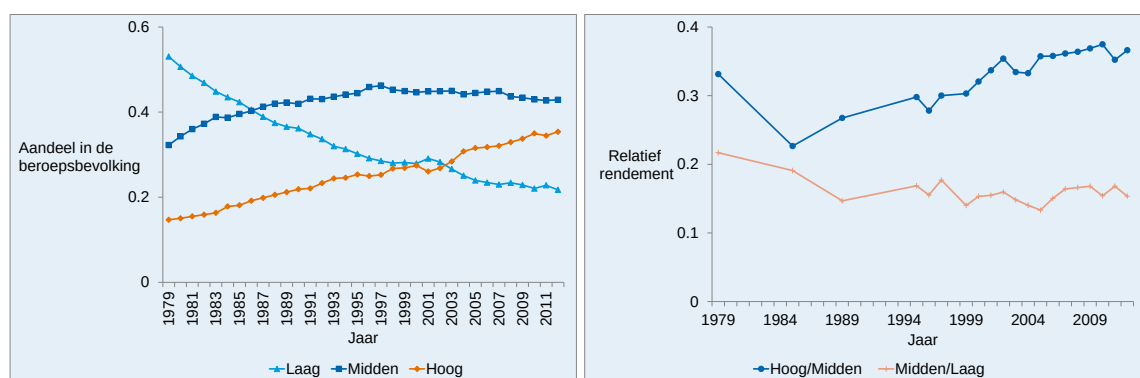
Er zijn in Nederland geen langdurige tijdreeksen beschikbaar met informatie over het loon dat mensen verdienen en hun opleidingsniveau. We maken daarom gebruik van twee bronnen om het rendement over een lange periode te laten zien. De eerste bron is het loonstrucuuronderzoek (LSO) van het CBS uit 1979, 1985, 1989, 1995, 1996 en 1997. Dit onderzoek is uitgevoerd op een representatieve steekproef onder de Nederlandse bevolking waarin mensen onder anderen gevraagd wordt wat ze verdienen. Op basis van deze

¹⁶ Zie onder anderen Heckman et al. (2003) voor een overzicht van deze methode en enkele kritieken. Gerritsen en Hartog (2015) laten de resultaten zien van dit type regressies voor Nederland tussen 1962 en 2012.

informatie en informatie over hun gewerkte uren berekenen we het uurloon. Voor de periode 1999 – 2012 combineren we de EBB met informatie van de belastingdienst over looninkomsten. Op basis van het opgegeven aantal gewerkte uren in de EBB berekenen we het uurloon van mensen.¹⁷ Daarnaast beperken we onze analyse tot voltijds werkende mannen, omdat dit de groep is die over de gehele periode het best te vergelijken is. De resultaten zijn vergelijkbaar als we ook vrouwen meenemen en mensen die in deeltijd werken.

Figuur 7 laat het rendement van hoogopgeleiden t.o.v. middelbaaropgeleiden en middelbaaropgeleiden t.o.v. laagopgeleiden zien. Daarnaast laat de figuur ook het aandeel van de drie opleidingsniveaus in de beroepsbevolking over een langere periode zien.¹⁸ Het aandeel laagopgeleiden daalt continu, terwijl dat van hoogopgeleiden continu stijgt. Het aandeel middelbaaropgeleiden stijgt tot halverwege de jaren negentig en vlagt daarna af. Alleen hogeropgeleiden zien vanaf 1985 een stijging in hun rendement. Bij middelbaaropgeleiden blijft dit min of meer constant. Dit betekent dat voor hogeropgeleiden het gestegen aanbod volledig geabsorbeerd is door de arbeidsmarkt, en dat de vraag nog harder is gestegen dan het aanbod. Voor middelbaaropgeleiden zien we daarentegen dat de vraag ongeveer gelijke tred heeft gehouden met het aanbod.

Figuur 7 De vraag naar hogeropgeleiden stijgt sterker dan het aanbod



Bron: eigen berekeningen op basis van Statline (links), LSO, EBB en SSB (rechts).

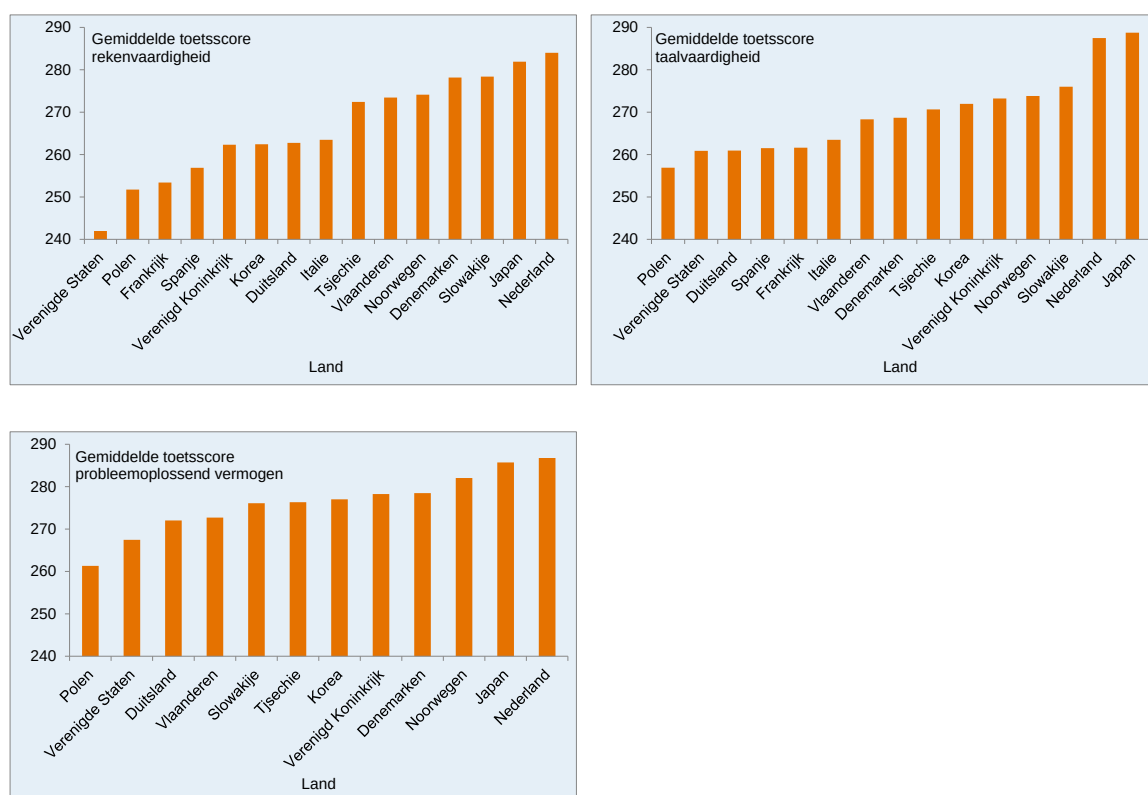
¹⁷ Vanwege mogelijke meetfouten in de berekening van uurlonen passen we de volgende selecties toe op de observaties: uurlonen kleiner dan $\frac{3}{4}$ van het dan geldende minimumloon worden verwijderd, net als uurlonen van meer dan 300 euro. De resultaten zijn vergelijkbaar als we deze selecties niet toepassen.

¹⁸ Voor de berekening van het relatieve aanbod is gebruik gemaakt van tabellen op CBS Statline. Hoog opgeleiden zijn hier mensen met een Hbo en Wo opleiding, middelbaar opgeleiden mensen met een havo, vwo of mbo 2 – 4 opleiding en laagopgeleiden mensen met maximaal een mbo1 opleiding.

4.1 Opleidingsniveau en vaardigheden: een internationale vergelijking

Een reden waarom de gevolgen van technologie en handel op de Nederlandse middelbaar-opgeleiden minder zijn dan in sommige andere landen, kan zijn omdat middelbaar-opgeleiden in Nederland een relatief hoog vaardigheidsniveau hebben. Het label ‘middelbaar opgeleid’ betekent niet hetzelfde in ieder land. Met behulp van het internationaal vergelijkende PIAAC-onderzoek van de OESO is hier een beeld van te geven. Voor PIAAC is in 24 landen een willekeurige steekproef van 16 – 65 jarigen gevraagd om toetsen te doen op het gebied van taal, rekenen en probleemoplossend vermogen. Op alle drie de toetsen horen middelbaaropgeleiden in Nederland tot de top (Figuur 8).¹⁹

Figuur 8 Nederlandse middelbaaropgeleiden scoren op rekenen, taal en probleemoplossend vermogen bij de top van OESO-landen



Bron: eigen berekeningen op basis van microdata uit PIAAC (2012).

¹⁹ Middelbaaropgeleid is hier gedefinieerd als mensen met een ISCED-niveau-3-opleiding. Daaronder vallen havo/vwo-opgeleiden en mensen met een mbo2-4 opleiding, met uitzondering van de mbo4-specialistenopleiding. Zie ook Buisman et al. (2012) voor meer resultaten uit de PIAAC-studie voor Nederland.

5 Baanpolarisatie in Nederland

Technologische verandering en handel hebben impact op de manier waarop werk georganiseerd wordt. Sommige taken worden minder belangrijk, omdat ze worden overgenomen door computers of naar het buitenland worden verplaatst, terwijl andere taken belangrijker worden omdat ze goed aansluiten bij de nieuwe mogelijkheden die computers bieden. Taken worden georganiseerd in beroepen, waardoor een logische eenheid van analyse het beroep is. Hiermee sluiten we aan bij de internationale literatuur waarin de afname van beroepen in het middensegment wordt aangeduid als 'baanpolarisatie' (Autor et al., 2006; Goos en Manning, 2007).²⁰

Een belangrijke keuze bij het analyseren van beroepen is de gebruikte indeling. In onze analyses maken wij gebruik van indelingen die zo goed mogelijk aansluiten op de Nederlandse arbeidsmarkt. Wij hanteren de volgende twee indelingen:

- Standaard Beroepenclassificatie (SBC) 1992 van CBS.
- De ROA/CBS Beroepenclassificatie (BRC) 2014 van CBS en ROA.

De BRC-2014-indeling van ROA/CBS sluit aan op de gangbare internationale indeling ISCO 2008 die in de internationale literatuur gebruikt wordt (Goos et al., 2014). ROA en CBS hebben de ISCO-indeling aangepast om een betere aansluiting te hebben op de Nederlandse arbeidsmarkt. Beroepen die in Nederland amper tot niet voorkomen, zijn samengevoegd tot grotere categorieën, terwijl beroepen die in Nederland juist veel voorkomen, zijn opgesplitst in meer gedetailleerde groepen (ROA en CBS, 2014). Deze indeling met 114 beroepen gebruiken we voor de meeste analyses.

De SBC-1992-indeling is ouder en sluit daarom minder goed aan op de huidige arbeidsmarkt in Nederland. Het is echter de enige indeling die expliciet is gebaseerd op een beschrijving van de inhoud van beroepen op basis van taken (zogenoemde 'werksoorten'). Den Butter en Mihaylov (2013) hebben deze taken ingedeeld in vijf soorten (routinematig handvaardig, niet-routinematig handvaardig, routinematig cognitief, interactief en analytisch) aan de hand van de internationale literatuur (Spitz-Oener, 2006). Wij maken gebruik van hun indeling.

Veelgebruikte bronnen van taken in de literatuur zijn de Amerikaanse *Dictionary of Occupational Titles* (DOT) en zijn opvolger de O*NET databases. Deze data zijn als eerste door Autor et al. (2003) gebruikt en worden in veel andere studies gebruikt (o.a. Michaels et

²⁰ Idealiter zouden we ook willen kijken naar de verandering in taken op de Nederlandse arbeidsmarkt, zowel tussen als binnen beroepen. Een eerste aanzet hiervoor is gedaan in de Nederlandse Skills Survey (Kok en Ter Weel, 2012). Deze survey is eenmalig uitgevoerd. Bij herhaling hiervan wordt het mogelijk om veranderingen in taken in Nederland goed te onderzoeken.

al., 2014; Goos et al., 2014; Bosch en Ter Weel, 2013).²¹ Om beter inzicht te krijgen in de taakhoud van beroepen, maken wij ook gebruik van deze dataset.²²

Voor de analyses over beroepen maken we gebruik van de microgegevens van de Enquête Beroepsbevolking (EBB) van het CBS en deze koppelen we op persoonsniveau aan belastingdienstgegevens over het inkomen van mensen uit het Sociaal Statistisch Bestand.²³ Doordat we gebruik maken van een representatieve steekproef met gewichten, kunnen we uitspraken doen over de totale werkgelegenheid in beroepen in Nederland en veranderingen daarin. Uiteraard moet daarbij rekening worden gehouden met het steekproefkarakter van de data.

5.1 Beroepen

Het aandeel in de werkgelegenheid van middenberoepen neemt af, terwijl dat van laag- en hoogbetaalde beroepen toeneemt (Figuur 9). Hiervoor volgen we een analyse van Autor en Dorn (2013) die een vergelijkbaar patroon voor de Verenigde Staten laten zien. De beroepen zijn gesorteerd op het mediane loon in 1999. Vervolgens zijn de beroepen naar omvang verdeeld over de Nederlandse beroepsbevolking en is deze verdeeld in honderd percentielen, zodat ieder punt op de grafiek een even groot deel van de Nederlandse beroepsbevolking weergeeft.²⁴ Voor ieder beroep is de verandering in het aandeel in de werkgelegenheid tussen 1999 en 2014 berekend. Op de resulterende dataset is vervolgens een lokale polynomiaal geschat om zonder het opleggen van een functionele vorm (zoals de gebruikelijke lineaire regressie) het patroon in de data weer te geven.²⁵ De werkgelegenheid in beroepen tussen het 20^e en 60^e percentiel is met ongeveer 6 procentpunt afgenomen, terwijl dat in beroepen tussen het 60^e en 100^e percentiel met ongeveer 4 procentpunt is toegenomen en aan de onderkant met ongeveer 2 procentpunt.²⁶

²¹ Zie Kok en Ter Weel (2012) en Van den Berge et al. (2014) voor meer informatie over de verschillende datasets met taken en hun voor- en nadelen. Zie ook Autor (2013) voor een uitgebreide bespreking van de takenbenadering.

²² Er zijn twee versies van de DOT, 1977 en 1991. Wij maken gebruik van de 1977-versie en gebruiken de data zoals die beschikbaar zijn op de website van David Autor en gebruikt in het paper van Bosch en Ter Weel (2013). Het verschil tussen de twee versies is erg klein.

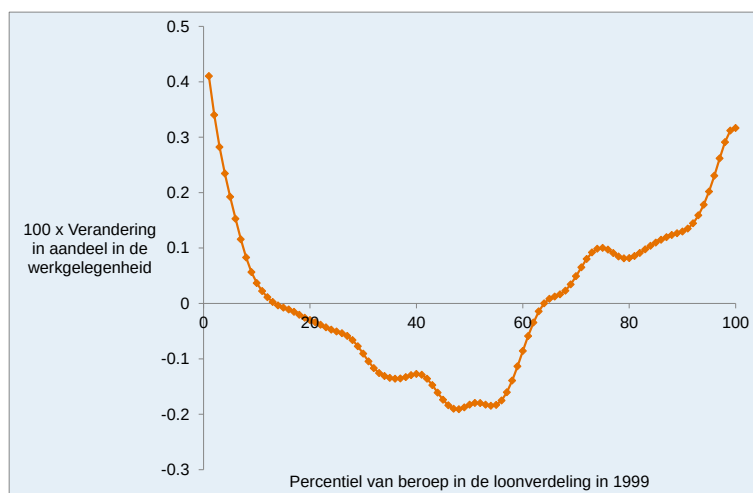
²³ De EBB is een van de belangrijkste enquêtes van het CBS en wordt onder andere gebruikt om het werkloosheidspercentage in Nederland te berekenen.

²⁴ Er wordt dus rekening gehouden met het feit dat sommige beroepen erg groot zijn (bijv. onderwijzer) en andere beroepen erg klein (bijv. alternatief genezer).

²⁵ Hierbij wordt voor ieder datapunt een regressie geschat om de verwachte waarde te bepalen. De methode is goed geschikt om patronen in de data weer te geven zonder sterke aannamen te doen. De resultaten kunnen afhangen van de gekozen bandbreedte. We hebben daarom geëxperimenteerd met verschillende bandbreedtes. De resultaten zijn vergelijkbaar. Met een grotere bandbreedte (waar dus meer gewicht wordt toegekend aan punten die verder weg liggen) wordt de smoothing sterker en is de lijn daarmee 'platter'. We zijn uitgekomen op een bandbreedte van 0,3, waarmee het patroon in de data duidelijk is.

²⁶ Deze berekeningen zijn gebaseerd op de *unsmoothed* cijfers. Als de verdeling opgesplitst wordt in 3 gelijke delen (0 - 33^e percentiel, 34 - 66^e percentiel en 67 - 100^e percentiel) neemt het middelste deel af met 5 procentpunt, het bovenste deel toe met 3,5 procentpunt en het onderste deel toe met 1,5 procentpunt.

Figuur 9 Het aandeel in de werkgelegenheid van middenberoepen neemt af, terwijl dat van laag- en hoogbetaalde beroepen toeneemt



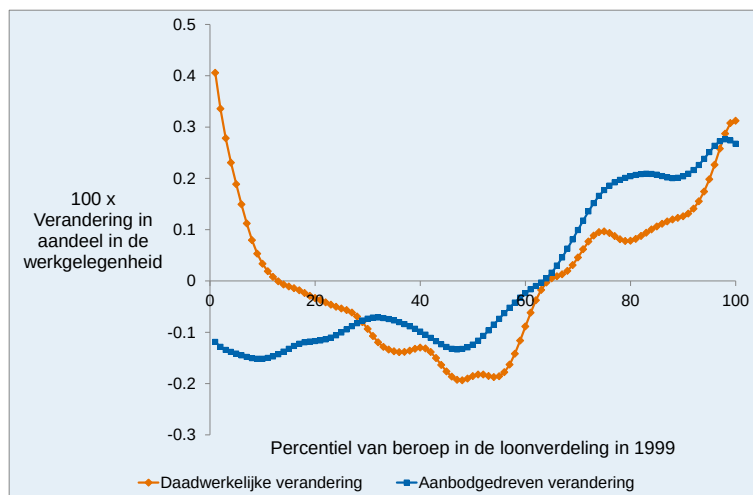
Bron: eigen berekeningen op basis van de EBB.

Veranderingen in werkgelegenheid hebben zowel een aanbod- als een vraagcomponent. De Nederlandse beroepsbevolking heeft in de onderzochte periode een verandering doorgemaakt richting meer hogeropgeleiden, meer vrouwen en meer ouderen. Dit heeft invloed op de werkgelegenheid, los van veranderingen in de vraag die bijvoorbeeld ontstaan door nieuwe technologie. De blauwe lijn in Figuur 10 laat de veranderingen in de werkgelegenheid zien als er alleen veranderingen in het arbeidsaanbod zouden zijn geweest. Het verschil tussen de blauwe en de oranje lijn laat zien welke veranderingen door veranderingen in de arbeidsvraag zijn opgetreden.²⁷ De blauwe lijn hebben we bepaald door de Nederlandse beroepsbevolking in 1999 op te delen in 30 cellen naar leeftijd (15-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64), geslacht en opleiding (laag, midden, hoog). Vervolgens hebben we de relatieve aandelen van deze cellen laten veranderen zoals dat in werkelijkheid gebeurt. De verdeling van mensen over beroepen hebben we echter constant gehouden. De blauwe lijn kan dus geïnterpreteerd worden als “Wat zou er gebeurd zijn met de werkgelegenheid als alleen het arbeidsaanbod veranderd zou zijn?”²⁸

²⁷ Het is hierbij belangrijk in de gaten te houden dat veranderingen in het aanbod ook kunnen leiden tot veranderingen in de vraag. Als er meer hogeropgeleiden zijn, kan het voor bedrijven interessanter zijn om technologie in te zetten waar hoogopgeleiden profijt van hebben in hun werk, waardoor de vraag naar hogeropgeleiden toeneemt. Dit soort veranderingen vallen in Figuur 10 volledig onder aanbodgedreven veranderingen. We onderschatten hiermee dus de daadwerkelijke impact van de vraag.

²⁸ Stel dat een beroep in 1999 50% middelbaaropgeleiden had, dan is dat op de rode lijn in 2014 nog steeds zo. Omdat het aandeel middelbaaropgeleiden in de beroepsbevolking is gedaald, betekent dat dus dat dit beroep naar verwachting is afgenomen in 2014. Als het beroep toch is toegenomen, komt dit doordat er andere mensen werkzaam zijn dan je zou verwachten op basis van hun kenmerken.

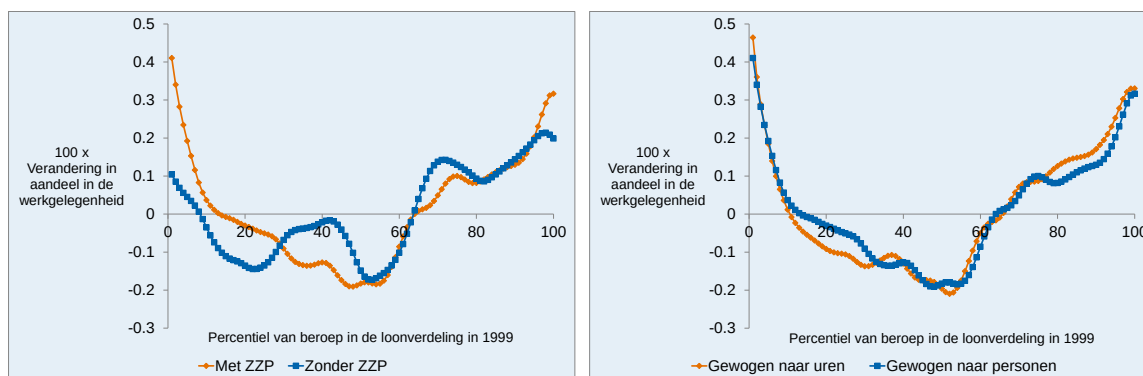
Figuur 10 Verandering in het aanbod verklaren een deel van de veranderingen in de werkgelegenheid



Bron: eigen berekeningen op basis van de EBB.

Naast veranderingen in de vraag en het aanbod naar opleidingsniveau, hebben we de afgelopen vijftien jaar ook een toename gezien in het aandeel deeltijdarbeid. Als we dezelfde ontwikkelingen echter wegen naar gewerkte uren in plaats van naar personen, blijkt dat bijna geen verschil te hebben op de trend (Figuur 11, links). Ook is het aandeel zzp'ers gegroeid. Dit lijkt wel een redelijke impact te hebben gehad op de trends (Figuur 11, rechts). Vooral aan de onderkant observeren we een groot verschil in de verandering in de werkgelegenheid wanneer we zzp'ers niet meenemen. Er werken dus relatief veel zzp'ers aan de onderkant van de arbeidsmarkt. Merk op dat de grafiek voor een deel gewoon verschuift, omdat er minder observaties worden meegenomen als we zzp'ers buiten beschouwing laten.

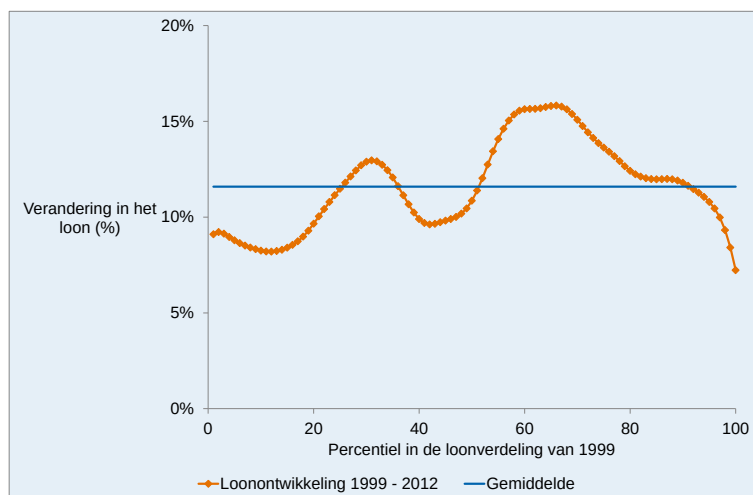
Figuur 11 Deeltijdarbeid lijkt weinig effect te hebben gehad op veranderingen in de werkgelegenheid (links), terwijl het groeiende aandeel zzp'ers met name aan de onderkant invloed heeft (rechts)



Bron: Eigen berekeningen op basis van de EBB.

5.2 Loonontwikkeling in beroepen

Figuur 12 De lonen in beroepen tussen het 50^e en 80^e percentiel groeien het hardst. Aan de onderkant en bovenkant blijven de lonen wat achter



Bron: Eigen berekeningen op basis van de EBB.

De loonontwikkeling in beroepen tussen 1999 en 2012 laat zien dat met name beroepen tussen het 50^e en 80^e percentiel een sterkere groei hebben gezien in de lonen (Figuur 12).²⁹ Deze figuur laat de ontwikkeling in de mediane reële lonen zien. Waar de werkgelegenheid aan de onderkant toeneemt, zien we daar dus niet dat de lonen sterker toenemen. Dit is te verklaren door de relatief hoge elasticiteit van de vraag aan de onderkant: doordat er weinig specifieke vaardigheden vereist zijn voor veel van dit werk, kunnen werkgevers voor veel beroepen kiezen uit een grote groep werknemers. Een ander deel van de verklaring is de dynamiek in het midden (zie paragraaf 5.3). De loongroei aan de bovenkant lijkt ook wat tegen te vallen. Dit heeft vermoedelijk te maken met beleidswijzigingen. Aan de bovenkant van de beroepenverdeling vinden we vooral managers in het bedrijfsleven, die hun lonen wel zagen stijgen, maar ook managers in de publieke sector, beleidsmakers en (hoog)leraren. Deze groepen hebben in de periode een beperkte loonstijging gezien.³⁰ In het midden, zeker tussen het 30^e en 50^e percentiel, blijft de loongroei wat achter bij het gemiddelde.

²⁹ Het betreft hier de lonen van mensen die meer dan twaalf uur per week in dit beroep werken, dit om te voorkomen dat echt kleine baantjes het beeld vertekenen.

³⁰ De figuur presenteert de loonontwikkeling in beroepen en maakt daarbij gebruik van enquêtedata. Dit betekent dat de “bovenste 1%” - zoals de hoogbetaalde topmanagers in het bedrijfsleven – hier niet bij zitten.

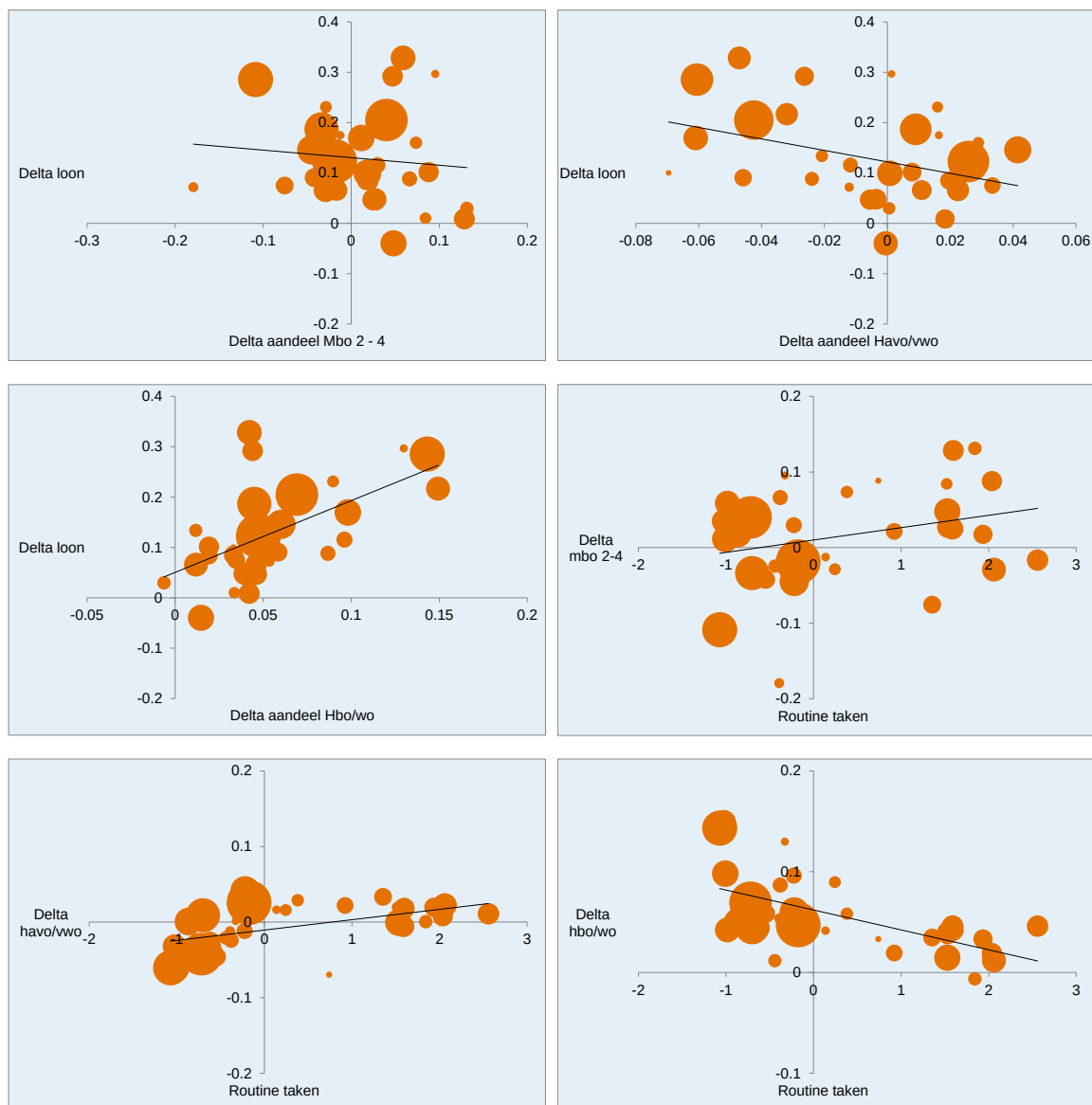
5.3 Dynamiek in het midden

De werkgelegenheid is afgenomen in het midden. Deels is dit gedreven door aanbodfactoren, maar deels speelt ook een afnemende vraag een rol (Figuur 10). Aan de onderkant neemt de werkgelegenheid toe. We zien echter niet dat de lonen van middelbaaropgeleiden achterblijven bij laagopgeleiden (Figuur 7) of dat de loonontwikkeling van beroepen in het midden lager ligt dan die aan de onderkant (Figuur 12). Dit roept de vraag op waarom de relatieve lonen van middelbaaropgeleiden niet mee verschuiven. Een deel van de verklaring is al eerder gegeven: de elasticiteit van de vraag aan de onderkant is hoger (paragraaf 5.2). Een ander deel van de verklaring is de toename in werkloosheid onder middelbaaropgeleiden (Figuur 6). De lonen passen zich blijkbaar niet naar beneden aan, maar de vraag daalt wel. Dit vertaalt zich in hogere werkloosheid. Ten slotte ligt een deel van de verklaring in de verschuivingen binnen het middensegment. Middelbaaropgeleiden lijken vaker de beter betaalde beroepen uit te voeren die voorheen door laagopgeleiden werden gedaan. Het gaat hier met name om de beroepen aan de onderkant van het midden, zoals metaalarbeiders, elektriciens, en beroepen in de horeca. De verschuivingen zijn echter relatief klein. Daarnaast is het in ieder geval deels een aanbodgedreven verschuiving: er zijn simpelweg minder laagopgeleiden ten opzichte van middelbaaropgeleiden.³¹

Naast de verschuivingen aan de onderkant van het midden, zien we ook dat aan de bovenkant van het midden steeds meer hoogopgeleiden werken. Ook hier speelt aanbod een rol, er zijn immers meer hoogopgeleiden. Er lijkt hier sprake te zijn van upgrading. In de middenberoepen waar meer hogeropgeleiden gaan werken, is het aandeel routinetaken lager en stijgen de lonen sneller dan in andere middenberoepen. Dit zijn dus de kansrijke beroepen waar de eisen verschoven zijn. Middelbaaropgeleiden werken juist vaker in beroepen met meer routinetaken en in beroepen waar de lonen achterblijven (Figuur 13).

³¹ Daarnaast lijkt het aanbod binnen het midden steeds hoger opgeleid – er lijken meer mensen te zijn met een mbo-4 opleiding en steeds minder met een mbo-2/3 opleiding. Door een reeksbreuk in de EBB is deze ontwikkeling echter onzeker.

Figuur 13 In de middenberoepen waar meer hoger opgeleiden zijn gaan werken, stijgen de lonen harder en zijn er minder routinetaken. Voor middelbaaropgeleiden geldt het omgekeerde



Bron: Eigen berekeningen op basis van de EBB.

Noot: De figuren geven alleen beroepen weer tussen het 20^e en 60^e percentiel (zie Figuur 9). Als indicator voor routinetaken is de 'routine task intensity' gebruikt zoals die ook o.a. door Autor en Dorn (2009) en Bosch en Ter Weel (2013) wordt gebruikt. De indicator is gestandaardiseerd met gemiddelde 0 en standaardafwijking 1. De verandering in het loon per beroep is de verandering in $\ln(\text{reëel uurloon})$, zodat de verandering als een procentuele verandering kan worden geïnterpreteerd.

6 Robots

Het afgelopen jaar is veel gediscussieerd over robotisering als nieuwste uiting van de opkomst en diffusie van ICT (Brynjolfsson en McAfee, 2014; Ford, 2015). Rathenau (2015) heeft een breed overzicht gemaakt over de robotsamenleving. Een van de conclusies is dat we er nog maar weinig zicht op hebben.

Er zijn dan ook nauwelijks empirische studies beschikbaar die een helder beeld schetsen. De uitzondering is een recente studie van Graetz en Michaels (2015). Zij laten voor zeventien landen in de periode 1993 – 2007 zien dat de intensiteit van robots (het aantal robots per miljoen gewerkte uren) met 150% is toegenomen. De grootste toename zien we in industriële landen als Duitsland. In Nederland is de robotintensiteit ook toegenomen, maar veel minder dan gemiddeld. In deze periode gaat het dan ook voornamelijk om robotgebruik in de industrie. Het toenemend gebruik van robots lijkt samen te hangen met een sterk dalende prijs. Rekening houdend met toenemende kwaliteit, is de prijs van robots tussen 1993 en 2007 met 80% gedaald.

De toename in industriële robots heeft gemiddeld gezorgd voor een toename in het bbp van 0.37 procentpunt per jaar bij een gemiddelde groei van 3,1 procent. De arbeidsproductiviteit is toegenomen met gemiddeld 0,36 procentpunt per jaar bij een gemiddelde groei van 2 procent. Hiermee zijn de productiviteitseffecten van robots lager dan sommige schattingen over de impact van ICT. O'Mahoney en Timmer (2009) vinden bijvoorbeeld een effect van ICT op economische groei voor Europese landen van 0,6 en voor de VS van 1 procentpunt voor de periode 1995 - 2005.

Graetz en Michaels (2015) laten daarnaast voorzichtige evidentie zien dat robots vooral de werkgelegenheid van laagopgeleiden lijken te raken en in mindere mate die van middelbaar-opgeleiden. Dit suggereert dus geen polariserende trend als gevolg van toenemend robotgebruik. Voordat we ons zorgen maken over de mogelijke impact van robots of ons rijk prijzen met de komst van robots, is het goed om te bezien waartoe robots in staat zijn en wat de ontwikkelingen tot nu toe zijn.

De eerste generatie robots voert op een mechanische en precieze wijze een gestandaardiseerde taak uit. Dit wordt *trajectory control* genoemd en dit zijn de robots die Graetz en Michaels (2015) veelal waarnemen in hun data. Het gros van de huidige robots is van dit type. De moderne autofabriek is daar een voorbeeld van. Onderdelen worden op een soort lopende band aan elkaar gelast en in elkaar geschroefd met als resultaat een complete auto. Ook het bekende setje van drie paprika's (groen, geel en rood) wordt op een lopende band door drie grijpparmen in goede banen geleid, waarbij de robotarm de paprika's ook nog met dezelfde kant naar boven weet te leggen. Allemaal efficiënt en grote productiviteitswinst. Nadeel van deze robots is dat ze gevaarlijk zijn. Er moet een kooi omheen om ongelukken te voorkomen. De arm kent het onderscheid tussen een paprika of auto-onderdeel en een menselijke vinger of hand (die een paprika recht willen leggen) niet

met alle gevolgen van dien. Ook spietsen de robotvingers nog wel eens een paprika waardoor het productieproces moet worden stopgezet en opnieuw opgestart.

De tweede generatie robots is tot meer in staat. Deze generatie wordt ook wel als *intelligent control* gelabeld. Deze robot houdt rekening met de omgeving waarin hij zich bevindt. Dit zijn apparaten die een kopje koffie kunnen brengen zonder te morsen, die mensen met een dwarslaesie ondersteunen met een soort korset of een prothesehand die begrijpt dat een framboos net iets anders moet worden aangepakt dan een steen. Het verschil met de eerste generatie robots is dat deze robots kunnen 'zien' en in staat zijn hun acties aan te passen aan de omgeving. In die zin zijn ze dus intelligent. De toepassing van dit soort robots lijkt vooral in de medische hoek een vlucht te nemen.

Een derde ontwikkeling is *human enhancement*. Onder deze groep robots vallen bijvoorbeeld de deels zelfrijdende auto's. De robot verbetert de menselijke handeling en voorkomt domme acties. Deze robots kunnen situaties min of meer zien aankomen en handelen preventief in plaats van reactief. Als er een obstakel op de weg ligt, zal een zelfsturende auto daar soepel omheen rijden. De mens wordt ondersteund, maar moet wel opletten. De vergelijking met een paard wordt wel eens gemaakt. Een paard loopt en ontwijkt hobbels op de weg, maar de berijder moet wel aangeven waar het paard naar toe moet lopen, in welk tempo dat moet gebeuren en over welke balken het moet springen. Opnieuw zijn hier ook medische toepassingen denkbaar, zoals een robot die een patiënt uit bed tilt en daarbij rekening houdt met de gesteldheid van de patiënt.

De discussie over verdwijnende beroepen en banen roept desalniettemin een beeld op van massale werkloosheid door een dalende vraag naar arbeid. Er zijn twee opmerkingen te plaatsen bij deze beelden.

Historisch gezien is er geen reden voor deze angst. Er zijn een aantal technologische revoluties geweest: de stoommachine, elektriciteit en computers. Het verlies aan banen in de landbouw en later de industrie is groot geweest. Daartegenover staat de creatie van nieuwe banen. Dit zijn er zelfs meer dan voor de revoluties. Bovendien is de nieuwe technologie niet altijd in staat geweest om alle verwachtingen waar te maken en zijn er onverwachte toepassingen ontstaan. Al in de jaren zestig sprak men over huishoudrobots en andere technische snufjes die er nooit zijn gekomen, terwijl er nauwelijks over de mobiele telefoon en het internet werd gesproken door toekomstverkenner.

Landen die voorop liepen met de ontwikkeling en implementatie van nieuwe technologie, hebben de transitie sneller en met minder pijn doorgemaakt. Vroegtijdig inspelen op de komende veranderingen op de arbeidsmarkt en investeren in nieuwe technologie lijken de transitie soepeler te laten verlopen (Rathenau, 2015).

Appendix

Dataconstructie internationale vergelijking

In onze internationaal vergelijkende analyse van de impact van ICT en handel op de loonsom van laag-, midden- en hoogopgeleiden sluiten we aan bij Michaels et al. (2014). We breiden hun dataset die de periode 1980 – 2004 dekt uit naar de periode 1980 – 2009. Hiervoor hebben we data nodig op sectorniveau waarin de loonsom onderverdeeld wordt in laag-, middelbaar- en hoogopgeleiden. MNvR gebruiken de volgende datasets:

- EUKLEMS 2007
- UN COMTRADE

Met deze data bouwen ze een consistente database met aandelen in de loonsom per opleidingsniveau (hoog, midden, laag), investeringen in ICT-kapitaal en ander kapitaal per sector en informatie over handel per sector.

Om deze analyse te updaten, maken wij gebruik van de volgende datasets:

- EUKLEMS 2008 (dit is de definitieve versie van de 2007 database die MNvR gebruiken). Deze versie gaat t/m 2005. Voor Nederland en Duitsland gebruiken we wel de EUKLEMS-2007-release. Voor Nederland is dit omdat in de 2008-release de definitie van opleidingsniveaus veranderd is, waardoor de trends uit elkaar lopen. Voor Duitsland is er geen informatie in de 2008-release.³²
- World Input/Output Database Social Economic Accounts (WIOD/SEA). WIOD/SEA bevat informatie over aandelen in de loonsommen per opleidingsniveau (hoog, midden, laag) voor 1990 -2009. Zie Timmer et al (2015).³³
- EUKLEMS 2012: deze EUKLEMS-release bevat data over ICT en non-ICT kapitaal per sector t/m 2009.³⁴
- OECD STAN: deze data bevatten informatie over import/export per sector t/m 2009.

Deze data worden gekoppeld tot een consistente dataset met aandelen in de loonsom per opleidingsniveau (hoog, midden, laag), ICT- en non-ICT-kapitaal, toegevoegde waarde, en import/export voor twaalf sectoren in elf landen (Oostenrijk, Denemarken, Finland, Frankrijk, Duitsland, Italië, Japan, Nederland, Spanje, het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten) voor 1980 – 2009.³⁵

De WIOD/SEA-data t/m 2009 sluiten niet voor alle sectoren en landen goed aan op de EUKLEMS-data t/m 2005. Om de data goed op elkaar te laten aansluiten, hebben we voor

³² Deze data zijn vrij beschikbaar op <http://euklems.net/index.html>.

³³ Deze data zijn vrij beschikbaar op http://www.wiod.org/new_site/database/seas.htm.

³⁴ Voor de Verenigde Staten en Denemarken ontbreekt helaas informatie over ICT-kapitaal in 2008 en 2009. Hier hebben we de aanname gedaan dat de opbrengsten voor ICT-kapitaal constant zijn na 2007. De verwachting is dat de intensiteit van ICT-kapitaal doorgroeit in deze periode, dus dit betekent dat we het effect van ICT onderschatten voor deze landen.

³⁵ Dit zijn de enige landen waarvoor een lange tijdreeks beschikbaar is.

iedere variabele de trends in de ontwikkeling van de variabele vergeleken voor beide datasets. De trends sluiten voor iedere variabele wel verassend goed op elkaar aan, maar er is vaak sprake van een kleine verandering in niveaus. Deze verschillen kunnen bijvoorbeeld ontstaan door kleine verschillen in de meetmethoden. Om hiervoor te corrigeren hebben we op het laatste overlappende jaar, 2004, de WIOD/SEA-data verschoven naar het niveau van de EUKLEMS-2008-data. Om de gevoeligheid van deze methode te testen hebben we ook verschillende andere jaren geprobeerd, zoals 2003 en het eerste overlappende jaar, 1990. Dit maakt voor de resultaten niets uit, wat erop duidt dat de trends in beide datasets hetzelfde zijn.

Gevoeligheidsanalyses

In deze paragraaf bespreken we kort enkele gevoeligheidsanalyses voor de internationaal vergelijkende analyse van de impact van ICT en handel op loonsommen van laag-, middelbaar- en hoogopgeleiden (zie paragraaf 3).

Tabel A1 Opdeling van de loonsom in uren en lonen

	Ln(relatieve loonsom)		Ln(relatieve uren)		Ln(relatieve lonen)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Hoog / Midden	Midden / Laag	Hoog / Midden	Midden / laag	Hoog / midden	Midden / laag
$\Delta(\text{ICT-Kapitaal} / \text{TW})$	4,29 (1,095)	-2,01 (1,253)	4,45 (1,681)	0,38 (1,499)	-0,16 (1,275)	-2,39 (1,972)
$\Delta(\text{Non-ICT Kapitaal} / \text{TW})$	-0,14 (0,503)	0,76 (0,635)	0,28 (0,497)	0,39 (0,413)	-0,42 (0,493)	0,37 (0,534)
$\Delta(\ln(\text{TW}))$	-0,00 (0,110)	-0,49 (0,176)	-0,57 (0,126)	-0,17 (0,128)	0,57 (0,141)	-0,32 (0,143)
Constante	0,31 (0,390)	2,01 (0,264)	1,77 (0,191)	1,59 (0,348)	-1,46 (0,413)	0,42 (0,242)
Observaties	132	132	132	132	132	132
R ²	0,34	0,49	0,49	0,83	0,39	0,81

Bron: eigen berekeningen op basis van EUKLEMS en WIOD.

De loonsom van een bepaalde groep bestaat uit het aantal gewerkte uren vermenigvuldigd met het loon. Tabel A1 laat de opsplitsing zien van uren en lonen. Het blijkt dat de positieve correlatie van de loonsom van hoogopgeleiden ten opzichte van middelbaaropgeleiden met ICT-investeringen vooral via de uren loopt. Dit betekent dat hoogopgeleiden nu relatief vaker werken in sectoren waar meer in ICT geïnvesteerd wordt. De relatieve verschillen tussen middelbaar- en laagopgeleiden zijn kleiner en niet significant. Deze resultaten zijn vergelijkbaar met Nattichioni et al. (2014) die met behulp van de WIOD-data voor de periode 1995 – 2007 ook laten zien dat de correlatie tussen ICT en veranderingen in de loonsom vooral loopt via gewerkte uren.

Tabel A2. Analyse van loonsommen opgesplitst in de perioden 1980 – 1995 en 1995 – 2009

	Hoog (1)	(2)	Midden (3)	(4)	Laag (5)	(6)
A. 1980 - 1995						
$\Delta(\text{ICT-Kapitaal} / \text{TW})$	0,14		-0,06		-0,01	
	(0,07)		(0,08)		(0,07)	
$\Delta(\text{Non-ICT Kapitaal} / \text{TW})$	-0,04		0,06		-0,05	
	(0,06)		(0,11)		(0,12)	
$\Delta(\ln(\text{TW}))$	0,37	0,15	-0,63	-0,28	0,52	0,24
	(0,09)	(0,10)	(0,12)	(0,18)	(0,11)	(0,17)
$\Delta(\text{Wereldhandel} / \text{TW})$		0,30		-0,27		0,16
		(0,14)		(0,13)		(0,12)
Constante	-0,76	-1,21	0,87	1,66	-0,56	-1,24
	(0,34)	(0,32)	(0,36)	(0,66)	(0,31)	(0,60)
Observaties	132	44	132	44	132	44
R ²	0,48	0,84	0,51	0,69	0,54	0,63
B. 1995 - 2009						
$\Delta(\text{ICT-Kapitaal} / \text{TW})$	0,18		-0,10		-0,01	
	(0,09)		(0,06)		(0,03)	
$\Delta(\text{Non-ICT Kapitaal} / \text{TW})$	-0,26		0,08		-0,07	
	(0,15)		(0,08)		(0,05)	
$\Delta(\ln(\text{TW}))$	-0,03	-0,16	-0,19	-0,13	0,42	0,28
	(0,13)	(0,32)	(0,11)	(0,21)	(0,09)	(0,13)
$\Delta(\text{Wereldhandel} / \text{TW})$		0,08		-0,10		0,06
		(0,10)		(0,07)		(0,05)
Constante	-0,60	-0,38	-0,20	-0,01	0,62	0,25
	(0,34)	(0,42)	(0,20)	(0,29)	(0,13)	(0,26)
Observaties	132	44	132	44	132	44
R ²	0,17	0,51	0,41	0,74	0,73	0,85
Bron: eigen berekeningen op basis van EUKLEMS en WIOD.						

Tabel A2 laat de opsplitsing zien van de analyses in Tabellen 3 en 4 voor de ongeveer even lange perioden 1980 – 1995 en 1995 – 2009. In de kolommen 1, 3 en 5 wordt de analyse voor ICT gepresenteerd in de meest uitgebreide specificatie en in de kolommen 2, 4 en 6 voor wereldhandel. Voor ICT is duidelijk dat er in beide perioden een significant positieve correlatie is met de loonsom van hoogopgeleiden en geen correlatie met de loonsom van laagopgeleiden. Bij middelbaar-opgeleiden is de correlatie in beide perioden negatief, maar niet significant. Het grootste deel van het effect lijkt in de latere periode te zitten. De totale periode laat echter overtuigend zien dat de correlatie negatief en significant is en die conclusie strookt met de studies van Michaels et al. (2014) en Nattichioni et al. (2014). Bij de wereldhandel lijkt het grootste deel van het effect in de eerste periode te liggen, zowel voor middelbaar-, als voor hoogopgeleiden. Voor laagopgeleiden vinden we in geen van beide perioden een significant effect.

Literatuur

Acemoglu, D., 2002, Technical Change, Inequality, and the Labor Market, *Journal of Economic Literature*, vol. 40(1): 7-72.

Akçomak, S., Kok, S. en H. Rojas-Romagosa, 2013, The effects of technology and offshoring on changes in employment and task-content of occupations, CPB Discussion Paper 233.

Autor, D.H., F. Levy en R.J. Murnane, 2003, The Skill-Content of Recent Technological Change: An Empirical Investigation, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 118(4): 1279-1333.

Autor, D.H., L.F. Katz en M.S. Kearney, 2006, The Polarization of the US Labor Market, *American Economic Review*, vol. 96(2): 189-194.

Autor, D. en D. Dorn, 2009, This job is “getting old”: measuring changes in job opportunities using occupational age structure, *The American Economic Review*, Vol. 99(2): 45-51.

Autor, D.H. en D. Dorn, 2013, The Growth of Low Skill Service Jobs and the Polarization of the U.S. Labor Market, *The American Economic Review*, vol.103(5): 1553-1597.

Autor, 2013, The task approach to labor markets: an overview, NBER Working Paper 18711.

Van den Berge, W., Daas, R., Dijkstra, A.B., Ooms, T. en B. ter Weel, 2014, *Investeren in Skills en competenties*, Amsterdam University Press.

Van den Berge en Ter Weel, 2015, Baanpolarisatie in Nederland, CPB Policy Brief 2015/13.

Borghans, L. en B. ter Weel, 2005, How computerization has changed the labour market: A review of the evidence and a new perspective in: L. Soete en B. ter Weel (eds), *The Economics of the Digital Society*: 219-247, Edward Elgar Publishing.

Bosch, N. en B. ter Weel, 2013, Labour-Market Outcomes of Older Workers in the Netherlands: Measuring Job Prospects Using the Occupational Age Structure, *De Economist*, vol. 161(2): 199-218.

Brynjolfsson, E. en A. McAfee, 2014, *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, WW Norton & Company, 2014.

Buisman, M., Allen, J., Fouarge, D., Houtkoop, W. en R. van der Velden, 2012, PIAAC: Kernvaardigheden voor werk en leven, zie www.piaac.nl.

Den Butter, F. en E. Mihaylov, 2013, Veranderende vaardigheden op de Nederlandse arbeidsmarkt, *ESB* 98(4670): 618-621.

David, P., 1975, *Technical Choice, Innovation and Economic Growth: Essays on American and British Experience in the Nineteenth Century*, Cambridge: Cambridge University Press.

Frey, C.B. en M.A. Osborne, 2013, The future of employment: How susceptible are jobs to computerization?, mimeo.

Ford, M., 2015, *Rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future*, Basic Books. Gerritsen en Hartog.

Goos, M. en A. Manning, 2007, Lousy and lovely jobs: the rising polarization of work in Britain, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 89(1): 118-133.

Goos, M., Manning, A. en A. Salomons, 2014, Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring, *American Economic Review*, vol. 104(8): 2509-2526.

De Graaf-Zijl, M., Van der Horst, A. en D. van Vuuren, 2015a, Langdurige werkloosheid: Afwachten en hervormen, CPB Policy Brief 2015/11.

De Graaf-Zijl, M., Josten, E., Boeters, S., Eggink, E., Bolhaar, J., Ooms, I., Den Ouden, A. en I. Woittiez, 2015b, *De onderkant van de arbeidsmarkt in 2025*, CPB en SCP.

Graetz, G. en G. Michaels, 2015, Robots at work, CEPR Discussion Paper 10477.

Griliches, Z., 1957, Hybrid Corn: An exploration in the economics of technological change, *Econometrica*, Vol. 24(4): 501-522.

Heckman, J.J., Lochner, L.J. en P.E. Todd, 2003, Fifty years of Mincer earnings regressions, NBER Working Paper 9732.

Katz, L. en D.H. Autor, 1999, Changes in the wage structure and earnings inequality, *Handbook of Labor Economics*, Vol. 3, O. Ashenfelter en D. Card (eds), 1463-1555.

Kok, S. en B. ter Weel, 2013, *De Nederlandse arbeidsmarkt in taken: Eerste bevindingen uit de Nederlandse Skills Survey*, CPB Boek 8.

Michaels, G., Natraj, A. en J. van Reenen, 2014, Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 96(1): 60-77.

Nattichioni, Ragusa and Massari, 2014, Unconditional and conditional wage polarization in Europe, IZA Discussion Paper 8465.

O'Mahony, M. en M.P. Timmer, 2009, Output, input and productivity measures at the industry level: The EU KLEMS database, *The Economic Journal*, Vol. 119: 374-403.

ROA en CBS, 2014, Beroepenindeling ROA - CBS 2014.

Spitz-Oener, A., 2006, Technical change, job tasks and rising educational demands: looking outside the wage structure, *Journal of Labor Economics*, Vol. 24(2): 235-270.

Timmer, M.P., Erumban, A.A., Los, B., Stehrer R. en G.J. De Vries, 2014, Slicing up global value chains, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 28(2): 99-118.

Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R. and de Vries, G. J., 2015, An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database: the Case of Global Automotive Production, *Review of International Economics*.

Rathenau Instituut, 2015, Werken aan de robotsamenleving: visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid, Den Haag.

Dit is een uitgave van:

Centraal Planbureau
Van Stolkweg 14
Postbus 80510 | 2508 GM Den Haag
T (070) 3383 380

info@cpb.nl | www.cpb.nl

Juli 2015