

# PROGNOS -TAFEL A G 2 0 1 6



# PROGNOSETAFEL AG 2016





# 1 VOORWOORD

De levensverwachting in Nederland is de laatste 50 jaar gestaag toegenomen. Deze tendens heeft grote impact op de samenleving. Voor pensioenfondsen en levensverzekeraars is het van belang continu inzicht te hebben in deze ontwikkeling om gedane beloften na te kunnen komen.

Het Koninklijk Actuarieel Genootschap (AG) ziet het als haar rol de financiële sector inzicht te verschaffen in deze ontwikkelingen met behulp van prognosetafels. De nieuwe Prognosetafel AG2016 is gebaseerd op hetzelfde model dat de basis vormde voor de Prognosetafel AG2014. Het is een volledig transparant model met een beperkt aantal parameters zodat het goed uitlegbaar en exact na te bouwen is. Dit sluit aan bij de doelstelling van het AG om kennis beschikbaar én toepasbaar te maken voor de financiële sector.

De belangrijkste kenmerken van de AG2016 prognose staan hieronder vermeld:

- De Prognosetafel AG2016 is gebaseerd op een stochastisch model, waardoor het voor pensioenfondsen en levensverzekeraars mogelijk is ook de onzekerheid van de prognose in te schatten. Dit is belangrijk bij de prijsstelling van financiële derivaten en de bepaling van aan te houden buffers in relatie tot sterfteonzekerheid.
- De Prognosetafel AG2016 is, naast op de historische sterfte in Nederland, ook gebaseerd op de sterfte in een aantal Europese landen met een vergelijkbare welvaart. Deze combinatie van data zorgt voor een stabiel model dat minder gevoelig is voor incidentele Nederlandse afwijkingen in een bepaald jaar.
- Met de Prognosetafel AG2016 kan een inschatting van de sterfte worden gegeven die ver in de toekomst ligt. Het is mogelijk iemand die in 2016 wordt geboren zijn hele leven te volgen, omdat voor elke toekomstige leeftijd de overlevingskans kan worden ingeschat.

De Prognosetafel AG2014 werd voor mannen en vrouwen apart bepaald. Bij de prognosetafel van 2016 wordt gebruik gemaakt van correlatie tussen de sterfteontwikkeling van mannen en vrouwen.

In deze publicatie gaat de AG-Commissie Sterfte Onderzoek (CSO) nader in op de totstandkoming en uitkomsten van de Prognosetafel AG2016. Als voorzitter van het AG ben ik veel dank verschuldigd aan de leden van de CSO en aan de leden van de werkgroep Prognosetafels voor het vele goede werk dat is verricht.

Namens het bestuur van het Koninklijk Actuarieel Genootschap,

**Jan Kars AAG**  
voorzitter



## 2 VERANTWOORDING

### **Commissie Sterfte Onderzoek**

Het volgen van de ontwikkeling van sterfte in Nederland, en het prognosticeren hiervan, is sinds jaar en dag een belangrijke taak van het Koninklijk Actuarieel Genootschap (AG). Dit komt tot uiting in de lange reeks van periodesterfte- en overlevingstafels die het AG heeft gepubliceerd. In 2011 heeft het bestuur van het AG de Commissie Sterfte Onderzoek (CSO) ingesteld met de opdracht tweejaarlijks een nieuwe prognosetafel uit te brengen voor de inschatting van de toekomstige levensverwachting van de Nederlandse bevolking. In 2014 is een model geïmplementeerd dat, naast de sterfteprognose, ook de onzekerheid daarin weergeeft (een zogenaamd stochastisch model). Dit leidde tot de publicatie AG2014<sup>1</sup>. De afgelopen twee jaar heeft de CSO de Prognosetafel AG2016 opgesteld. Deze prognosetafel is gebaseerd op hetzelfde model als AG2014, met een aantal wijzigingen in de gebruikte data en de schattingsmethode. In het bijzonder biedt AG2016 inzicht in de correlatie tussen de sterfteontwikkelingen van mannen en vrouwen. Hiermee geeft de CSO invulling aan verzoeken vanuit de sector. Een volledig overzicht van de wijzigingen in AG2016 ten opzichte van AG2014 is te vinden in hoofdstuk 6.

De CSO bestaat uit leden met een wetenschappelijke achtergrond, leden uit de pensioen- en verzekeringssector met een technische achtergrond en leden uit deze sectoren met een beleidsmatige achtergrond. De CSO bestaat medio 2016 uit de volgende leden:

B.L. de Boer AAG, voorzitter  
drs. W. de Boer AAG  
drs. C.A.M. van Iersel AAG CERA, secretaris  
drs. J. de Mik AAG  
dr. H.J. Plat AAG RBA  
dr. ir. T.J.W. Schulteis AAG  
prof. dr. ir. M.H. Vellekoop  
prof. dr. B.J.M. Werker  
ir. drs. M.R. van der Winden AAG MBA

### **Werkgroep Prognosetafels**

De CSO heeft eind 2012 de AG-werkgroep Prognosetafels ingesteld met de opdracht de CSO te ondersteunen bij het ontwikkelen van de prognosetafels.

De werkgroep Prognosetafels bestaat medio 2016 uit de volgende leden:

H.K. Kan MSc AAG  
C.C. Loois MSc  
W.G. Ouburg MSc AAG FRM, voorzitter  
drs. E.J. Slagter FRM  
ir. drs. J.H. Tornij  
M.A. van Wijk MSc AAG

De werkgroep heeft in het kader van haar opdracht diverse analyses uitgevoerd om te komen tot de AG2016-prognose. De CSO maakt op basis van deze analyses een aantal keuzes die worden toegelicht in deze publicatie. Op basis van de door de CSO gemaakte keuzes wordt het definitieve model vastgesteld. Dit model wordt door de werkgroep geïmplementeerd en gedocumenteerd.

<sup>1</sup> – Prognosetafel AG2014 van 9 september 2014.



# 3 INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>Voorwoord</b>	– 3
<b>2</b>	<b>Verantwoording</b>	– 5
<b>3</b>	<b>Inhoudsopgave</b>	– 7
<b>4</b>	<b>Samenvatting</b>	– 9
<b>5</b>	<b>Inleiding</b>	– 10
5.1	Tweejaarlijkse update van de inschatting van sterftekansen	– 10
5.2	Ontwikkelingen in de methodiek	– 10
5.3	Definitie van de levensverwachting	– 10
5.4	AOW-leeftijd en pensioenrichtleeftijd	– 11
5.5	Indeling van het rapport	– 11
5.6	Publicatie prognosetafels op de website van het AG	– 11
<b>6</b>	<b>Sterftedata en modelaanname</b>	– 12
6.1	Sterftedata	– 12
6.2	Modelaanname	– 14
6.3	Samenvatting van alle wijzigingen in het prognosemodel AG2016 ten opzichte van AG2014	– 16
<b>7</b>	<b>Onzekerheid</b>	– 17
7.1	Extrapolatie van het verleden	– 17
7.2	Geen parameter- en modelonzekerheid	– 17
7.3	Onderscheid tussen onzekerheid in sterftekansen en onzekerheid in sterftecijfers	– 18
<b>8</b>	<b>Uitkomsten</b>	– 19
8.1	Waarnemingen ten opzichte van AG2014	– 19
8.2	Van AG2014 naar AG2016	– 20
8.3	Toekomstige levensverwachting	– 21
8.4	Prognose in perspectief	– 21
8.5	Koppeling levensverwachting op 65 jaar en pensioenleeftijd in 1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> pijler	– 23
8.6	Effecten op voorzieningen	– 24
<b>9</b>	<b>Toepassingen van het model</b>	– 26
9.1	Simuleren waarde van de verplichtingen	– 27
9.2	Simuleren waarde best estimate over een jaar	– 28
9.3	Simuleren van de levensverwachting	– 29
<b>10</b>	<b>Appendices</b>	– 31
	Appendix A – Prognosemodel AG2016 – Technische beschrijving	– 32
	Appendix B – Modelportefeuille	– 41
	Appendix C – Literatuur en gehanteerde data	– 43
	Appendix D – Verklarende woordenlijst	– 44
	<b>Colofon</b>	– 46





## 4 SAMENVATTING

Met de publicatie van de Prognosetafel AG2016 presenteert het AG zijn meest recente inschatting van de toekomstige sterfte voor de Nederlandse bevolking. Deze inschatting is gebaseerd op zowel Nederlandse sterftedata als sterftedata van Europese landen met een vergelijkbare welvaart als in Nederland. De Prognosetafel AG2016 is gebaseerd op een stochastisch model. In vergelijking met de Prognosetafel AG2014 wordt tevens een inschatting gemaakt van de correlatie tussen de sterfteontwikkelingen van mannen en vrouwen. De Prognosetafel AG2016 vervangt de Prognosetafel AG2014.

Uit de meest recente gegevens blijkt dat de sterftetekansen voor zowel vrouwen als mannen nog steeds dalen en dat de levensverwachting blijft stijgen. Op basis van de laatste inzichten bedraagt de levensverwachting van een in 2016 geboren meisje 93,0 jaar en van een in 2016 geboren jongen 90,1 jaar. Deze levensverwachtingen zijn berekend op basis van de zogenaamde cohortlevensverwachting en houden rekening met alle verwachte toekomstige sterfteontwikkelingen. Naar verwachting stijgt de levensverwachting van jongens en meisjes die over 50 jaar worden geboren verder met 3 à 4 jaar.

Pensioenfondsen en verzekeringsmaatschappijen kunnen de Prognosetafel AG2016 gebruiken voor het vaststellen en toetsen van hun technische voorzieningen en premies. De effecten zullen niet voor alle portefeuilles hetzelfde zijn. Met name de samenstelling naar leeftijd en geslacht bepaalt de effecten voor een specifieke portefeuille. In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat bij een rekenrente van 3% bij portefeuilles met relatief veel mannen, de technische voorzieningen iets (0,2%) zullen toenemen en dat bij portefeuilles met relatief veel vrouwen de technische voorzieningen meer zullen stijgen (0,5%). Op geaggregeerd niveau is de Prognosetafel AG2016 in termen van technische voorziening zwaarder dan de Prognosetafel AG2014.

Indien de Prognosetafel AG2016 gebruikt zou worden voor de eerstvolgende vaststelling (2017) van de AOW-leeftijd, dan is op basis van de huidige wetgeving de verwachting dat de AOW-leeftijd in 2022 verder wordt verhoogd naar 67 jaar en drie maanden.

# 5 INLEIDING

In deze publicatie wordt een inschatting gepresenteerd van de ontwikkeling van de overlevingskansen en de levensverwachting in Nederland. Deze inschatting is gebaseerd op de meest recente sterftegegevens in Nederland en in Europese landen met een vergelijkbaar welvaartsniveau.

## 5.1 Tweejaarlijkse update van de inschatting van sterftetekansen

Het AG publiceert tweejaarlijks een update van het prognosemodel waarmee de ontwikkeling van de sterftetekansen van de Nederlandse bevolking kan worden geprognosticeerd. Dit model is relevant voor pensioenfondsen en levensverzekeringsmaatschappijen, omdat hiermee de hoogte van de technische voorzieningen kan worden ingeschat.

Publiek beschikbare data van de Human Mortality Database (HMD), waar nodig aangevuld met data van Eurostat en data van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), vormen de basis van de nieuwe Prognosetafel AG2016. Voor de geselecteerde Europese landen is data tot en met 2014 beschikbaar, voor Nederland zijn tevens sterftewaarnemingen over 2015 beschikbaar.

## 5.2 Ontwikkelingen in de methodiek

Met de vorige prognosetafel, AG2014, is een stochastisch model geïntroduceerd. Hiermee kan een beeld worden gegeven van de onzekerheid in de ontwikkeling van de levensverwachting. Tevens beperkt de prognose zich niet tot een horizon van 51 jaar, zodat cohortlevensverwachtingen kunnen worden berekend. De Prognosetafel AG2016 geeft bovendien een inschatting van de correlatie tussen de sterfteontwikkeling van mannen en vrouwen.

## 5.3 Definitie van de levensverwachting

Er zijn twee gebruikelijke definities van levensverwachting.

Een klassieke definitie van levensverwachting is de zogenaamde periodelevensverwachting. Deze periodelevensverwachting is gebaseerd op de sterftetekansen in een bepaalde periode, bijvoorbeeld één kalenderjaar, en gaat ervan uit dat sterftetekansen in de toekomst gelijk blijven. De periodelevensverwachting houdt dus geen rekening met toekomstige verwachte ontwikkelingen in de sterftetekansen. Deze definitie wordt vaak gebruikt om ontwikkelingen in de tijd te kunnen vergelijken, maar kan niet worden gebruikt om in te schatten hoe lang mensen naar verwachting nog leven.

De tweede definitie, de cohortlevensverwachting, houdt daarentegen wel rekening met toekomstige sterfteontwikkelingen. De cohortlevensverwachting is gebaseerd op de verwachte ontwikkelingen van de sterftetekansen in de komende kalenderjaren. De

cohortlevensverwachting is bij een verwachte daling van de sterftetekansen dus hoger dan de periodelevensverwachting. Wanneer in deze publicatie de term levensverwachting wordt gehanteerd, dient men uit te gaan van de cohortlevensverwachting. Als hiervan wordt afgeweken wordt expliciet benoemd welke levensverwachting wordt bedoeld.

#### **5.4 AOW-leeftijd en pensioenrichtleeftijd**

De hoogte van de AOW-leeftijd en pensioenrichtleeftijd zijn in Nederland gekoppeld aan de ontwikkeling van de periodelevensverwachting. Deze publicatie gaat, in hoofdstuk 8, kort in op de voorziene effecten volgend uit de Prognosetafel AG2016.

#### **5.5 Indeling van het rapport**

Hoofdstuk 6 'Sterftedata en modelaanname' gaat over modelafwijkingen die bij het maken van de Prognosetafel AG2016 een rol hebben gespeeld. Wat zijn de modelaanname? Welke gegevens worden gebruikt en welke historie wordt meegenomen? In hoofdstuk 7 'Onzekerheid' wordt toegelicht welke onzekerheid het model meeneemt, en welke niet. In Hoofdstuk 8 'Uitkomsten' worden de uitkomsten van de AG2016 prognose getoond in termen van levensverwachtingen en technische voorzieningen. Tevens wordt een vergelijking gemaakt met eerdere prognoses. Ten slotte bevat Hoofdstuk 9 'Toepassingen van het model' een nadere toelichting op het gebruik van een stochastisch model.

#### **5.6 Publicatie prognosetafels op de website van het AG**

Het AG heeft de prognosetafel en deze publicatie, met daarin de technische beschrijving van het prognosemodel, gepubliceerd op haar website, zie [www.ag-ai.nl/ActuarieelGenootschap/Publicaties](http://www.ag-ai.nl/ActuarieelGenootschap/Publicaties)

# 6 STERFTEDATA EN MODELAANNAMES

## 6.1 Sterftedata

### Nederlandse en Europese sterftedata

Het uitgangspunt voor het huidige model is het stochastische model zoals dat twee jaar geleden is geïntroduceerd. Dit betekent dat, naast de sterfte in Nederland, ook gebruik wordt gemaakt van gegevens over de sterfteontwikkeling in een aantal andere Europese landen. Vanaf 1970 is duidelijk waar te nemen dat de verschillen in sterftekansen tussen een aantal Europese landen afnemen. Daarnaast is een stijgende trend te zien in de ontwikkeling van de levensverwachting in deze landen. Zie hiervoor grafieken 1 en 2.

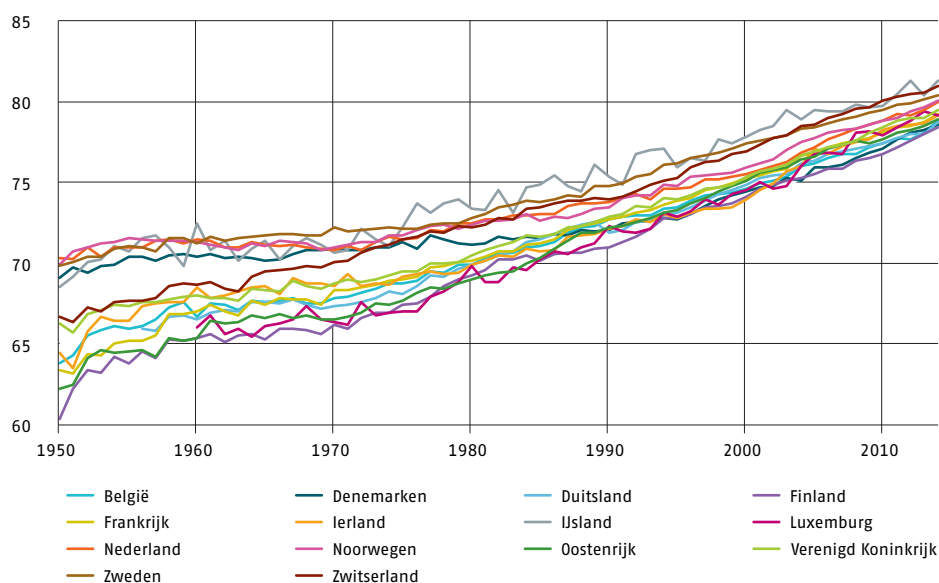
Om deze redenen is ervoor gekozen de Nederlandse projectie mede te baseren op de ontwikkelingen in vergelijkbare Europese landen. Zo wordt voorkomen dat de prognose uitsluitend afhankelijk wordt van Nederlandse data waarin in het verleden mogelijk specifieke fluctuaties zijn opgetreden die niet noodzakelijk iets zeggen over toekomstige ontwikkelingen. De inschatting is dat de langetermijntoename van de levensverwachting in Nederland nauwkeuriger te voorspellen is door een bredere Europese populatie mee te nemen. Tevens is de verwachting dat de opeenvolgende prognoses ook stabiel zijn dan wanneer alleen uit zou worden gegaan van Nederlandse data.

### Europese sterftedata

Het prognosemodel maakt gebruik van Europese sterftedata van landen waarvan het Bruto Binnenlandsproduct (BBP) boven het Europese gemiddelde ligt. Het BBP wordt gezien als een maat voor de welvaart in een land. Er is een positieve relatie tussen welvaart en ouder worden: hoe hoger het welvaartsniveau, hoe ouder men wordt. Nederland behoort tot de landen waar het welvaartsniveau hoog is en waar het BBP boven het Europese gemiddelde ligt. Op grond van dit criterium zijn de sterftedata van de volgende Europese landen meegenomen: België, Denemarken, Duitsland, Finland, Frankrijk, Ierland, IJsland, Luxemburg, Noorwegen, Oostenrijk, Verenigd Koninkrijk, Zweden en Zwitserland. Wanneer in het vervolg van deze publicatie Europa of West-Europa wordt genoemd, worden de hiervoor genoemde landen bedoeld.

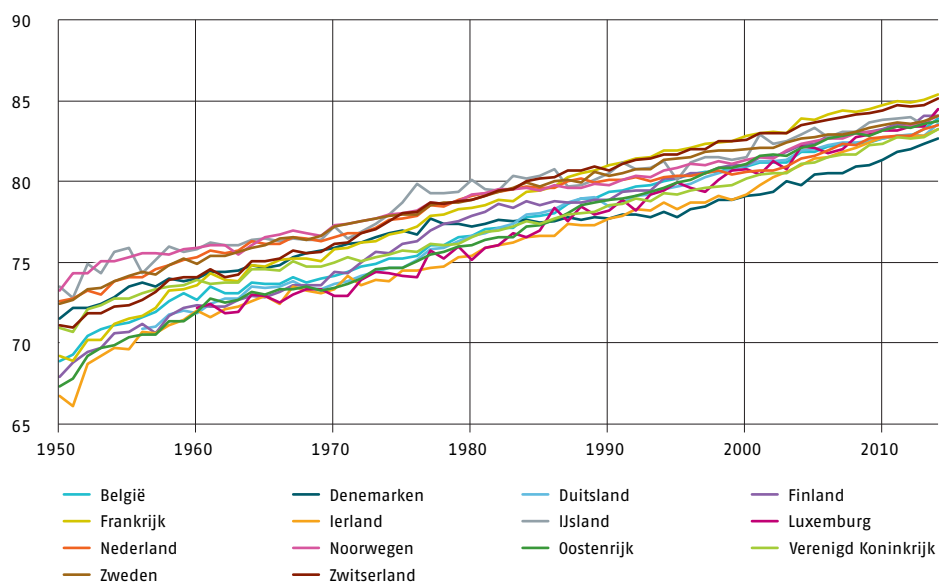
Ten opzichte van de Prognosetafel AG2014 zijn, naast het aanvullen met recente gegevens, twee wijzigingen in de data doorgevoerd. In plaats van alleen Engeland en Wales is er nu voor gekozen het Verenigd Koninkrijk als geheel mee te nemen. Het selectiecriterium is gebaseerd op landen in Europa met een boven gemiddeld BBP. Het BBP voor afzonderlijke landen binnen het Verenigd Koninkrijk is niet eenvoudig traceerbaar, maar het BBP voor het Verenigd Koninkrijk als geheel wel. Dit betekent een uitbreiding van de dataset met Noord-Ierland en Schotland, als onderdeel van het Verenigd Koninkrijk. Daarnaast is ervoor gekozen de sterftecijfers van het voormalige Oost-Duitsland vanaf 1990 mee te nemen (omdat Oost-Duitsland vanaf dat moment onderdeel is van Duitsland). Door deze wijzigingen is de dataset vergroot, terwijl de gemiddelde waargenomen levensverwachting in de dataset iets is gedaald.

### Periodelevensverwachting bij geboorte mannen



**Grafiek 1** Convergentie van periodelevensverwachting van een aantal Europese landen, 0-jarige mannen

### Periodelevensverwachting bij geboorte vrouwen



**Grafiek 2** Convergentie van periodelevensverwachting van een aantal Europese landen, 0-jarige vrouwen

### Gegevensbereik

Voor de modellering worden de gegevens over de waarnemingsperiode 1970 tot en met 2014 gebruikt. Voor Nederland zijn ook de meest recente sterftetekansen uit 2015 beschikbaar en daarom toegevoegd. Er is geen reden het startpunt van de waarnemingsperiode te veranderen. Vanaf 1970 is een stabiele ontwikkeling te zien in de sterftetekansen (zie ook grafiek 1 en 2). Met het gekozen tijdvak worden historische gegevens over een periode van 45 jaar (vanaf 1970) gebruikt.

### **Bronnen voor sterftedata**

Voor de data is gebruik gemaakt van de Human Mortality Database (HMD) aangevuld met gegevens van Eurostat voor die jaren en landen waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn in de HMD. Voor de Nederlandse data is voor 2015 gebruikt gemaakt van de gegevens van het CBS. De informatie uit deze bronnen wordt regelmatig aangevuld en soms ook met terugwerkende kracht aangepast voor eerdere jaren. De gebruikte dataset, in de vorm van sterfteaantallen en exposures voor zowel Nederland als de totale groep van West-Europese landen, is terug te vinden op de website van het AG en bevat in totaal meer dan 100 miljoen overlijdensgevallen. In hoofdstuk 8 wordt het effect van deze wijzigingen op de levensverwachting zichtbaar gemaakt.

## **6.2 Modelaanname**

### **Belangrijkste uitgangspunten van het model**

- De ontwikkeling van de Nederlandse levensverwachting op lange termijn is gebaseerd op de waargenomen ontwikkeling van de levensverwachtingen in Europese landen met een BBP boven het Europees gemiddelde BBP.
- Er zijn geen aparte cohorteffecten (waaronder de effecten van rookgedrag) meegenomen, omdat dit de complexiteit van het model aanzienlijk vergroot.
- Voor hoge leeftijden worden de sterftekansen geëxtrapoleerd met behulp van de methode van Kannistö.
- Er is uitsluitend gebruik gemaakt van publiekelijk beschikbare gegevens.

### **Prognosemodel AG2014 is uitgangspunt**

Het uitgangspunt voor het huidige model is het model zoals ook gehanteerd voor de Prognosetafel AG2014. Dit is een multi-populatie sterftemodel zoals voorgesteld door Lee en Li met een tweetrapsaanpak om de benodigde parameters te schatten (zie appendix A). Daarbij wordt eerst per geslacht met het Lee-Carter model de Europese trend geschat. Vervolgens wordt opnieuw het Lee-Carter sterftemodel gebruikt om de afwijking van Nederland ten opzichte van de gezamenlijke trend weer te geven. Door het combineren van data uit verschillende, maar vergelijkbare landen ontstaat een robuuster model met stabielere trends en een geringere gevoeligheid voor de gebruikte kalibratieperiode.

Het model is gebaseerd op vier stochastische processen:

- a) de ontwikkeling van sterfte in Europa voor mannen;
- b) de ontwikkeling van de afwijking van Nederlandse sterfte ten opzichte van Europa, voor mannen;
- c) de ontwikkeling van sterfte in Europa voor vrouwen;
- d) de ontwikkeling van de afwijking van Nederlandse sterfte ten opzichte van Europa, voor vrouwen.

Voor de Europese ontwikkelingen a) en c) wordt een random-walk-met-driftmodel gehanteerd. Voor de Nederlandse afwijkingen b) en d) wordt een eerste orde autoregressief proces zonder constante gebruikt. Dit laatste betekent dat de Nederlandse sterfteontwikkeling naar verwachting op termijn de Europese trend volgt. De vier processen worden gezamenlijk geschat om ook de correlaties tussen de verschillende processen in te schatten. De gezamenlijke implementatie van deze laatste stap is een

wijziging ten opzichte van de schattingsprocedure zoals gehanteerd voor de Prognosetafel AG2014.

Voor de Europese sterfte zijn data tot en met 2014 beschikbaar, voor de Nederlandse sterfte zijn data tot en met 2015 beschikbaar. Voor het gezamenlijk schatten van de vier stochastische processen is dezelfde historische dataperiode nodig. De Europese waarnemingen voor 2015 zijn daarom geëxtrapoleerd op basis van de data beschikbaar tot en met 2014 (zie appendix A).

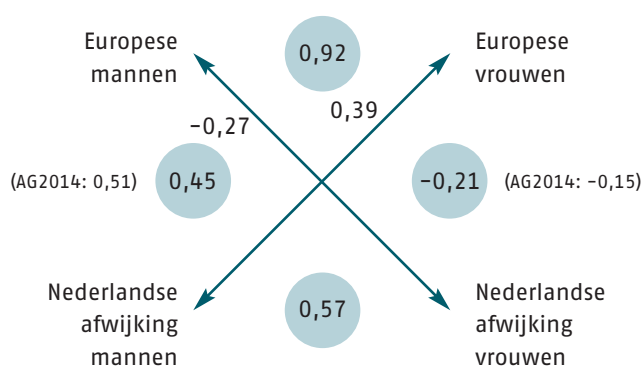
Voor hogere leeftijden (boven de 90 jaar) zijn er relatief weinig waarnemingen. Dat kan leiden tot grote schommelingen in de schattingen van de sterftetekansen. Daarom worden de sterftetafels 'gesloten'. Hiermee wordt bedoeld dat voor hoge leeftijden de sterftetekansen worden geschat met behulp van een extrapolatiemethodiek. Net als bij de vorige prognosetafel is voor de Prognosetafel AG2016 gekozen voor de methode van Kannistö.

In appendix A is een volledige beschrijving van het gebruikte stochastische model opgenomen, inclusief de methode waarmee dit model geschat is. In combinatie met de dataset kan de Prognosetafel AG2016 exact worden gereconstrueerd.

#### Wijziging ten opzichte van het model uit 2014

De correlaties tussen mannen en vrouwen worden nu ook meegenomen bij de schatting van het AG2016-model. In het vorige model werden de eerder genoemde stochastische processen a) en b) voor mannen gezamenlijk geschat, als ook de processen c) en d) voor vrouwen. Echter, de processen voor mannen enerzijds en vrouwen anderzijds werden los van elkaar geschat. Bij simulatie van toekomstscenario's werden de correlaties tussen deze processen daarom op nul gezet. De data suggereert echter een positieve relatie tussen de ontwikkelingen in de sterftetekansen van mannen en vrouwen. Deze is intuïtief ook logisch. Het komt de kwaliteit van de prognosetafel ten goede als deze correlaties mee worden genomen bij de schatting van het model.

De modellering van de samenhang tussen de vier processen is verbeterd door deze gezamenlijk te schatten en alle onderlinge correlaties tussen de hierboven genoemde processen a), b), c) en d) mee te nemen. De onderlinge correlaties tussen de verschillende processen worden in de volgende figuur weergegeven:



De correlatie tussen (de jaarlijkse veranderingen bij) West-Europese mannen en de *afwijking* van Nederlandse mannen ten opzichte van West-Europa is positief. Bij vrouwen is deze correlatie negatief, maar dat betekent niet dat de correlatie tussen veranderingen bij West-Europese vrouwen en bij Nederlandse vrouwen negatief is. Een negatieve correlatie kan het gevolg zijn van veranderingen in Nederlandse sterfte die over het algemeen hetzelfde teken hebben als de veranderingen in West-Europa maar gemiddeld



minder groot zijn. Als er een grote positieve verandering is in West-Europa en een kleinere positieve verandering voor Nederland dan is het verschil (i.e. de verandering in Nederland min de verandering in West-Europa) immers negatief.

In hoofdstuk 8 wordt het effect van deze wijzigingen op de levensverwachting apart zichtbaar gemaakt.

### 6.3 Samenvatting van alle wijzigingen in het prognosemodel AG2016 ten opzichte van AG2014

AG2014	AG2016
Dataset inclusief Engeland en Wales, exclusief voormalig Oost-Duitsland	Dataset met Verenigd Koninkrijk ter vervanging van alleen Engeland en Wales en inclusief voormalig Oost-Duitsland vanaf 1990.
Dataset Europa tot en met 2009, geprognoseerd tot en met 2013	Dataset Europa tot en met 2014, geprognoseerd voor 2015
Dataset Nederland tot en met 2012 en voorlopige data voor 2013	Dataset Nederland tot en met 2015
Alleen correlatie tussen Europa en de Nederlandse afwijking expliciet meegenomen, niet tussen mannen en vrouwen	Alle mogelijke correlaties tussen Europa en de Nederlandse afwijking en tussen mannen en vrouwen expliciet meegenomen

# 7 ONZEKERHEID

Naar aanleiding van de publicatie van de Prognosetafel AG2014 is door een aantal belanghebbenden in de sector de vraag gesteld of de uit dat model volgende (stochastische) onzekerheid niet te klein was. De CSO heeft expliciet een aantal experts gevraagd naar hun zienswijze betreffende de onzekerheid in het gebruikte model. Dat heeft niet geleid tot voorstellen voor modelaanpassingen op grond van expliciet kwantificeerbare scenario's waarover consensus bestaat onder experts en die te schatten zijn met publiekelijk beschikbare data. Daarom is de structuur van het model niet veranderd. Hieronder geven we aan welke onzekerheid het model precies meeneemt, en welke niet.

## 7.1 Extrapolatie van het verleden

In essentie extrapoleert het gebruikte model niet alleen sterfteontwikkelingen, maar ook de variabiliteit (volatiliteit) daarvan. Met andere woorden, de sterfteprognoses zijn gebaseerd op de veronderstelling dat waargenomen ontwikkelingen in het verleden zich, gemiddeld genomen, zullen voortzetten in de toekomst. Op dezelfde wijze extrapoleert het model ook de volatiliteit in de sterfteontwikkelingen uit het verleden. Dus, net zoals de parameters voor de trend geschat zijn op basis van waargenomen ontwikkelingen in het verleden, geldt dat ook voor de volatiliteitsparameters.

Daarmee geeft het AG2016 model, net zoals AG2014, inzicht in de grootte van de volatiliteit zoals die in het verleden waargenomen is in sterfteontwikkelingen. Conceptueel is het uiteraard mogelijk dat in 2017 een trendbreuk optreedt die deze volatiliteit doet stijgen, of dalen. Ook is het mogelijk dat de trend structureel verandert. De commissie kiest ervoor bij de prognose ervan uit te gaan dat een dergelijke trendbreuk niet optreedt. Zo'n trendbreuk lijkt zich bij de beschouwde Europese bevolking in de laatste 40 jaar ook niet voor te hebben gedaan. De vele positieve medische ontwikkelingen en verbeteringen in voeding en levensstijl lijken een grote, maar geleidelijke, impact te hebben gehad.

## 7.2 Geen parameter- en modelonzekerheid

Het is van belang op te merken dat de gepresenteerde onzekerheidsintervallen in deze publicatie geen rekening houden met parameter- of modelonzekerheid. Dat wil zeggen, deze intervallen nemen het gekozen model en de geschatte parameters als uitgangspunt. De toekomstige afwijkingen van de *best estimate* kunnen groter of kleiner zijn omdat zich sterftetrends kunnen voordoen die nu nog niet zijn te voorspellen, bijvoorbeeld door exceptionele medische en sociaal-economische ontwikkelingen. Deze ontwikkelingen kunnen ertoe leiden dat de toekomstige spreiding van de sterfte rondom de *best estimate* anders zal zijn dan alleen de modelmatig berekende spreiding op basis van historische data.

Er zijn in de wetenschappelijke literatuur manieren bekend om parameter- en modelonzekerheid te formaliseren. Betreffende parameteronzekerheid kan opgemerkt

worden dat door de enorme hoeveelheid aan data (meer dan 100 miljoen overledenen bij een totale exposure van ruim 11 miljard manjaren) deze voor een gegeven model naar verwachting klein zal zijn. Het meenemen van modelonzekerheid vereist de specificatie van een klasse van alternatieve modellen. Hierover bestaat slechts een beperkte literatuur en daarom is vooralsnog besloten dit niet in deze publicatie te verwerken.

### 7.3 Onderscheid tussen onzekerheid in sterftetekansen en onzekerheid in sterftcijfers

Het voorgaande betekent niet dat de onzekerheid in waargenomen sterftcijfers ook zeer klein zal zijn. Naast de onzekerheid in sterftetekansen is er immers ook de onzekerheid in het daadwerkelijk gestorven aantal mensen *gegeven* die sterftetekansen. Als we bijvoorbeeld een groep van 100.000 mensen beschouwen met een sterftetekans van exact 1% dan is (onder de door ons gemaakte aanname van een Poissonverdeling voor individuele sterfte) het te verwachten aantal overledenen 1.000 en het symmetrische 95%-betrouwbaarheidsinterval [938, 1062]. Dat betekent niet dat de onderliggende sterftetekans ineens onzeker is geworden en van 1% veranderd is naar een onbekende waarde ergens tussen 0,938% en 1,062%. Het betekent alleen dat we de sterftetekans, door het beperkte aantal waarnemingen, niet zonder meetruis hebben kunnen waarnemen.

De volatiliteit in de door het CBS gerapporteerde sterftcijfers kan dus niet zomaar gebruikt worden om uitspraken te doen over onzekerheid in de onderliggende sterftetekansen. Het AG2016-model houdt daar in de schattingsmethodiek dan ook expliciet rekening mee. Maar wie de toekomstige onzekerheid in de pensioen- of verzekeringsportefeuille in wil schatten, moet na het simuleren van de mogelijke paden voor toekomstige sterftetekansen ook rekening houden met de onzekerheid in de individuele sterfgevallen. Daardoor zal de spreiding in portefeuilleresultaten toenemen.

## 8 UITKOMSTEN

Dit hoofdstuk geeft de resultaten van de Prognosetafel AG2016. De resultaten worden vergeleken met die van de Prognosetafel AG2014. Aan de hand van een aantal voorbeeldfondsen is het effect op de hoogte van de voorzieningen doorgerekend. Met deze voorbeeldfondsen is het mogelijk een inschatting te maken van het effect voor andere pensioenfondsen. Daarnaast wordt de AG2016-prognose afgezet tegen de historische ontwikkelingen en in perspectief geplaatst ten opzichte van de laatste prognose van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS 2015–2060)<sup>2</sup>.

### 8.1 Waarnemingen ten opzichte van AG2014

Onderstaand overzicht geeft inzicht in de AG2014-prognose van de levensverwachting voor 2014 en 2015 en laat zien hoe deze levensverwachtingen zich verhouden tot de gerealiseerde levensverwachtingen voor die jaren. Daarnaast geeft de tabel inzicht in de prognose van de levensverwachtingen voor 2015 en 2016. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de periodelevensverwachting, aangezien daarmee vergelijkingen kunnen worden gemaakt voor de levensverwachting in een specifiek waarnemingsjaar.

Mannen				Vrouwen			
	Realisatie	AG2014	AG2016		Realisatie	AG2014	AG2016
2013	79,4	79,5		2013	83,0	83,1	
2014	79,9	79,7		2014	83,3	83,2	
2015	79,7	79,9	79,8	2015	83,1	83,4	83,1
2016			80,0	2016			83,3

Tabel 1 Periodelevensverwachting bij geboorte

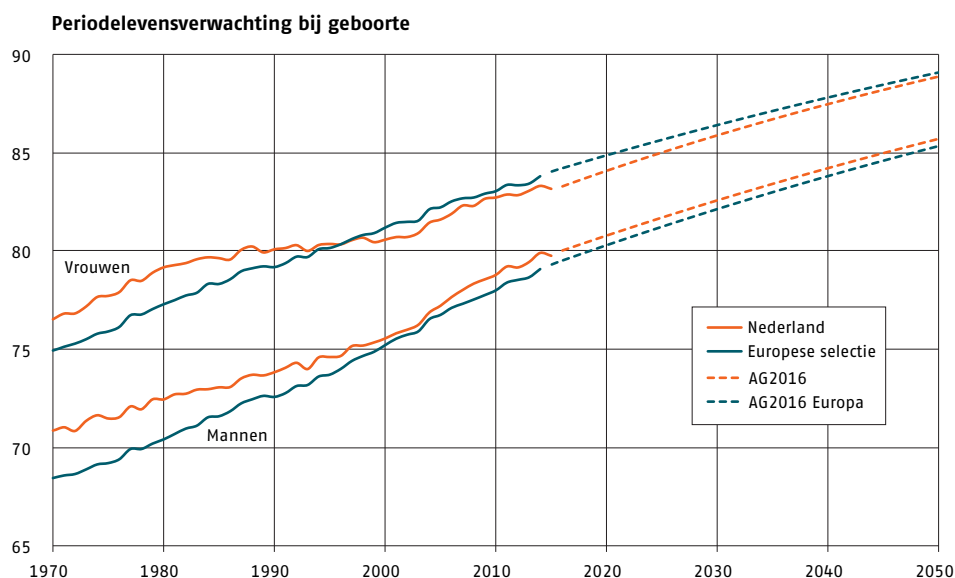
Mannen				Vrouwen			
	Realisatie	AG2014	AG2016		Realisatie	AG2014	AG2016
2013	18,0	18,0		2013	21,0	21,0	
2014	18,5	18,2		2014	21,2	21,1	
2015	18,2	18,3	18,2	2015	20,9	21,2	21,0
2016			18,4	2016			21,1

Tabel 2 Periodelevensverwachting op leeftijd 65

De nieuwe waarnemingen sinds de AG2014-prognose laten een sterke daling van de sterftetekansen zien in 2014, waardoor de periodelevensverwachting toeneemt. In 2015 zien we juist een toename van de sterftetekansen, waardoor de levensverwachting weer afneemt.

2 – Kernprognose 2015–2060: Hoge bevolkingsgroei op korte termijn, CBS december 2015.

In de volgende grafiek wordt de ontwikkeling van de periodelevensverwachting bij geboorte weergegeven voor de periode tot en met 2050. Tot en met 2015 is de grafiek gebaseerd op gerealiseerde sterftcijfers, voor de periode erna op de AG2016-prognose.



**Grafiek 3** Periodelevensverwachting Nederland en geselecteerde Europese landen

In grafiek 3 is zichtbaar dat de periodelevensverwachting van de Nederlandse vrouwen evenals bij de vorige prognose nog onder de levensverwachting van de vrouwen in de geselecteerde Europese landen ligt. De levensverwachting van de Nederlandse mannen daarentegen ligt net als bij AG2014 boven de levensverwachting van mannen in de geselecteerde Europese landen.

## 8.2 Van AG2014 naar AG2016

Om meer inzicht te geven in de verschillen tussen de oude en de nieuwe prognosetafel wordt gebruik gemaakt van de cohortlevensverwachting. In de cohortlevensverwachting worden alle toekomstige sterfteontwikkelingen meegenomen. Hierna wordt stapsgewijs de impact getoond op de cohortlevensverwachting voor het startjaar 2016 van:

1. AG2014;
2. het meenemen van de correlatie tussen mannen en vrouwen en
3. de nieuwe dataset.

Stap	Bij geboorte		Op leeftijd 65	
	Mannen	Vrouwen	Mannen	Vrouwen
AG2014	90,1	92,5	20,0	23,0
Meenemen correlatie	-0,5	+0,6	-0,1	+0,3
Update dataset	+0,5	-0,1	+0,1	-0,2
AG2016	90,1	93,0	20,0	23,1

**Tabel 3** Cohortlevensverwachting in 2016

Het meenemen van de correlatie tussen mannen en vrouwen leidt bij mannen tot een afname van de levensverwachting en bij vrouwen juist tot een toename. De update van de dataset leidt bij mannen tot een toename en bij vrouwen tot een kleine afname van de levensverwachting. De tabel laat zien dat de levensverwachting voor mannen per saldo niet verandert. Bij vrouwen neemt de levensverwachting bij geboorte toe met 0,5 jaar, terwijl de levensverwachting voor vrouwen op leeftijd 65 met 0,1 jaar toeneemt.

Uitgangspunt van het model is dat de sterftetrend in Nederland naar verwachting zal convergeren naar de sterftetrend in West-Europese landen met een vergelijkbare welvaart. De huidige levensverwachting bij geboorte van Nederlandse mannen is hoger dan die van mannen in West-Europa. Bij vrouwen geldt het omgekeerde: Nederlandse vrouwen kennen een lagere levensverwachting bij geboorte dan vrouwen in West-Europa. Het verschil in levensverwachting tussen Nederlandse vrouwen en West-Europese vrouwen is groter dan bij mannen. Daarnaast is de sterftetrend bij mannen meer in lijn met de West-Europese trend. Dit alles draagt eraan bij dat vrouwen een relatief sterke verbetering in de levensverwachting laten zien in vergelijking met mannen. Het meenemen van de correlatie tussen mannen en vrouwen versterkt klaarblijkelijk dit effect.

### 8.3 Toekomstige levensverwachting

De Prognosetafel AG2016 biedt, evenals AG2014, de mogelijkheid toekomstige levensverwachtingen te berekenen. In tabel 4 worden toekomstige cohortlevensverwachtingen voor de startjaren 2016, 2041 en 2066 weergegeven.

Startjaar	Bij geboorte			Op leeftijd 65		
	Mannen	Vrouwen	verschil	Mannen	Vrouwen	verschil
2016	90,1	93,0	2,9	20,0	23,1	3,1
2041	92,5	95,1	2,6	23,2	26,2	3,0
2066	94,3	96,6	2,3	25,7	28,4	2,7

**Tabel 4** Toekomstige cohortlevensverwachting

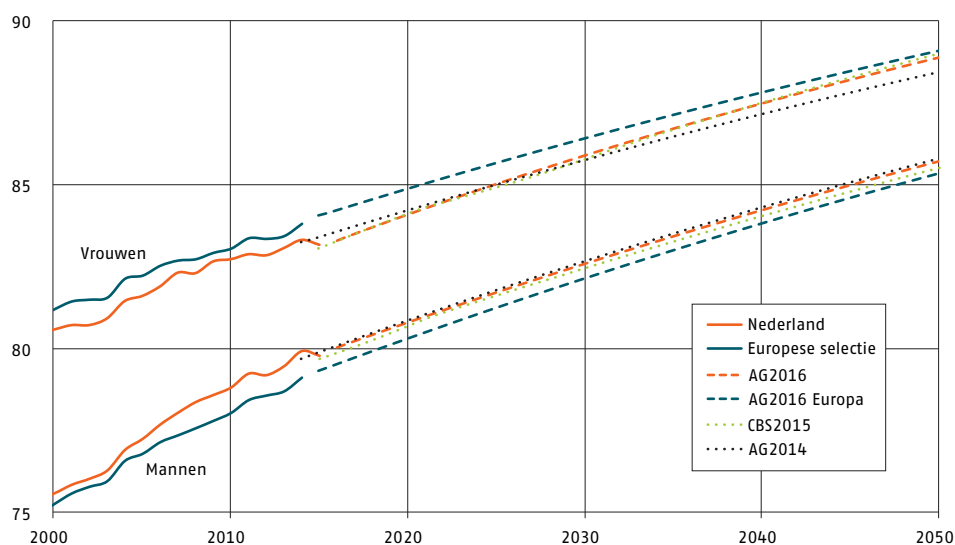
Uit de hiervoor vermelde cijfers blijkt nogmaals dat het model impliceert dat de levensverwachting voor mannen en vrouwen zal blijven stijgen, voor de mannen iets sneller dan voor de vrouwen. Hierdoor daalt het verschil in levensverwachting tussen mannen en vrouwen.

### 8.4 Prognose in perspectief

In grafiek 4 worden de ontwikkelingen van de periodelevensverwachting bij geboorte voor AG2014, AG2016 en CBS2015–2060 tegen elkaar afgezet. Zichtbaar is dat de AG2016–prognose voor Nederlandse vrouwen convergeert naar de prognose voor vrouwen in de geselecteerde West-Europese landen.

De AG2016–prognose voor mannen laat eenzelfde ontwikkeling zien als AG2014; de trend ligt dicht bij de trend van de West-Europese landen, waardoor het verschil door de tijd redelijk constant blijft. Bij CBS2015–2060 is voor mannen een beperkte afzwakking van de levensverwachting te zien in vergelijking met AG2016. De levensverwachting in 2050 op basis van CBS2015–2060 ligt iets lager dan bij AG2016.

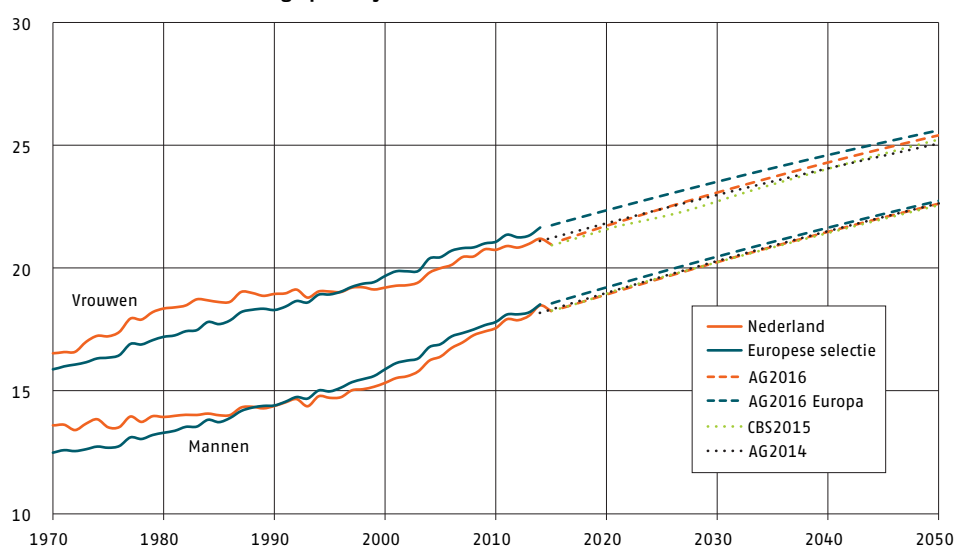
### Periodelevensverwachting bij geboorte



**Grafiek 4** Ontwikkeling periodelevensverwachting bij geboorte

Grafiek 5 toont de ontwikkeling van de periodelevensverwachting op leeftijd 65.

### Periodelevensverwachting op leeftijd 65



**Grafiek 5** Ontwikkeling periodelevensverwachting op leeftijd 65

In tabel 5 staan de cohortlevensverwachtingen vermeld voor AG2014, AG2016 en CBS2015-2060. De verschillen in cohortlevensverwachting op leeftijd 65 tussen AG2016 en CBS2015-2060 zijn klein.

Startjaar 2016	Bij geboorte		Op leeftijd 65	
	Mannen	Vrouwen	Mannen	Vrouwen
AG2014	90,1	92,5	20,0	23,0
AG2016	90,1	93,0	20,0	23,1
CBS2015-2060	Niet beschikbaar		20,1	22,7

**Tabel 5** Cohortlevensverwachting bij geboorte en op leeftijd 65

## 8.5 Koppeling levensverwachting op 65 jaar en pensioenleeftijd in 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> pijler

De Wet Verhoging AOW- en Pensioenrichtleeftijd van 12 juli 2012 koppelt de pensioengerechtigde leeftijd in de eerste pijler (AOW) en de pensioenrichtleeftijd in de 2<sup>e</sup> pijler (werkgeverspensioen) aan de periodelevensverwachting. Volgens de Wet van 4 juni 2015 inzake de versnelling van de stapsgewijze verhoging van de AOW-leeftijd<sup>3</sup> dient, uiterlijk op 1 januari 2017, voor het jaar 2022 te worden vastgesteld of de AOW-leeftijd in dat jaar verhoogd wordt van 67 jaar naar 67 jaar en 3 maanden.

Verhogingen van de pensioenleeftijd geschieden in stappen van drie maanden en zijn afhankelijk van de hoogte van de macro gemiddelde resterende periodelevensverwachting op 65-jarige leeftijd (L) zoals geraamd door het CBS ten opzichte van een waarde van 18,26 én het verschil tussen de tot dan toe geldende pensioenleeftijd en 65 jaar. De referentiewaarde van 18,26 is wettelijk vastgelegd en gebaseerd op waarnemingen van het CBS in de periode 2000–2009.

Wanneer voor 2022 wordt verwacht dat L groter is dan 20,51 jaar, dan is een verhoging van de AOW-leeftijd met een kwart jaar (0,25) noodzakelijk (immers  $(20,51 - 18,26) - (67 - 65) = 0,25$ ). Volgens de Prognosetafel AG2016 zal L deze waarde in 2022 inderdaad overschrijden. Deze verwachting ligt in lijn met de laatste prognose van het CBS uit 2015 en uiterlijk op 1 januari 2017 zal uitsluitel dienen te volgen ten aanzien van deze verhoging in 2022. Hierna zal jaarlijks dezelfde methodiek gevolgd worden waarbij dient te worden vastgesteld of een verhoging van de AOW-leeftijd met een kwart jaar wel of niet plaatsvindt.

Wanneer de macro gemiddelde resterende periodelevensverwachting op 65-jarige leeftijd tevens voor de jaren na 2022 wordt geschat, worden de volgende jaren gevonden waarin de AOW-leeftijd naar verwachting met een vol jaar zal toenemen. Voor de eenvoud van de berekening is de macro gemiddelde resterende levensverwachting hieronder bepaald als het ongewogen gemiddelde van de levensverwachting van mannen en vrouwen. In de praktijk wordt mogelijk een exactere weging toegekend waardoor vrouwen een iets hoger gewicht toegekend krijgen. De impact hiervan is beperkt.

AOW-leeftijd	CBS2015	AG2016
68	2029	2027
69	2036	2035
70	2045	2044
71	2054	2053

**Tabel 6** Inschatting ontwikkeling AOW-leeftijd

De verhoging van de pensioenrichtleeftijd in de 2<sup>e</sup> pijler is gebaseerd op dezelfde formule als de AOW-leeftijd, echter volgens de Wet dient eerder te worden geanticipeerd op een verwachte stijging van de levensverwachting. Het is wettelijk voorgeschreven dat een wijziging van de pensioenrichtleeftijd ten minste een jaar voordat deze wijziging plaatsvindt, bekend moet worden gemaakt en dat hiervoor de macro gemiddelde resterende levensverwachting op 65-jarige leeftijd in aanmerking dient te worden genomen die wordt verwacht tien jaar na het kalenderjaar van wijziging. Dit betekent bijvoorbeeld dat een wijziging van de pensioenrichtleeftijd in 2018 vóór 1 januari 2017 bekend dient te worden gemaakt op basis van de macro gemiddelde resterende levensverwachting op 65-jarige leeftijd in 2028.

Op basis van de Prognosetafel AG2016 is de verwachting dat L in 2028 al dusdanig zal zijn gestegen dat in 2018 een pensioenrichtleeftijd van 68 jaar gaat gelden. De laatste CBS-

3 – Voluit: Wet van 4 juni 2015 tot wijziging van de Algemene Ouderdomswet, de Wet op de loonbelasting 1964, de Wet verhoging AOW- en pensioenrichtleeftijd, de Pensioenwet, de Wet verplichte beroepspensioenregeling en Overige fiscale maatregelen 2013 in verband met de versnelling van de stapsgewijze verhoging van de AOW-leeftijd.



prognose uit 2015 geeft aan dat deze stijging in 2019 noodzakelijk zal zijn. Uiterlijk op 1 januari 2017 zal volgens de Wet uitsluitel dienen te komen ten aanzien van een eventuele verhoging van de pensioenrichtleeftijd in 2018 op basis van de dan meest recente ramingen van het CBS.

Algemeen kan worden gesteld dat de huidige AG-prognoses niet veel afwijken van de prognose van het CBS, waardoor de huidige verwachting is dat verschillen in toekomstige AOW- en pensioenleeftijden ook niet heel groot zullen zijn.

## 8.6 Effecten op voorzieningen

Om de effecten van de Prognosetafel AG2016 op de technische voorzieningen van pensioenportefeuilles in kaart te brengen zijn zes fictieve voorbeeldfondsen geconstrueerd. Het betreft drie fondsen met mannelijke deelnemers en drie fondsen met vrouwelijke deelnemers. Per geslacht zijn een jong, een oud en een gemiddeld fonds geconstrueerd. Het laatste fonds is het gemiddelde van de eerste twee fondsen. Deze voorbeeldfondsen zijn mede aan de hand van concrete portefeuilles bepaald.

De voorbeeldfondsen bevatten naast een ouderdomspensioen (OP) een latent nabestaandenpensioen (NP) en een ingegaan nabestaandenpensioen. In de mannelijke portefeuilles wordt ervan uitgegaan dat uitbetalingen van het ingegane nabestaandenpensioen betrekking hebben op vrouwelijk partners. Voor de vrouwelijke portefeuilles is dat andersom. De gebruikte pensioenvormen zijn een ouderdomspensioen, ingaande op 65 jaar en een nabestaandenpensioen van de vorm 'onbepaalde partner' met een partnerfrequentie van 100%.

Er wordt uitgegaan van een vast leeftijdsverschil van 3 jaar tussen de mannelijke en de vrouwelijke partner, waarbij aangenomen wordt dat de man ouder is dan de vrouw. De gehanteerde rekenrente bedraagt 3%, zodat de effecten vergelijkbaar zijn met de voorgaande publicatie (AG2014) waarin ook werd uitgegaan van een rente van 3%.

Dekking	Mannen			Vrouwen		
	Jong	Gemiddeld	Oud	Jong	Gemiddeld	Oud
OP (65)	-0,1%	-0,2%	-0,2%	1,0%	0,7%	0,6%
NP	1,4%	1,1%	0,8%	-1,6%	-1,0%	-0,7%
OP+NP	0,3%	0,2%	0,1%	0,6%	0,5%	0,4%

**Tabel 7 Impact op voorzieningen (rekenrente 3%) voor modelportefeuilles van overgang van AG2014 naar AG2016 (verschil AG2016 minus AG2014 uitgedrukt in procenten van AG2014). De afzonderlijke percentages, zoals vermeld bij de pensioenvormen OP en NP, tellen niet op tot de percentages zoals vermeld bij de combinatie OP+NP. Dit komt omdat de voorzieningen van de afzonderlijke pensioenvormen verschillend zijn.**

Hoewel de pensioenleeftijd inmiddels is verhoogd tot 67, hebben grote delen van de pensioenverplichtingen nog een pensioenleeftijd van 65.

Uit de tabel 7 valt af te lezen dat de verschillen, in termen van voorziening, bij mannen beperkt zijn. Voor een gemiddeld bestand neemt de voorziening met ongeveer 0,2% toe. Bij vrouwen is de impact groter (gemiddeld 0,5% toename). Afhankelijk van de samenstelling van het fonds zal de toename minimaal 0,1% en maximaal 0,6% bedragen, bij een rekenrente van 3%.

Gegeven de huidige lage rente, vermelden we in tabel 8 ook ter indicatie de effecten bij een vaste rente van 1%. De rente is van invloed op het uiteindelijke effect vanwege de

langlopende verplichtingen. Bij een rekenrente van 1% zorgt de lage rente voor een extra toename van de impact.

Dekking	Mannen			Vrouwen		
	Jong	Gemiddeld	Oud	Jong	Gemiddeld	Oud
OP (65)	-0,1%	-0,1%	-0,2%	1,3%	1,1%	0,9%
NP	1,8%	1,5%	1,1%	-2,1%	-1,4%	-1,1%
OP+NP	0,4%	0,3%	0,3%	0,9%	0,7%	0,6%

**Tabel 8** Impact op voorzieningen (rekenrente 1%) voor modelportefeuilles van overgang van AG2014 naar AG2016 (verschil AG2016 minus AG2014 uitgedrukt in AG2014). De afzonderlijke percentages, zoals vermeld bij de pensioenvormen OP en NP, tellen niet op tot de percentages zoals vermeld bij de combinatie OP+NP. Dit komt omdat de voorzieningen van de afzonderlijke pensioenvormen verschillend zijn.

De voorbeeldfondsen bevatten een combinatie van rechten op ouderdomspensioenen en partnerpensioenen. In de tabellen 9, 10 en 11 wordt voor diverse leeftijden het effect op de voorziening voor deze afzonderlijke pensioenvormen weergegeven.

Ouderdomspensioenen (65 jaar)				
Leeftijd	Rekenrente 3 %		Rekenrente 1 %	
	Mannen	Vrouwen	Mannen	Vrouwen
25	-0,2%	1,5%	-0,2%	1,8%
45	-0,1%	1,1%	-0,1%	1,3%
65	-0,1%	0,2%	-0,1%	0,3%
85	-1,0%	-0,8%	-1,0%	-0,9%

Latent nabestaandenpensioenen (65 jaar)				
Leeftijd	Rekenrente 3 %		Rekenrente 1 %	
	Mannen	Vrouwen	Mannen	Vrouwen
25	3,2%	-6,0%	3,6%	-6,0%
45	2,5%	-2,4%	2,8%	-2,6%
65	1,2%	-0,1%	1,4%	-0,3%
85	0,1%	-0,8%	0,0%	-0,9%

Ingegaan nabestaandenpensioenen				
Leeftijd	Rekenrente 3 %		Rekenrente 1 %	
	Mannen	Vrouwen	Mannen	Vrouwen
25	0,3%	0,0%	0,6%	-0,1%
45	0,4%	-0,1%	0,6%	-0,1%
65	0,2%	-0,1%	0,3%	-0,1%
85	-0,8%	-1,0%	-0,9%	-1,0%

**Tabellen 9, 10 en 11** Impact op voorzieningen (rekenrente 3% en 1%) voor afzonderlijke pensioenvormen en leeftijden van overgang van AG2014 naar AG2016 (verschil AG2016 minus AG2014 uitgedrukt in procenten van AG2014)

Bij hogere pensioenleeftijden (bijvoorbeeld 67 jaar) zijn de effecten vrijwel gelijk aan die bij pensioenleeftijd 65 jaar.

## 9 TOEPASSINGEN VAN HET MODEL

**Het gebruik van een stochastisch model biedt mogelijkheden bij het analyseren van sterfterisico's. In het bijzonder is het mogelijk inzicht te krijgen in de variabiliteit van de waarde van de verplichtingen van verzekeringsportefeuilles.**

Doordat de Prognosetafel AG2016 is gebaseerd op een stochastisch model kan een uitspraak worden gedaan over de spreiding van toekomstige sterftekansens rondom de best estimate. In essentie extrapoleert het gebruikte model niet alleen sterfteontwikkelingen, maar ook de variabiliteit (volatiliteit) daarvan. Deze volatiliteit is daarmee representatief voor onzekerheid zoals die in het verleden optrad.

Het is van belang op te merken dat de gepresenteerde onzekerheidsintervallen in deze publicatie geen rekening houden met parameter- of modelonzekerheid. Dat wil zeggen, deze intervallen nemen het veronderstelde model en de geschatte parameters als uitgangspunt.

In dit hoofdstuk worden ter illustratie enkele mogelijke toepassingen van het stochastisch model genoemd. De vermelde resultaten in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op dezelfde modelportefeuilles als genoemd in hoofdstuk 8.

In de eerste toepassing beschouwen we de waarde van de verplichtingen voor alle mogelijke ontwikkelingen van toekomstige sterftekansens. Daar waar de best estimate waarde van de verplichtingen kan worden ingeschat door gebruik te maken van de best estimate sterftekansens, bekijken we alle mogelijke sterftekansontwikkelingen met hun waarschijnlijkheid zoals gegeven door het stochastische model. Dit geeft inzicht in de mogelijke toename van de totale uitloop van de verplichtingen in bijvoorbeeld het 95% kwantiel.

Een tweede toepassing betreft de stochastische verdeling van de best estimate portefeuillewaarde op een horizon van 1 jaar. Hierbij wordt alleen gekeken naar mogelijke schokken gedurende het eerste jaar en wordt vervolgens de best estimate gebruikt, dat wil zeggen: schokken in volgende jaren zijn op nul gezet. Deze toepassing laat zien wat in een jaar kan gebeuren en tot welke toename van de verplichtingen dit leidt.

Ten slotte laten wij een derde toepassing zien waarbij het stochastisch model wordt gebruikt om betrouwbaarheidsintervallen rond de levensverwachting te bepalen. Bij bovenstaande toepassingen wordt geen uitspraak gedaan over de gevolgen voor de berekening van buffers conform Solvency II. Het baseren van de hoeveelheid aan te houden kapitaal voor sterfterisico op uitsluitend de spreiding die uit het stochastisch model volgt, zou kunnen leiden tot een onderschatting van het benodigde kapitaal. Het stochastische model houdt immers geen rekening met parameteronzekerheid, noch met modelonzekerheid.

## 9.1 Simuleren waarde van de verplichtingen

De best estimate waarde van de verplichtingen is te verkrijgen door te veronderstellen dat toekomstige sterftetekansen zich ontwikkelen volgens de modelvergelijkingen uit appendix A, waarbij alle storingstermen op nul zijn gezet. Het is ook mogelijk scenario's te simuleren waarbij de storingstermen stochastisch worden gegenereerd door een multivariate normale verdeling.

Tabel 12 geeft als voorbeeld voor 10.000 van dergelijke scenario's, het gemiddelde en de kwantielen voor 95%, 97,5% en 99,5% voor de Voorziening Pensioen Verplichtingen (VPV). Hiervoor zijn de gemiddelde modelportefeuilles van mannen en vrouwen gebruikt bij een vaste rekenrente van 3% en 1%. De uitkomsten zijn uitgedrukt ten opzichte van de best estimate waarden.

Uitkomsten simulatie VPV (in verhouding tot best estimate) - Rente 3%						
	Mannen			Vrouwen		
	OP	NP	OP + NP	OP	NP	OP + NP
Standaard afwijking	2,2%	1,6%	1,3%	1,5%	2,0%	1,3%
<b>Kwantielen</b>						
50%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
95%	103,6%	102,6%	102,2%	102,5%	103,3%	102,1%
97,5%	104,2%	103,2%	102,5%	102,9%	104,0%	102,5%
99,5%	105,4%	104,2%	103,3%	103,9%	105,3%	103,3%

**Tabel 12** Resultaten simulatie voorzieningen 3% voor modelportefeuilles (mannen en vrouwen gemiddeld)

Bij 1% rekenrente is de spreiding in de resultaten groter.

Uitkomsten simulatie VPV (in verhouding tot best estimate) - Rente 1%						
	Mannen			Vrouwen		
	OP	NP	OP + NP	OP	NP	OP + NP
Standaard afwijking	2,7%	1,8%	1,7%	1,9%	2,6%	1,7%
<b>Kwantielen</b>						
50%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
95%	104,4%	102,9%	102,7%	103,1%	104,3%	102,7%
97,5%	105,2%	103,6%	103,2%	103,6%	105,2%	103,2%
99,5%	106,7%	104,7%	104,2%	104,7%	107,0%	104,2%

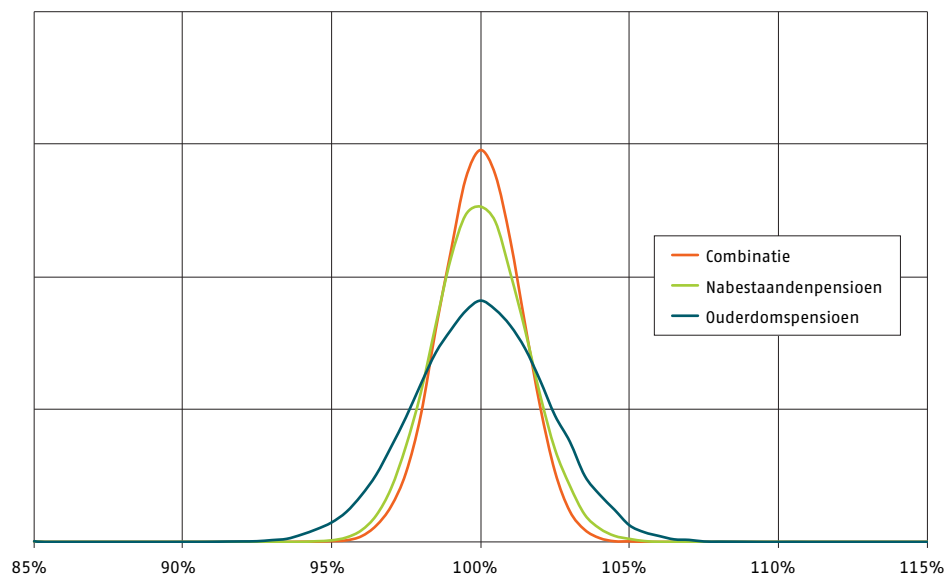
**Tabel 13** Resultaten simulatie voorzieningen 1% voor modelportefeuilles (mannen en vrouwen gemiddeld)

De verdeling die uit de simulaties voortvloeit lijkt sterk op een normale verdeling. Zoals uit bovenstaande tabellen blijkt, ligt de spreiding bij de afzonderlijke pensioenvormen een stuk hoger, vooral bij het ouderdomspensioen voor mannen en het nabestaandenpensioen voor vrouwen.

Simulaties bij de Prognosetafel AG2014 tonen voor het ouderdomspensioen een vergelijkbare spreiding, maar het nabestaandenpensioen levert een veel hogere standaardafwijking op: bij een rekenrente van 3% is deze gelijk aan 3,4% bij AG2014 tegenover 1,6% bij AG2016. Deze flinke verlaging houdt verband met het incalculeren van de correlatie tussen de sterfte van mannen en vrouwen in het AG2016-model. Aangezien de correlatie voor de Europese trend groot en positief is (rond 90%) ontstaan bij het simuleren compenserende effecten in de bepaling van de waarde van de VPV voor het nabestaandenpensioen.

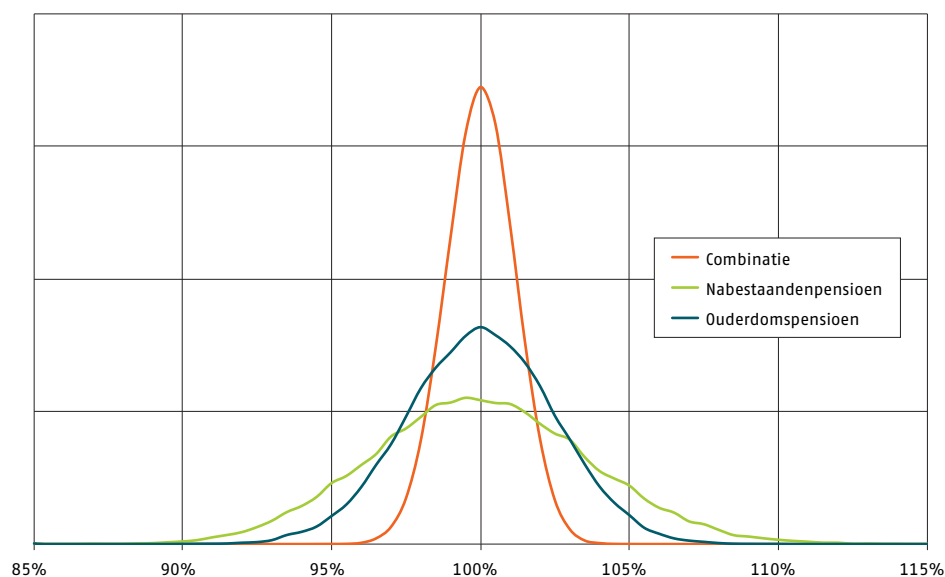
Ter illustratie staat in de grafieken 6 en 7 de verdeling van de gesimuleerde waarden voor OP, NP en de combinatie van beide pensioenvormen ten opzichte van de best estimate. Het gaat hier om de modelportefeuille mannen gemiddeld en een rekenrente van 3%. Grafiek 6 geeft de verdeling voor AG2016, grafiek 7 voor AG2014.

#### Verdeling VPV volgens AG2016



**Grafiek 6** Verdeling uitkomsten simulatie voorziening (rekenrente 3%) voor modelportefeuille mannen gemiddeld rondom de best estimate

#### Verdeling VPV volgens AG2014



**Grafiek 7** Verdeling uitkomsten simulatie voorziening (rekenrente 3%) voor modelportefeuille mannen gemiddeld rondom de best estimate volgens AG2014

## 9.2 Simuleren waarde best estimate over een jaar

Een alternatieve onzekerheidsmaatstaf ontstaat indien men is geïnteresseerd in de verdeling van de best estimate waarde van de portefeuille op een horizon van 1 jaar. Deze ontstaat door, na simulatie van de onzekerheid in het komende jaar (dat wil zeggen, simulatie van de storingstermen voor  $t=2016$ ), de best estimate voor 2017 uit te rekenen.

Alle storingstermen voor de jaren na 2016 worden hierbij dus op nul gezet. De resultaten hiervan staan vermeld in onderstaande tabel.

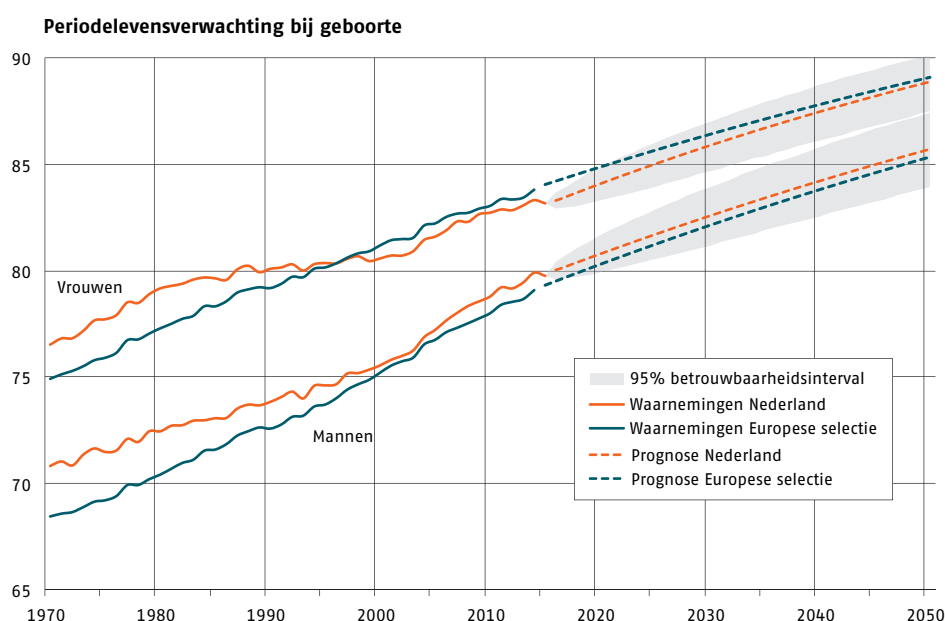
Eenjaarschok (in verhouding tot best estimate)				
	Mannen		Vrouwen	
	1%	3%	1%	3%
Standaard afwijking	0,4%	0,4%	0,4%	0,3%
<b>Kwantielen</b>				
50%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
95%	100,7%	100,6%	100,6%	100,5%
97,5%	100,8%	100,7%	100,7%	100,6%
99,5%	101,1%	101,0%	100,9%	100,8%

**Tabel 14** Resultaten éénjaars-simulatie voorzieningen (rekenrente 1% en 3%) voor modelportefeuilles (mannen en vrouwen gemiddeld)

Deze uitkomsten laten zien dat de spreiding bij een éénjaars-simulatie, zoals verwacht mag worden, veel lager ligt dan bij simulatie over alle jaren.

### 9.3 Simuleren van de levensverwachting

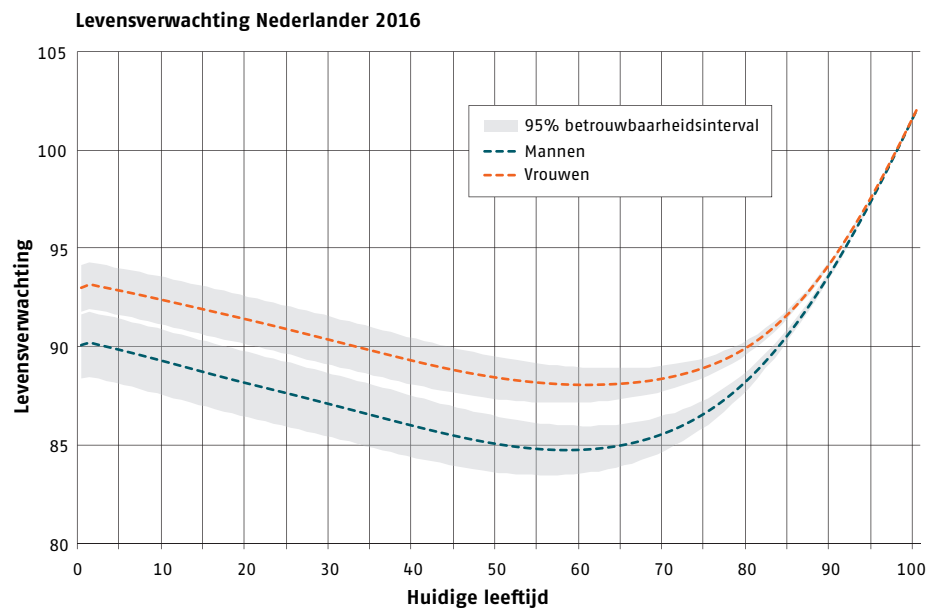
Ten slotte laten wij hier nog twee toepassingen van het stochastisch model zien waarbij de gesimuleerde scenario's worden gebruikt om de onzekerheid in de prognose van de levensverwachting weer te geven.



**Grafiek 8** Betrouwbaarheidsinterval rondom de best estimate van de periodelevensverwachting voor Nederlandse mannen en vrouwen

Grafiek 8 laat zien dat de onzekerheid in de prognose van de periodelevensverwachting, zoals verwacht, toeneemt naarmate de prognose verder in de toekomst ligt.

De hierna vermelde grafiek 9 toont de onzekerheid in de cohortlevensverwachting van Nederlandse mannen en vrouwen in 2016.



**Grafiek 9** Betrouwbaarheidsinterval rondom de best estimate van de cohortlevensverwachting voor Nederlandse mannen en vrouwen in 2016

Grafiek 9 laat zien dat de onzekerheid afneemt naarmate de leeftijd toeneemt. Dit komt omdat het aantal jaren waarvoor een inschatting wordt gemaakt afneemt naarmate de leeftijd toeneemt. Daarnaast is zichtbaar dat de levensverwachting eerst afneemt tot een leeftijd van circa 60 jaar en daarna toeneemt. Twee effecten spelen hier een rol. Iemand die ouder is heeft al een periode overleefd, waardoor de levensverwachting met het ouder worden toeneemt. Daarnaast zal iemand die jonger is juist meer profiteren van verwachte toekomstige sterfteverbeteringen.

Merk op dat we in de getoonde betrouwbaarheidsintervallen alleen onzekerheid in toekomstige sterftekansen meenemen en niet kijken naar een enkel individu. Omdat de sterftekansen voor (bijvoorbeeld) een 90-jarige maar heel weinig veranderen in de tijd, zien we nauwelijks verschillen voor zijn of haar verwachte leeftijd bij overlijden wanneer we allerlei mogelijke toekomstscenario's simuleren met ons model. Maar dat betekent uiteraard niet dat het moment van overlijden voor een individuele 90-jarige nu al vaststaat. Weinig onzekerheid in sterftekansen boven die leeftijd impliceert immers niet dat er weinig onzekerheid is over het daadwerkelijke moment van overlijden voor een enkel individu.

# APPENDICES





# APPENDIX A

## Prognosemodel AG2016

### Technische beschrijving

#### 1 Definities

De prognosetafel geeft per geslacht voor leeftijden  $x \in X := \{0, 1, 2, \dots, 120\}$  en jaren  $t \in T := \{2016, 2017, \dots, 2066\}$  de best estimate voor de éénjarige sterftekans  $q_x(t)$ . Dat is de kans dat iemand die op 1 januari van jaar  $t$  leeft en op 1 januari van jaar  $t - x$  geboren werd, op 1 januari van jaar  $t + 1$  gestorven zal zijn. Het model stelt de gebruiker overigens in staat ook voor de jaren na 2066 een prognose op te stellen.

De sterftekans worden niet direct gemodelleerd; in plaats daarvan specificeren we de bijbehorende force of mortality (of 'hazard rate')  $\mu_x(t)$ . We veronderstellen dat  $\mu_{x+s}(t+s) = \mu_x(t)$  voor alle  $0 \leq s < 1$ . Hieruit volgt

$$q_x(t) = 1 - e^{-\int_0^1 \mu_{x+s}(t+s) ds} = 1 - e^{-\mu_x(t)}.$$

Elk dynamisch model dat wordt beschreven in termen van de force of mortality  $\mu_x(t)$  kan dus met bovenstaande formule omgeschreven worden in termen van éénjarige sterftekans.

#### 2 Dynamisch model

Voor leeftijden tot en met 90 jaar,  $(x, t) \in \bar{X} \times T$  met  $\bar{X} = \{0, 1, 2, \dots, 90\}$ , wordt het Li-Lee<sup>1</sup> model gebruikt voor beide geslachten  $g \in \{M, V\}$ :

$$\ln(\mu_x^g(t)) = \ln(\mu_x^{g,EU}(t)) + \ln(\mu_x^{g,NL}(t))$$

$$\ln(\mu_x^{g,EU}(t)) = A_x^g + B_x^g K_t^g$$

$$\ln(\mu_x^{g,NL}(t)) = \alpha_x^g + \beta_x^g \kappa_t^g$$

<sup>1</sup> Li, N. and Lee, R. (2005) Coherent Mortality Forecasts for a Group of Populations: An Extension of the Lee-Carter Method. *Demography* 42(3), pp. 575-594.

met een dynamica die voor elk geslacht, leeftijd  $x \in \bar{X}$  en jaren  $t \geq 2016$  gegeven wordt door de tijdreeksen

$$K_t^g = K_{t-1}^g + \theta^g + \epsilon_t^g$$

$$\kappa_t^g = \alpha^g \kappa_{t-1}^g + \delta_t^g$$

Hierin is  $\mu_x^g(t)$  de force of mortality voor de Nederlandse bevolking (met geslacht  $g$ ),  $\mu_x^{g,EU}(t)$  de force of mortality voor een peer group van West-Europese landen en  $\mu_x^{g,NL}(t)$  het quotiënt van die twee (i.e. de Nederlandse afwijking ten opzichte van de peer group). Dit betekent dat een random walk met drift model verondersteld wordt voor de tijdreeks van de peer group en een eerste orde autoregressief model, zonder constante term, voor de tijdreeks van de Nederlandse afwijking.

De stochastische variabelen  $Z_t = (\epsilon_t^M, \delta_t^M, \epsilon_t^V, \delta_t^V)$  zijn onafhankelijk en identiek verdeeld (i.i.d.) en hebben een vierdimensionale normale verdeling met gemiddelde  $(0,0,0,0)$  en gegeven  $4 \times 4$  covariantiematrix  $C$ .

### 3 Sluiting van de tafel

Voor leeftijden boven de 90 jaar,  $(x, t) \in \bar{X} \times T$  met  $\bar{X} = \{91, 92, \dots, 120\}$ , wordt de sluitingsmethode van Kannistö gebruikt die gebaseerd is op een logistische regressie aan de hand van de tafel voor leeftijden  $y \in X^{Kan} = \{80, 81, \dots, 90\}$ . Het aantal leeftijden  $y_k$  waar de regressie op gebaseerd wordt is dus  $n = 11$ , het gemiddelde van die leeftijden is  $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k = 85$  en de kwadraatsom van de afwijking is  $\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2 = 110$ .

Sluiting middels Kannistö betekent dat voor  $x \in \bar{X}$

$$\mu_x(t) = L \left( \sum_{k=1}^n w_k(x) L^{-1} \left( \mu_{y_k}(t) \right) \right).$$

Hierbij zijn  $L$  en  $L^{-1}$  respectievelijk de logistische en inverse logistische functies

$$L(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}, \quad L^{-1}(x) = -\ln \left( \frac{1}{x} - 1 \right),$$

en de regressiegewichten worden gegeven door

$$w_k(x) = \frac{1}{n} + \frac{(y_k - \bar{y})(x - \bar{y})}{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2} = \frac{1}{11} + \frac{(y_k - 85)(x - 85)}{110}$$

Wanneer een sterftkans nodig is voor een leeftijd groter dan 120, dan wordt die gelijk verondersteld aan de sterftkans voor leeftijd 120.

## 4 Best estimates voor sterftekansen en levensverwachting

Omdat we de *best estimates* voor toekomstige waarden van de tijdreeksen identificeren met de *most likely* uitkomsten, komen die overeen met de reeksen voor  $K_t^g$  en  $\kappa_t^g$  die verkregen worden door voor alle  $t$  de waarden  $(\epsilon_t^M, \delta_t^M, \epsilon_t^V, \delta_t^V) = (0, 0, 0, 0)$  in te vullen. De covariantiematrix  $C$  is dus niet nodig om deze best estimates te genereren, maar wel om simulaties uit te kunnen voeren die kunnen helpen om de onzekerheid rondom de best estimates in kaart te brengen.

Als we de resterende levensverwachting van iemand willen bepalen op 1 januari van jaar  $t$  onder de aanname dat die persoon op 1 januari van jaar  $t - x$  geboren werd (met  $x \in X$  en  $t \in T$ ) en aannemen dat iemand die binnen een kalenderjaar sterft gemiddeld nog de helft van dat kalenderjaar in leven is, dan vinden we voor die zogenaamde *cohort-levensverwachting*:

$$e_x^{coh}(t) = \frac{1}{2} + \sum_{k=0}^{\infty} \prod_{s=0}^k (1 - q_{x+s}(t+s)).$$

Merk op dat we volgens bovenstaande formule "diagonaal door de prognosetafel lopen". De kans dat de persoon op tijdstip  $t + k$  nog leeft is immers het product van overlevingskansen  $1 - q_{x+s}(t+s)$  voor alle jaren  $s$  tussen 0 en  $k$  waarbij ieder jaar de persoon niet alleen een jaar ouder wordt, maar we ook telkens met een nieuwe kolom in de sterftetafel te maken krijgen. Dit laatste effect wordt niet meegenomen in de *periodelevensverwachting*:

$$e_x^{per}(t) = \frac{1}{2} + \sum_{k=0}^{\infty} \prod_{s=0}^k (1 - q_{x+s}(t))$$

die suggereert dat de sterftekansen van vandaag (tijdstip  $t$ ) niet meer zullen veranderen in de tijd. Dit leidt tot een verkeerd beeld van de levensverwachting en hoewel deze periodelevensverwachting vaak nog aangeduid wordt met "de levensverwachting" is dat onjuist.

## 5 Gebruikte dataset voor kalibratie

De parameterwaarden in bovenstaand model zijn bepaald met behulp van maximum likelihood. Daarbij is gebruik gemaakt van sterftecijfers en exposures in de West-Europese landen en in Nederland. Steeds is aangenomen dat voor gegeven exposures  $E_{x,t}$  de geobserveerde sterftegevallen  $D_{x,t}$  een Poissonverdeling hebben<sup>2</sup> en dat de verwachting van  $D_{x,t}/E_{x,t}$  gelijk is aan de te modelleren force of mortality  $\mu_x(t)$ . We onderdrukken in deze paragraaf het geslacht en de aanduidingen EUR/NL in de notatie.

<sup>2</sup> Brouhns, N., Denuit, M. and Vermunt, J.K. (2002) A Poisson log-bilinear regression approach to the construction of projected lifetables. *Insurance: Mathematics and Economics* 31, pp. 373-393.

Onderstaande tabel geeft per geografisch gebied en per jaar aan welke gegevensbron gehanteerd is als input voor het AG2016 model.

GEO		2009	2010	2011	2012	2013	2014	HMD-version
AUS	Austria	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	2015.09.02
BEL	Belgium	HMD	HMD	HMD	HMD	EUROS	EUROS	2014.01.30
DNK	Denmark	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	2015.11.16
FIN	Finland	HMD	HMD	HMD	HMD	EUROS	EUROS	2015.01.09
FRA	France (metropolitan)	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	2016.05.02
GER	Germany (until 1990 former territory of the FRG)	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	EUROS	2016.04.20
ICE	Iceland	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	EUROS	2015.06.22
IRE	Ireland	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	2015.11.20
LUX	Luxembourg	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	2015.10.19
NED	Netherlands	HMD	HMD	HMD	HMD	EUROS	EUROS	2015.07.20
NOR	Norway	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	2015.08.28
SWE	Sweden	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	2015.09.02
SWI	Switzerland	HMD	HMD	HMD	EUROS	EUROS	EUROS	2014.01.27
UNK	United Kingdom	HMD	HMD	HMD	HMD	HMD	EUROS	2015.07.29

De data van de Human Mortality Database (HMD) is voor jaren na 2011 soms aangevuld met gegevens uit de Eurostat database<sup>3</sup> (EUROS). Voor de Nederlandse data in 2015 is gebruik gemaakt van de CBS database<sup>4</sup> (Statline). In de laatste twee databases vinden we per geslacht de benodigde sterfteaantallen maar niet de exposures. Die kunnen echter afgeleid worden uit andere grootheden die wel gegeven worden:

- $P_{x,t}$  : de bevolking op 1 januari van jaar  $t$  met een leeftijd tussen  $x$  en  $x + 1$
- $C_{x,t}$  : het aantal mensen dat overleden is binnen jaar  $t$ , die op 31 december van jaar  $t$  tussen  $x$  en  $x+1$  jaar oud zouden zijn.

Omzetting naar exposures vindt plaats met behulp van de methode die vastgelegd is in het protocol<sup>5</sup> van de Human Mortality Database. Dit geeft voor  $x > 0$ :

$$E_{x,t} = \frac{1}{2}(P_{x,t} + P_{x,t+1}) + \frac{1}{6}\left(\frac{1}{2}C_{x,t} - \frac{1}{2}C_{x+1,t}\right),$$

en voor  $x = 0$ :

$$E_{0,t} = \frac{1}{2}(P_{0,t} + P_{0,t+1}) + \frac{1}{6}\left(C_{0,t} - \frac{1}{2}C_{1,t}\right).$$

<sup>3</sup> demo\_pjan (bevolking P) gedownload op 03.03.2016 via <http://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-data/database>  
en demo\_mager (sterfte C) / demo\_magec (sterfte D) gedownload op 18.03.2016 via:  
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/deaths-life-expectancy-data/database>

<sup>4</sup> Definitieve sterftcijfers 2015, zie <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=37168&D1=a&D2=1-2&D3=0%2c56-162&D4=0&D5=60-64&HDR=G3%2cT%2cG1&STB=G2%2cG4&VW=T>

## 6 Kalibratiemethode

De volgende 3 stappen worden separaat doorlopen voor de beide geslachten  $g \in \{M, V\}$ :

- We nemen de exposures  $E_{x,t}^{g,EU}$  en geobserveerde sterftes  $D_{x,t}^{g,EU}$  voor de relevante West-Europese landen, met  $x \in X^o := \{0,1, \dots, 90\}$  en  $t \in T^o := \{1970, 1971, \dots, 2014\}$ . Het betreft steeds de som van alle exposures en de som van alle sterftegevallen in de betreffende landen, inclusief Nederland. De parameters  $A_x^g$ ,  $B_x^g$  en  $K_t^g$  zijn vervolgens zo bepaald dat de Poisson-likelihoodfunctie voor de geobserveerde sterftes zo groot mogelijk is bij de gegeven exposures:

$$\max_{\{A_x^g, B_x^g, K_t^g\}} \prod_{x \in X^o} \prod_{t \in T^o} \frac{(E_{x,t}^{g,EU} \mu_x^{g,EU}(t))^{D_{x,t}^{g,EU}} \exp(-E_{x,t}^{g,EU} \mu_x^{g,EU}(t))}{D_{x,t}^{g,EU}!}$$

met  $\mu_x^{g,EU}(t) = e^{A_x^g + B_x^g K_t^g}$ . Om een unieke specificatie van de drie vectoren te krijgen normaliseren we door te eisen dat de som van de elementen van  $K_t^g$  over  $t \in T^o$  gelijk is aan 0 en de som van de elementen van  $B_x^g$  over  $x \in X^o$  gelijk is aan 1.

- Niet voor alle relevante landen zijn gegevens na 2014 beschikbaar. Daarom zijn de waarden van  $K_t^g$  in de vorige stap bepaald tot en met 2014. Vervolgens wordt lineair geëxtrapoleerd voor 2015:

$$K_{2015}^g = K_{2014}^g + \frac{K_{2014}^g - K_{1970}^g}{2014 - 1970}.$$

- De maximum likelihood methode wordt nu toegepast op de Nederlandse data om  $\alpha_x^g$ ,  $\beta_x^g$  en  $\kappa_t^g$  te bepalen, middels

$$\max_{\{\alpha_x^g, \beta_x^g, \kappa_t^g\}} \prod_{x \in X^o} \prod_{t \in T^*} \frac{(E_{x,t}^{g,NL} \mu_x^{g,NL}(t))^{D_{x,t}^{g,NL}} \exp(-E_{x,t}^{g,NL} \mu_x^{g,NL}(t))}{D_{x,t}^{g,NL}!}$$

met  $\mu_x^{g,NL}(t) = \mu_x^{g,EU}(t) e^{\alpha_x^g + \beta_x^g \kappa_t^g}$ ,  $T^* := \{1970, 1971, \dots, 2015\}$  (dus nu inclusief het jaar 2015) en  $X^o = \{0,1, \dots, 90\}$  zoals eerder. Opnieuw wordt genormaliseerd door de som van elementen in  $\kappa_t^g$  over  $t \in T^*$  en  $\beta_x^g$  over  $x \in X^o$  respectievelijk 0 en 1 te laten zijn.

In een vierde en laatste stap wordt gebruik gemaakt van de vier tijdreeksen  $\{(K_t^M, \kappa_t^M, K_t^V, \kappa_t^V) \mid t \in T^*\}$  om de parameters  $(\theta^M, \theta^V, a^M, a^V)$  en de matrix  $C$  te schatten. Onder de gemaakte aanname dat de variabelen  $Z_t = (\epsilon_t^M, \delta_t^M, \epsilon_t^V, \delta_t^V)$  onafhankelijk en identiek verdeeld zijn en een vierdimensionale normale verdeling hebben met gemiddelde  $(0,0,0,0)$  en covariantiematrix  $C$ , kiezen we de schatters voor  $(\theta^M, \theta^V, a^M, a^V)$  en  $C$  zodanig<sup>5</sup> dat de likelihood voor deze tijdreeksen gemaximaliseerd wordt.

## 7 Simulatie van de tijdreeksen

Om scenario's voor de tijdreeksen  $Z_t = (\epsilon_t^M, \delta_t^M, \epsilon_t^V, \delta_t^V)$  te kunnen simuleren moeten trekkingen uit een normale verdeling met gemiddelde  $(0,0,0,0)$  en covariantiematrix  $C$  gegenereerd worden. Dat kan door een (rij-) vector  $\tilde{Z}_t$  met vier onafhankelijke standaard normaal verdeelde variabelen te vermenigvuldigen met een matrix  $H$  die voldoet aan  $H^T H = C$  dus middels  $Z_t = \tilde{Z}_t H$ . In de lijst met parameters in de publikatie en de bijbehorende Excel spreadsheet is daarom naast de covariantiematrix  $C$  ook een Cholesky-matrix  $H$  opgenomen.

<sup>5</sup> Zie <http://www.mortality.org/Public/Docs/MethodsProtocol.pdf>

<sup>6</sup> De werkgroep heeft hiervoor gebruik gemaakt van het R package `systemfit` met de opties `method="SUR"` en `methodResidCov="noDfCor"`.

# Parameterwaarden

MALES

x	A(x)	B(x)	alpha(x)	beta(x)	t	K(t)	kappa(t)
0	-4.854513814	0.021401357	-0.123429867	0.062285470	1970	39.109469702	-3.883472575
1	-7.416408075	0.018698978	0.041589037	-0.045501608	1971	37.804007088	-3.689473913
2	-7.872629175	0.019988772	0.082908728	-0.004790395	1972	37.606834110	-3.088646159
3	-8.106919482	0.021238101	0.037222458	-0.018113734	1973	36.108393967	-3.563365869
4	-8.305634968	0.022439864	-0.010594875	-0.020872383	1974	34.413558958	-3.916827592
5	-8.402443717	0.022900772	0.035396585	0.004091624	1975	34.442731439	-2.829503715
6	-8.485696917	0.023000813	-0.014791543	-0.015995762	1976	33.241676776	-2.632274611
7	-8.547634202	0.022983436	0.004221245	-0.005773917	1977	28.846512242	-3.191064496
8	-8.584064455	0.021266194	-0.012880147	-0.024336715	1978	29.382432491	-2.511218452
9	-8.631899435	0.020452143	-0.069807039	-0.028470191	1979	27.240269378	-2.770304097
10	-8.663993977	0.019790312	0.014254973	0.006190819	1980	25.677608507	-2.259921154
11	-8.602140684	0.018011498	-0.073324563	-0.029309510	1981	24.099099013	-1.955833967
12	-8.525435356	0.016446286	-0.009428700	-0.001911835	1982	21.904094677	-1.642478987
13	-8.401466649	0.015986882	-0.008723901	0.013835623	1983	21.204792974	-1.425191077
14	-8.183292624	0.015086990	-0.130568020	0.008191036	1984	17.682089052	-0.829269525
15	-7.923374220	0.014888774	-0.184827924	-0.023497586	1985	17.963437359	-0.655112850
16	-7.539271118	0.015700624	-0.110659644	0.003410208	1986	15.618654538	-0.240018012
17	-7.259500250	0.015581930	-0.294356740	-0.015257150	1987	11.835913353	-0.364353375
18	-6.953753920	0.013650799	-0.453941929	-0.027116761	1988	9.934101799	0.036851466
19	-6.888506126	0.013047872	-0.401415280	-0.010303221	1989	8.552356191	0.725147870
20	-6.872598571	0.011933034	-0.409933308	-0.007501001	1990	8.639856762	0.378527068
21	-6.867762463	0.011278407	-0.392733416	-0.009757875	1991	6.672928069	0.461512883
22	-6.881323273	0.010575988	-0.427126022	-0.010415067	1992	3.725721178	0.620918069
23	-6.893468989	0.009344589	-0.385506676	0.000169240	1993	3.851562967	1.643421209
24	-6.914067413	0.008682319	-0.387724378	0.012388880	1994	-0.435428974	1.177424186
25	-6.916818394	0.008056558	-0.391094161	0.001097165	1995	-0.685967045	1.494630310
26	-6.909065783	0.007695420	-0.391304482	0.011785081	1996	-3.095375765	1.933717800
27	-6.898779009	0.007719334	-0.438252719	0.001811097	1997	-6.597667409	1.736783081
28	-6.878653574	0.007496332	-0.400364910	0.010397992	1998	-8.649673020	2.015736433
29	-6.846342313	0.007566716	-0.385143398	0.013692716	1999	-10.716355488	2.196287119
30	-6.813216022	0.007562762	-0.410780686	0.015924313	2000	-14.181083692	2.466667196
31	-6.775299393	0.007422444	-0.387486462	0.020672874	2001	-17.467956092	2.526553810
32	-6.732390111	0.007380525	-0.385315197	0.018086688	2002	-19.178095019	2.783751217
33	-6.683312956	0.007742036	-0.382327053	0.016398758	2003	-20.686033304	2.575354866
34	-6.624405892	0.007602859	-0.399808835	0.030445839	2004	-26.808176592	2.241138184
35	-6.558555862	0.007787552	-0.372858737	0.014069428	2005	-28.776536242	2.357243113
36	-6.488025462	0.007911510	-0.384571183	0.005387800	2006	-32.569199894	2.031531976
37	-6.414576626	0.008300872	-0.381653476	0.021977299	2007	-34.819661433	1.725460519
38	-6.332101636	0.008223934	-0.381389846	0.012536015	2008	-36.917963070	1.290819038
39	-6.244340692	0.008347056	-0.371534166	0.017705389	2009	-39.307072542	1.194094416
40	-6.151810920	0.008518005	-0.376937074	0.013250056	2010	-41.704318211	1.063495835
41	-6.063845100	0.008633836	-0.366999929	0.010601832	2011	-45.740402987	0.930415343
42	-5.968181657	0.008842277	-0.353027230	0.014370293	2012	-46.699981474	1.202492669
43	-5.872452541	0.008842899	-0.339435729	0.008272978	2013	-47.984342894	0.783447140
44	-5.778900356	0.008898818	-0.323841389	0.002089459	2014	-52.536811442	0.431992786
45	-5.677991454	0.008876768	-0.324761955	-0.007932574	2015	-54.619681468	1.422914823
46	-5.583849949	0.008893809	-0.318092114	-0.006715723			
47	-5.487341306	0.008834624	-0.293792454	0.001631614			
48	-5.393056274	0.008801683	-0.282091967	-0.004629473			
49	-5.294013205	0.008852300	-0.278722732	-0.003498166			
50	-5.192509898	0.009001964	-0.268480237	-0.003228961			
51	-5.101931538	0.008783723	-0.252454096	-0.007451941			
52	-5.006969777	0.008831277	-0.238992271	-0.008604773			
53	-4.915375763	0.008821474	-0.221803405	-0.013093265			
54	-4.819312633	0.008878192	-0.216446734	-0.016335138			
55	-4.728089026	0.008997868	-0.191650668	-0.011561798			
56	-4.638657441	0.009096313	-0.185472340	-0.012067663			
57	-4.544998823	0.009244968	-0.159655683	-0.010906614			

theta	a
-2.126867912	0.979821003

58	-4.454957717	0.009361990	-0.149372726	-0.006356157
59	-4.364852276	0.009443194	-0.150173379	-0.007689456
60	-4.267977956	0.009661508	-0.126712564	-0.005761876
61	-4.179116672	0.009806304	-0.119789481	-0.004172586
62	-4.087089169	0.010049817	-0.104150613	-0.000701633
63	-3.996428302	0.010274799	-0.085593769	0.004812334
64	-3.904959146	0.010431997	-0.078062944	0.008863924
65	-3.810573585	0.010614956	-0.064983724	0.012157689
66	-3.723210800	0.010647710	-0.051098838	0.014678558
67	-3.630290456	0.010859800	-0.042280229	0.016431377
68	-3.536810714	0.010905880	-0.033754351	0.019831472
69	-3.444840094	0.010901526	-0.028092489	0.025165352
70	-3.349446772	0.010977585	-0.027688993	0.029170506
71	-3.256671862	0.010858791	-0.018732439	0.031785628
72	-3.159435741	0.010808519	-0.011708037	0.034136874
73	-3.065295908	0.010744038	-0.007254631	0.038640832
74	-2.968813574	0.010571509	-0.004734373	0.040157958
75	-2.873522735	0.010376052	-0.000364556	0.042048691
76	-2.777931708	0.010106486	0.005837844	0.043370005
77	-2.681737498	0.009748809	0.005467183	0.045667756
78	-2.584954932	0.009408364	0.008381185	0.049502276
79	-2.488296112	0.009139180	0.006902039	0.050496524
80	-2.384594638	0.008821070	0.001767118	0.052506203
81	-2.287413831	0.008296140	0.003163767	0.053315092
82	-2.188367659	0.007904089	-0.008748114	0.053332783
83	-2.091079252	0.007509785	-0.006904480	0.053733361
84	-1.994139395	0.007157523	-0.006604568	0.053398665
85	-1.898597137	0.006692533	-0.008214906	0.047733342
86	-1.800474177	0.006273968	-0.008208623	0.047460977
87	-1.708079548	0.005840919	-0.011380393	0.047076694
88	-1.616272645	0.005429071	-0.006724054	0.047374397
89	-1.526227492	0.004912227	-0.014801732	0.045692744
90	-1.430378098	0.004620422	-0.018823417	0.048322904

FEMALES

x	A(x)	B(x)	alpha(x)	beta(x)	t	K(t)	kappa(t)
0	-5.095384592	0.021134486	-0.106796734	0.027898477	1970	42.654778024	-5.434900009
1	-7.572558191	0.019169576	0.066036702	-0.005995380	1971	40.737949509	-5.320377053
2	-8.115251749	0.020005929	0.020225934	-0.003470595	1972	39.577317803	-4.647933679
3	-8.359609710	0.020339056	-0.017701941	-0.003574217	1973	37.925743368	-6.769518936
4	-8.553501368	0.020593304	0.024406961	0.008487920	1974	35.650134781	-7.819180234
5	-8.684405817	0.020915551	-0.044899983	-0.001698267	1975	34.952542260	-7.315706241
6	-8.747095790	0.020278787	-0.084200117	0.006184791	1976	33.283621832	-7.820539532
7	-8.855006494	0.020493617	-0.051643342	-0.000035474	1977	27.356678691	-8.065565241
8	-8.899546555	0.018467294	-0.072316500	-0.007356212	1978	27.410188026	-8.015741267
9	-8.942838926	0.017787777	-0.030538173	0.002508543	1979	24.963509972	-8.816456291
10	-8.960761534	0.016493461	-0.011983707	0.010884369	1980	22.850667083	-8.975120049
11	-8.945835406	0.015192359	0.067381622	0.002187301	1981	21.610815870	-9.018240235
12	-8.871753273	0.014609004	0.100107140	0.006783753	1982	19.250490274	-8.198668540
13	-8.787954154	0.013190747	0.109818699	0.002144432	1983	18.300639789	-9.284020030
14	-8.621070942	0.013417947	-0.022032636	0.008353772	1984	13.751011411	-6.092290606
15	-8.409074083	0.013757027	-0.093864714	0.008064974	1985	14.359360087	-6.041210841
16	-8.209167390	0.014069740	-0.116235642	0.011632319	1986	11.993655254	-4.473272317
17	-8.094526094	0.013580972	-0.176518811	0.010319859	1987	7.421078194	-5.031882669
18	-7.937844651	0.012092145	-0.280728375	0.001438726	1988	5.899360197	-4.219990804
19	-7.924944612	0.011312945	-0.263473540	0.007995417	1989	5.078551139	-2.182336636
20	-7.933065461	0.011215342	-0.243898033	0.003424087	1990	5.853156407	-3.782656261
21	-7.946534205	0.011107473	-0.204878968	0.007306089	1991	3.747650191	-2.637121798
22	-7.948525450	0.010730690	-0.207468477	0.006321221	1992	0.278840671	-1.404631420
23	-7.941315037	0.010624692	-0.196808896	0.004578473	1993	0.920641084	0.797534078
24	-7.925150269	0.010683452	-0.224242308	0.004086052	1994	-3.545399316	1.492640162
25	-7.891601564	0.010591151	-0.153092430	0.008301143	1995	-3.864668779	1.408178276
26	-7.847814633	0.009944141	-0.195339604	0.006722715	1996	-5.635773672	2.780660861

27	-7.806792926	0.010016257	-0.161360308	0.011059262
28	-7.758365688	0.009879465	-0.134326625	0.007381332
29	-7.697515905	0.009849061	-0.108504625	0.010708816
30	-7.627869649	0.010201344	-0.126621210	0.009626818
31	-7.568237488	0.009894126	-0.097171942	0.005783553
32	-7.486114099	0.010065277	-0.126489997	0.003452868
33	-7.400325066	0.009718252	-0.087422909	0.007094661
34	-7.319080863	0.009597070	-0.094913496	0.010916067
35	-7.228610179	0.009575769	-0.116068444	0.009822022
36	-7.144077912	0.009704955	-0.109692865	0.012873773
37	-7.058578373	0.009462939	-0.129721822	0.014847551
38	-6.964793775	0.009258721	-0.115826733	0.012168124
39	-6.866833036	0.009060294	-0.111367689	0.009908408
40	-6.773832588	0.009337907	-0.087396269	0.013301519
41	-6.677008218	0.008847546	-0.097559369	0.015633934
42	-6.578886323	0.008898515	-0.079743921	0.012788904
43	-6.475333321	0.008892379	-0.075099997	0.010153089
44	-6.383468988	0.008784903	-0.077798960	0.015859547
45	-6.286848824	0.008608726	-0.069874127	0.013266432
46	-6.190290589	0.008434501	-0.041343880	0.015769880
47	-6.094596407	0.008473118	-0.041019270	0.016897247
48	-6.001390172	0.008577869	-0.038994811	0.015267984
49	-5.911042706	0.008505658	-0.044420060	0.014822150
50	-5.816421990	0.008368994	-0.075808662	0.016672847
51	-5.738341239	0.008098696	-0.038532121	0.015366815
52	-5.648628351	0.008215330	-0.032123484	0.015607984
53	-5.573343415	0.008076842	-0.052422564	0.016131715
54	-5.491617718	0.008056338	-0.042264229	0.015812323
55	-5.409037752	0.007992167	-0.052661117	0.016352832
56	-5.329676503	0.008101385	-0.036752823	0.015269113
57	-5.243731387	0.008150139	-0.041085085	0.014896857
58	-5.160208977	0.008379966	-0.041478817	0.017948571
59	-5.075804747	0.008375143	-0.043457152	0.015993241
60	-4.980491670	0.008476488	-0.041702946	0.017479674
61	-4.897242105	0.008484888	-0.031270260	0.017057398
62	-4.807816430	0.008801129	-0.053494837	0.017069676
63	-4.719273027	0.009033647	-0.040958528	0.015682525
64	-4.624279566	0.009323589	-0.047323488	0.016515395
65	-4.529001443	0.009566116	-0.047272300	0.016293134
66	-4.435094272	0.009698433	-0.047707077	0.016065086
67	-4.337182116	0.010013999	-0.042922240	0.014631356
68	-4.236327406	0.010148170	-0.034136935	0.015365680
69	-4.130284493	0.010402772	-0.048577090	0.016942745
70	-4.023015240	0.010636719	-0.049477580	0.015875737
71	-3.918368544	0.010821323	-0.039351658	0.016361468
72	-3.802016944	0.010939462	-0.053641169	0.014952812
73	-3.689682756	0.011101495	-0.047908964	0.015025653
74	-3.574239088	0.011166550	-0.048363096	0.014463660
75	-3.456508675	0.011170084	-0.048862779	0.014417757
76	-3.336478088	0.011066147	-0.050146669	0.013738859
77	-3.219607643	0.011002468	-0.039807354	0.013787499
78	-3.098838801	0.010805309	-0.041899618	0.013620429
79	-2.976015250	0.010571294	-0.043753282	0.012894943
80	-2.847865152	0.010254395	-0.039159534	0.012982729
81	-2.726635706	0.009869394	-0.032898670	0.012569863
82	-2.602036803	0.009566034	-0.033107058	0.012515722
83	-2.479352964	0.009167886	-0.032165824	0.012482557
84	-2.358714190	0.008812349	-0.030013712	0.011773850
85	-2.240634205	0.008220942	-0.029553196	0.011327402
86	-2.122396598	0.007805958	-0.022219611	0.011806520
87	-2.008942576	0.007196230	-0.016864770	0.011459865
88	-1.897345347	0.006721897	-0.016466267	0.010561700
89	-1.786285655	0.006170576	-0.009334652	0.009754873
90	-1.679261406	0.005725936	-0.011361765	0.011572909

1997	-8.462778982	3.234251516
1998	-10.385795747	4.140247515
1999	-11.430078603	6.019143224
2000	-14.701569392	7.492071484
2001	-17.439822747	8.472814641
2002	-17.772681326	8.699243613
2003	-18.255926083	7.463859387
2004	-25.312653424	8.599434009
2005	-26.338791770	7.500314490
2006	-29.801608302	8.199118601
2007	-31.766412605	6.235354874
2008	-32.356210435	6.735884240
2009	-34.876065008	5.427175127
2010	-36.716065612	6.322531936
2011	-40.574811187	7.653526255
2012	-39.801894743	7.557413282
2013	-40.994895527	6.672539292
2014	-45.794708654	7.441504124
2015	-47.804924260	10.909919702

theta	a
-2.066106715	0.976361615



epsilon male    delta male    epsilon female    delta female

C

2.035241381	0.273354741	2.238406941	-0.507043787
0.273354741	0.180446685	0.284892711	0.315588744
2.238406941	0.284892711	2.920278366	-0.454564892
-0.507043787	0.315588744	-0.454564892	1.674923636

epsilon male  
delta male  
epsilon female  
delta female

H

1.426618863	0.191610211	1.569029401	-0.355416432
0	0.379120314	-0.041541809	1.012053820
0	0	0.675795370	0.214763956
0	0	0	0.691539084

epsilon male  
delta male  
epsilon female  
delta female

# APPENDIX B

## Modelportefeuille

De modelportefeuilles kennen geen andere pensioenvormen dan levenslang oudedagspensioen en levenslang nabestaandenpensioen. Er zijn zes modelportefeuilles met onderscheid in jong/gemiddeld/oud en man/vrouw. Alleen veelvouden van 10 jaar zijn als leeftijden van deelnemers, gepensioneerden en nabestaanden opgenomen.

Het gemiddelde bestand is gedefinieerd als het gemiddelde tussen jong en oud. Bij mannen staan de rechten die voortkomen uit mannelijke deelnemers (dus inclusief de weduwen) en bij vrouwen staan de rechten die voortkomen uit vrouwelijke deelnemers (dus inclusief de weduwnaars).

De gewogen gemiddelde leeftijd voor de verschillende categorieën is weergegeven in tabel 15.

	Jong	Gemiddeld	Oud
<b>Mannen</b>			
Actieven en slapers	49,3	50,8	53,4
Gepensioneerden	71,7	72,9	73,7
Nabestaanden (NP)	61,1	68,1	70,9
<b>Vrouwen</b>			
Actieven en slapers	40,6	46,4	49,8
Gepensioneerden	73,3	73,3	73,3
Nabestaanden (NP)	55,0	62,2	64,3

**Tabel 15** Gewogen gemiddelde leeftijd van modelportefeuilles

De verdeling in aantallen is weergegeven in tabel 16 en 17.

Lft	Mannen Jong			Mannen Gemiddeld			Mannen Oud		
	OP	NP	NP	OP	NP	NP	OP	NP	NP
	(65)	(lat.)	(ing.)	(65)	(lat.)	(ing.)	(65)	(lat.)	(ing.)
30	500	350	0	300	210	0	100	70	0
40	1200	840	0	850	595	0	500	350	0
50	2000	1400	150	1400	980	125	800	560	100
60	1800	1260	150	1800	1260	175	1800	1260	200
70	1500	800	100	1650	950	250	1800	1100	400
80	300	150	50	550	275	175	800	400	300
90	0	0	0	50	25	50	100	50	100

**Tabel 16** Aantallen deelnemers modelportefeuilles mannen

Lft	Vrouwen Jong			Vrouwen Gemiddeld			Vrouwen Oud		
	OP	NP	NP	OP	NP	NP	OP	NP	NP
	(65)	(lat.)	(ing.)	(65)	(lat.)	(ing.)	(65)	(lat.)	(ing.)
30	750	525	0	500	350	0	250	175	0
40	1000	700	0	1000	700	0	1000	700	0
50	500	350	50	1000	700	50	1500	1050	50
60	200	140	50	800	560	100	1400	980	150
70	100	50	0	300	200	50	500	350	100
80	50	20	0	150	50	25	250	80	50
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabel 17** Aantallen deelnemers modelportefeuilles vrouwen

De technische voorzieningen voor deze portefeuilles worden berekend door gebruik te maken van de volgende veronderstellingen:

- de pensioenleeftijd is 65 jaar;
- het nabestaandenpensioen heeft de vorm "onbepaalde partner" tot de pensioendatum, daarna wordt overgegaan op de vorm "bepaalde partner";
- de partnerfrequentie is gelijk aan 100 % tot de pensioendatum;
- het geslacht van een partner is ongelijk aan dat van de deelnemer;
- binnen een partnerschap is de man drie jaar ouder dan de vrouw.

# APPENDIX C

## Literatuur en gehanteerde data

Dit rapport gaat uit van de gegevens zoals die op 20 april 2016 (Eurostat), 29 april 2016 (Statline Exposures), 12 mei 2016 (Statline Observed Deaths) en 13 juni 2016 (voor de HMD-data) beschikbaar waren.

- [1] CBS gegevens uit Statline t/m 2015.  
Exposures-to-Risk; versie van 29 april 2016. Die versie is voor de leeftijd 0 t/m 90 jaar gelijk aan de versie van 20 juni 2016:  
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=7461BEV&D1=0&D2=1-2&D3=1-133&D4=65-66&VW=T>
- Observed Deaths; versie van 12 mei 2016:  
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=37168&D1=a&D2=1-2&D3=0%2c56-162&D4=0&D5=60-64&HDR=G3%2cT%2cG1&STB=G2%2cG4&VW=T>
- [2] Eurostat data; versie van maart 2016.  
Exposures to Risk (demo\_pjan):  
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-data/database>
- Observed Deaths (demo\_mager en demo\_magec):  
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/deaths-life-expectancy-data/database>
- [3] HMD-database:  
<http://www.mortality.org/>
- [4] V. Kannisto. Development of the oldest – old mortality, 1950–1980: evidence from 28 developed countries. Odense University Press, 1992.
- [5] N. Li and R Lee. Coherent Mortality Forecasts for a Group of Populations: An Extension of the Lee–Carter Method. Demography 42(3), pp. 575–594, 2005

# APPENDIX D

## Verklarende woordenlijst

### **AOW-leeftijd**

Leeftijd waarop een persoon AOW-gerechtigd wordt. Deze leeftijd wordt in de jaren 2014 tot en met 2021 stapsgewijs verhoogd van 65 jaar naar 67 jaar. Verdere verhogingen na die datum zijn afhankelijk van de toekomstige ontwikkeling van de (geschatte) levensverwachtingen.

### **Best estimate**

In deze publicatie: meest waarschijnlijke waarde voor een aan het toeval onderhevige grootte, zoals een sterftekans, de waarde van een product of portefeuille etc.

### **CMI-model, RMS-model, Life Metrics projectiemodellen**

Klassen van stochastische modellen

### **Cohortlevensverwachting**

Levensverwachting gebaseerd op een prognosetafel. Dit betekent dat de levensverwachting van een individu gebaseerd is op sterftekansen uit de sterftetafel behorend bij het waarnemingsjaar waarin dat individu een zekere leeftijd heeft.

### **Deterministische prognosetafel**

Prognosetafel waarin sterftecijfers voor toekomstige jaren zijn vastgesteld op basis van een model waarin geen rekening wordt gehouden met onzekerheden. Daardoor is er 1 (deterministische) uitkomst.

### **Eurostat database**

De database van Eurostat (het statistische bureau van de Europese Unie) biedt een breed scala aan data aan, die gebruikt kunnen worden door overheden, bedrijven, de onderwijssector, journalisten en het bredere publiek.

### **Human Mortality Database (HMD)**

Internationale database met populatie- en sterftegegevens uit ruim 35 landen wereldwijd.

### **Ingegaan Nabestaandenpensioen (ingegaan NP)**

Verzekeringsvorm waarbij de nabestaande (medeverzekerde) van de hoofdverzekerde periodiek een uitkering krijgt, nadat de hoofdverzekerde is overleden.

### **Kannistö sluiting van de tafel**

Methode om sterftekansen op hoge leeftijden via extrapolatie te bepalen uit sterftekansen op lagere leeftijden.

### **Latent Nabestaandenpensioen (latent NP)**

Verzekeringsvorm –gekoppeld aan het ouderdomspensioen– waarbij een voorziening wordt opgebouwd om na overlijden van de hoofdverzekerde periodiek aan de nabestaande een uitkering kan worden gedaan, zolang deze in leven is.

## Levensverwachting

In de meeste publicaties wordt met het begrip levensverwachting de verwachte (resterende) levensduur van een 0-jarige bedoeld. De publicatie Prognosetafel AG2014 spreekt van een resterende levensverwachting, omdat dit begrip op elke leeftijd van toepassing is. Er kan sprake zijn van een periodelevensverwachting of een cohortlevensverwachting.

## Ouderdomspensioen (OP)

Verzekeringsvorm waarbij de verzekerde deelnemer (hoofdverzekerde) periodiek een uitkering krijgt na het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd en zolang deze in leven is.

## Periodelevensverwachting

Levensverwachting gebaseerd op een periodetafel.

## Periodetafel

Sterftetafel gebaseerd op gerealiseerde sterftcijfers uit een of meerdere waarnemingsjaren. Het AG hanteert voor haar periodetafels de realisaties van sterftcijfers van 5 voorgaande kalenderjaren. Een periodetafel houdt geen rekening met sterfteontwikkelingen en veronderstelt daarmee gelijkblijvende sterftekansen voor toekomstige jaren.

## Prognoseperiode

Aantal toekomstige jaren waarin – binnen het model – een uitspraak over sterftcijfers wordt gedaan.

## Prognosetafel

Sterftetafel waarin per toekomstig jaar sterftcijfers worden weergegeven. Hierdoor is per combinatie van leeftijd en waarnemingsjaar de sterftkans beschikbaar. Het is hiermee mogelijk voor elke leeftijd en ieder (toekomstig) startjaar een resterende levensverwachting te berekenen.

## Statline

Statline is de openbare databank van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en biedt cijfers over de economie, de Nederlandse bevolking en onze samenleving.

## Stochastisch model

Model waarin toekomstige sterftekansen niet vaststaan maar beschreven worden middels kansverdelingen.

## Stochastische prognosetafel

Prognosetafel die de uitkomst is van het gebruik van een stochastisch model en dus verschillende waarden aanneemt bij verschillende realisaties van de toevalsvariabelen (zoals te zien in simulaties).

**colofon**

**Uitgave** Koninklijk Actuarieel Genootschap, Groenewoudsedijk 80, 3528 BK Utrecht

telefoon: 030 686 61 50, website: [www.ag-ai.nl](http://www.ag-ai.nl)

**Vormgeving** Stahl Ontwerp, Nijmegen

**Druk** Selection Print & Mail, Woerden



# PROGNOSE -TAFEL AG 2016



1938 1940 1942 1944 1946 1948 1950 1952 1954 1956 1958 1960 1962 1964 1966 1968 1970 1972 1974 1976 1978 1980 1982 1984 1986 1988 1990 1992