

Rapport

Technische werkgroep economische scenario's

10 februari 2022

dr. Maarten Gelderman (voorzitter, DNB)
dr. Jan Bonenkamp (APG)
dr. Bart Diris (DNB)
drs. Sacha van Hoogdalem (Ortec Finance)
prof. dr. Antoon Pelsser (Universiteit Maastricht en Universiteit van Amsterdam)
prof. dr. ir. Michel Vellekoop (Universiteit van Amsterdam)
prof. dr. Bas Werker (Universiteit van Tilburg)

Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
Dhr. S. Kaatee
Directeur-generaal Werk
Postbus 90801
2509 LV Den Haag
Parnassusplein 5

De Nederlandsche Bank N.V.
Divisie Toezicht Beleid

Postbus 98
1000 AB Amsterdam
+31 20 524 91 11
www.dnb.nl

Handelsregister 3300 3396
BTW: NL003569056B01

Onderwerp
Rapport Technische Werkgroep Scenariosets

Geachte heer Kaatee, beste Stan,

Het is me een genoegen u hierbij het rapport van de Technische Werkgroep Scenariosets aan te bieden. De werkgroep heeft in een korte tijdsperiode een aanzienlijke hoeveelheid werk verzet. Daarvoor gaat mijn dank uit naar de inzet van zowel de leden van de werkgroep als degenen die hen gedurende deze periode hebben ondersteund. Dankzij uw verzoek aan De Nederlandsche Bank tot instelling van de Technische Werkgroep is het mogelijk geweest om voordat de Commissie Parameters met haar werkzaamheden begint onze kennis van een aantal technische aspecten van het wetsvoorstel te verdiepen. In dit rapport bieden wij u deze inzichten aan en wij vertrouwen erop dat ons rapport de door de Commissie Parameters, De Nederlandsche Bank en u uit te voeren vervolgwerkzaamheden vergemakkelijkt.

Rest mij u te danken voor het in de Technische Werkgroep gestelde vertrouwen en u veel succes te wensen in het vervolg van dit voor Nederland buitengewoon belangrijke traject.

Met vriendelijke groet,

Maarten Gelderman

M. Gelderman Divisiedirecteur Toezicht Beleid

Datum

10 februari 2022

Uw kenmerk

2021-0000146274

Ons kenmerk

A015-8-814

Telefoonnummer:

+31 20 524 26 39

Mailadres:

m.gelderman@dnb.nl

Conclusie en aanbevelingen

De werkgroep heeft - als voorbereiding op het werk van de Commissie Parameters - een verkennend onderzoek uitgevoerd naar modellen voor het genereren van zowel economische scenario's (P-scenario's) als risico-neutrale scenario's (Q-scenario's). Zulke scenariosets zijn, conform het Wetsvoorstel Toekomst Pensioenen, nodig voor berekeningen die pensioenfondsen en wetgever moeten maken in het nieuwe pensioenstelsel en tijdens de overgang naar dat stelsel. De concept-wet gebruikt de P-scenario's voor vier toepassingen - communicatie, berekening fiscale premiegrens, de balans tussen premie en pensioendoelstelling, en het toetsen van het beleggingsbeleid en de risicotoedelingsregels aan de risicohouding. De P-scenario's blijven verder relevant voor de haalbaarheidstoets in uitkeringsovereenkomsten. De Q-scenario's worden gebruikt voor twee toepassingen - berekeningen voor invaren met de vba-methode en netto profijt berekeningen.

Om tot haar advies te komen heeft de werkgroep een met die van de Commissie Parameters in 2019 vergelijkbare werkwijze gevolgd:

- Indien er overtuigende eenduidige wetenschappelijke argumenten zijn voor een bepaalde parameterwaarde of modelkeuze, dan neemt de werkgroep deze over.
- Indien er geen overtuigende of eenduidige wetenschappelijke argumenten zijn, dan maakt de werkgroep een keuze die rekening houdt met de consequenties voor de zes genoemde wettelijke toepassingen.
- Indien bovenstaande uitgangspunten niet doorslaggevend zijn, dan kiest de werkgroep voor de pragmatische lijn om de complexiteit te beperken.

De werkgroep merkt op dat de lagere regelgeving, met de nadere uitwerking van de zes wettelijke toepassingen, ten tijde van haar onderzoek nog niet (in concept) gereed was, waardoor het niet mogelijk was om de effecten van model- en parameterkeuzes op de zes toepassingen conform het wettelijk kader door te rekenen. De werkgroep heeft daarom een aantal aannames in haar berekeningen moeten maken (zie hoofdstuk 4) en het is mogelijk dat uitkomsten significant veranderen als de lagere regelgeving vastgesteld is.

De werkgroep komt tot onderstaande conclusies.

Advies

De werkgroep acht het KNW*-model een logisch uitgangspunt voor vervolgonderzoek door de Commissie Parameters. Hierbij liggen de drie gemaakte aanpassingen aan het bestaande KNW-model voor de hand:

- Inflatie: Bij de kalibratie van zowel P- als Q-scenario's is ook gebruikt gemaakt van instrumenten die van de toekomstige ontwikkeling van de Europese prijsinflatie afhangen om deze marktconsistent te waarderen. Een aandachtspunt hierbij is dat pensioenregelingen gebaseerd zijn op Nederlandse prijs- of looninflatie, waarvoor geen marktinformatie beschikbaar is.
- Rentetermijnstructuur: Bij de kalibratie van Q-scenario's is gebruik gemaakt van een model met in de tijd variërende risicoprijzen, opdat de scenario's aansluiten bij de op het moment van kalibratie geobserveerde nominale en reële rentetermijnstructuren.
- Factoren: Bij de kalibratie van zowel P- als Q-scenario's is gebruik gemaakt van drie in plaats van twee factoren. Dit leidt tot een nauwkeuriger aansluiting bij zowel historische data (voor P-scenario's) als marktprijzen op de kalibratiedatum (voor Q-scenario's).

Ook wanneer de Commissie Parameters voor een andere modelstructuur zal kiezen, lijkt het de werkgroep verstandig dat bij de kalibratie gebruik wordt gemaakt van derivaten die van prijsinflatie afhangen, dat gestreefd wordt naar een perfecte fit van de rentetermijnstructuren en dat geanalyseerd wordt hoe de kwaliteit van de kalibratie afhangt van het aantal stochastische processen die de dynamica bepalen.

Nader onderzoek en beleidsafwegingen vereist

De werkgroep acht het verstandig dat de Commissie Parameters nader onderzoek uitvoert naar de volgende keuzes:

- Data: De historische data-periode die gebruikt wordt voor de kalibratie van de P-scenario's, de geselecteerde marktinstrumenten voor de kalibratie van de Q-scenario's en de weging van die instrumenten tijdens de kalibratie.
- UFR: De wijze waarop de UFR-methodiek geïntegreerd wordt in de modellering en kalibratie van de rente voor zowel de P- als Q-scenario's.
- RenterestRICTIE: De hoogte van een eventueel op te leggen maximale kans op negatieve rentes op de lange termijn voor de P-scenario's. De UFR-methodiek en de renterestRICTIE beïnvloeden allebei het lange eind van de rentecurve en moeten daarom in samenhang geanalyseerd worden.
- Volatiliteit: Het al dan niet constant veronderstellen van de volatiliteit over de tijd.

De werkgroep kan op grond van de in de taakopdracht geformuleerde criteria geen voorkeuren uitspreken voor bovenstaande keuzes. De uitkomsten van de impactanalyse in hoofdstuk 4 en de vergelijking van scenario's in hoofdstuk 5 bevatten belangrijke aanknopingspunten voor het nadere onderzoek van de Commissie Parameters.

De werkgroep adviseert dat de Commissie Parameters tijdens haar onderzoek de invloed van lastig te maken model- en parameterkeuzes op de uitkomsten voor de verschillende toepassingen van de economische scenario's in kaart brengt. Het is aan de wetgever om aan te geven hoe met die onzekerheid omgegaan moet worden.

Inhoudsopgave

Conclusie en aanbevelingen	3
1. Inleiding	7
2. Definities, wettelijke toepassingen en criteria	8
2.1. Toelichting op economische en risico-neutrale scenario's	8
2.2. Wettelijke toepassingen	8
2.2.1. Wettelijke toepassingen economische scenario's (P-scenario's)	8
2.2.2. Wettelijke toepassingen risico-neutrale scenario's	9
2.3. Criteria	10
3. Modellen voor het genereren van scenariosets	11
3.1. Het KNW-model	11
3.2. Modelspecificatie Commissie Parameters in 2019	11
3.3. Definitie Q-scenario's en nieuwe toepassingen maken aanpassingen noodzakelijk	14
3.4. Kalibratie van risico-neutrale scenario's	14
3.5. Een mogelijke aanpassing: Het KNW*-model	15
3.6. Model- en parameteronzekerheid	16
3.7. Modeleigenschappen en alternatieven	17
3.8. Geen eenduidige, objectief te motiveren, keuze mogelijk	19
4. Economische doorrekeningen	20
4.1. Kalibratie P-scenario's	20
4.1.1. Methodologie	20
4.1.2. Kalibratie	20
4.1.3. Economische doorrekening	25
4.2. Kalibratie Q-scenario's	26
4.2.1. Methodologie	26
4.2.2. Kalibratie	27
4.2.3. Economische doorrekening	29
5. Vergelijking uitkomsten Q-set met externe modellen	32
5.1. Vergelijking van kenmerken van Q-scenario's	32
5.2. Vergelijking van vba-waarde en netto profijt	33
5.2.1. Modelleren van het pensioencontract	33
5.2.2. Impact op vba-waarde	34
5.2.3. Impact op netto profijt	36
5.3. Conclusie	37
Bijlage A – Verzoek technische werkgroep economische scenario's	38
Bijlage B – Invulling criteria	42

Bijlage C – Validatie van de kalibratie	44
Bijlage D – Nadere beschrijving methodologie	45
Bijlage E – Specificatie modelfonds	51

1. Inleiding

Op 6 juli 2019 heeft de Commissie Parameters advies uitgebracht over een uniforme set met economische scenario's.¹ Dit advies is door De Nederlandsche Bank (hierna DNB) vanaf 1 januari 2020 geïmplementeerd.² Deze uniforme set wordt in het huidige pensioenstelsel gebruikt voor het communiceren van pensioenuitkeringen in verschillende scenario's en bij de haalbaarheidstoets.

Het kabinet heeft besloten om in 2022 opnieuw een Commissie Parameters een advies te laten uitbrengen over de economische scenario's. De reden is dat in het advies van de Commissie Parameters uit 2019 geen rekening is gehouden met het wetsvoorstel Wet toekomst pensioenen.³ Toen de Commissie Parameters in 2019 onderzoek deed naar de economische scenario's waren de onderhandelingen over het pensioenakkoord dat de basis vormt voor het wetsvoorstel nog niet afgerond. In het wetsvoorstel zijn additionele wettelijke toepassingen voor de economische scenario's voorzien. Naast communicatie over toekomstige pensioenuitkeringen wordt voorgesteld ze ook te gebruiken voor de bepaling van de fiscale premiegrens, voor het in beeld brengen van de balans tussen de doelstelling en premie en voor het vaststellen van de risicohouding van de deelnemers en het toetsen van de aansluiting van het beleggingsbeleid en de toedeelregels op de vastgestelde risicohouding. Tevens is voor de transitie naar het nieuwe pensioenstelsel een nieuw type economische scenario's noodzakelijk, de zogenoemde risico-neutrale⁴ economische scenario's. Deze scenario's zijn nodig voor het berekenen van netto profijt effecten en voor het invaren van opgebouwde pensioenaanspraken en -rechten met de value-based ALM methode (hierna de vba-methode).

Gegeven de breedte van het benodigde onderzoek door de Commissie Parameters over de economische scenario's, heeft het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid voorafgaand aan de instelling van de Commissie Parameters aan DNB verzocht om een technische werkgroep (hierna de werkgroep) economische scenario's met onafhankelijke experts in te stellen. Deze werkgroep is gevraagd om een verkennend onderzoek uit te voeren ten aanzien van beide types economische scenario's met het oog op bovengenoemde wettelijke toepassingen. Het verzoek is opgenomen in bijlage A bij dit rapport.

Het voorliggende rapport beschrijft de bevindingen van de werkgroep en dient als voorbereiding voor het werk van de Commissie Parameters. Op basis van het advies van de Commissie Parameters wordt DNB vervolgens gevraagd om binnen het wettelijk kader de desbetreffende economische scenario's en risico-neutrale scenario's vast te stellen en periodiek te publiceren.

De werkgroep is tevens gevraagd om een verkennend onderzoek uit te voeren naar het benodigde aantal scenario's. De werkgroep heeft in haar onderzoek eerst de focus gelegd op de te kiezen economische modellen en onderliggende parameters voor beide type economische scenario's. Vanwege de korte doorlooptijd is de werkgroep niet meer toegekomen aan de vervolgvraag over het benodigd aantal scenario's. De werkgroep legt dit onderzoek daarom neer bij de Commissie Parameters.

De werkgroep dankt Wouter Honig voor zijn intensieve en uitstekende ondersteuning bij de berekeningen die nodig waren bij het schrijven van dit rapport.

¹ Advies Commissie Parameters in 2019. Zie deze [link](#).

² De onderliggende modelparameters zijn per 1 januari 2021 aangepast door DNB. Zie deze [link](#).

³ Consultatieversie Wet toekomst pensioenen. Zie deze [link](#).

⁴ In de taakopdracht voor de werkgroep is sprake van risico-gecorrigeerde scenario's. De werkgroep geeft echter de voorkeur aan de term risico-neutrale scenario's, aangezien dit een in de wetenschappelijke literatuur precies gedefinieerd concept is. Hiermee wordt hetzelfde type scenario's bedoeld.

2. Definities, wettelijke toepassingen en criteria

Dit hoofdstuk geeft een nadere toelichting op de economische en de risico-neutrale scenario's. Daarna volgt een beschrijving van de voorgestelde wettelijke toepassingen voor de scenariosets. Vervolgens gaat het hoofdstuk in op de criteria die in de taakopdracht zijn opgenomen om de modellen om de scenario's te genereren te beoordelen, en de manier waarop de werkgroep deze criteria heeft gebruikt.

2.1. Toelichting op economische en risico-neutrale scenario's

De werkgroep heeft onderzoek gedaan naar modellen om economische en risico-neutrale scenario's te simuleren. Hieronder volgt een conceptuele beschrijving van beide type scenario's.

a) Economische scenario's (P-scenario's)⁵

De economische scenario's (P-scenario's) hebben als doel inzicht te geven in de onzekerheid in de toekomstige ontwikkeling van financieel-economische variabelen, zoals rente, aandelenprijzen en inflatie. Die onzekerheid komt tot uitdrukking door verschillende ontwikkelingen (scenario's) van de variabelen te presenteren. Elk van deze ontwikkelingen representeert een *mogelijke* toekomstige ontwikkeling. De variabelen worden in samenhang gemodelleerd. Daarbij ontstaat een beeld van de bandbreedtes in de variabelen in de (verre) toekomst. Op basis van deze economische scenario's kunnen pensioenuitvoerders bijvoorbeeld de risico's in pensioenuitkeringen voor deelnemers in kaart brengen.

b) Risico-neutrale scenario's (Q-scenario's)⁶

De risico-neutrale scenario's (Q-scenario's) worden gebruikt voor het (financieel actuair) *waarderen* van onzekere toekomstige kasstromen. Voor complexe financiële producten, zoals een pensioenaanspraak, kan de waardering worden uitgevoerd op basis van Monte Carlo simulatie. De hiervoor gebruikte risico-neutrale scenario's worden gekalibreerd op marktprijzen van financiële instrumenten. Hierdoor wordt marktinformatie over de prijs van marktonzekerheden meegenomen. Vanwege risicopremies in, bijvoorbeeld, aandelen- en obligatieprijzen is de prijs waarop deze verhandeld worden op financiële markten namelijk niet gelijk aan de gemiddelde (met de risicovrije rente) verdisconteerde uitbetaling. Een fundamenteel resultaat uit de beleggingstheorie⁷ stelt dat, onder bepaalde algemeen geaccepteerde aannamen, deze financieel actuair waarde gelijk is aan de gemiddelde (met de risicovrije rente) verdisconteerde uitbetaling, mits deze scenario's risico-neutraal gegenereerd zijn. Deze risicocorrectie wordt berekend aan de hand van de marktprijzen van relevante financiële instrumenten op de analysedatum. Indien onzekere toekomstige kasstromen afhangen van financiële risico's waarvoor geen (liquide) markt bestaat, dan zijn risico-neutrale scenario's niet eenduidig te bepalen aan de hand van marktgegevens.

2.2. Wettelijke toepassingen

De werkgroep constateert dat er in een aantal gevallen geen eenduidige wetenschappelijke argumenten zijn om bepaalde keuzes bij het bepalen van de P- en Q-scenario's te onderbouwen (zie hoofdstuk 3). De werkgroep kijkt in dat geval naar de impact van die keuzes op de diverse voorgenomen wettelijke toepassingen (zie hoofdstuk 4 en 5). Hieronder volgt een beschrijving van deze toepassingen, uitgesplitst naar toepassingen van de P-, respectievelijk de Q-scenario's.

2.2.1. Wettelijke toepassingen economische scenario's (P-scenario's)

In het nieuwe pensioenstelsel wordt volgens het wetsvoorstel Wet Toekomst Pensioenstelsel (WTP)⁸ voor vier toepassingen gebruik gemaakt van economische scenario's. Daarnaast zijn deze scenario's, in het huidige stelsel, ook relevant voor de haalbaarheidstoets⁹. Hieronder volgt een korte toelichting per functie zoals voorzien in het wetsvoorstel.

a) Communicatie

⁵ De term P-scenario's is gebruikelijk in de wetenschappelijke literatuur. Ze worden daar ook wel aangeduid als objectieve of real-world scenario's.

⁶ De term Q-scenario's is wederom gebruikelijk in de wetenschappelijke literatuur. Ze staan ook bekend onder de aanduidingen risico-neutrale scenario's en risico-gecorrigeerde scenario's.

⁷ Zie, bijvoorbeeld, https://en.wikipedia.org/wiki/Fundamental_theorem_of_asset_pricing.

⁸ Zie consultatieversie van het wetsvoorstel: [link](#)

⁹ Gegeven de beoogde opleverdatum heeft de werkgroep er voor gekozen om de impact van model- en parameterkeuzes voor de P-scenario's op de haalbaarheidstoets niet te bestuderen.

Deze toepassing bestaat ook al in het huidige stelsel (de zogenoemde Uniforme RekenMethodiek; URM). Pensioenuitvoerders dienen deelnemers jaarlijks informatie te verstrekken over hun toekomstige pensioenuitkeringen (in een drietal scenario's). Deze pensioenuitkeringen worden berekend door, gegeven de afspraken in de pensioenregeling en karakteristieken van de deelnemer, de pensioenuitkering te bepalen onder de veronderstelling dat de financiële variabelen zich ontwikkelen conform de P-scenario's. Pensioenuitvoerders zijn verplicht, ten behoeve van de vergelijkbaarheid tussen pensioenregelingen, om voor dit doel gebruik te maken van de door DNB per kwartaal gepubliceerde P-scenario's. De WTP voorziet geen wijziging in deze toepassing in het nieuwe stelsel.

b) De fiscale premiegrens

Uitgangspunt bij het vaststellen van de fiscale premiegrens is dat ten hoogste een pensioenambitie van 75% middelloon in 40 opbouwjaren 'op prudente wijze' fiscaal wordt gefaciliteerd. In het wetsvoorstel is opgenomen dat het bepalen van de premiegrens gebeurt aan de hand van de economische scenario's. Met behulp van de economische scenario's wordt het verwachte meetkundig gemiddelde reële rendement bepaald over de periode die de scenario's beschrijven.

c) De balans tussen de doelstelling en de premie

De economische scenario's spelen een rol bij het bepalen van de balans tussen pensioendoelstelling en de premie. Sociale partners zijn primair verantwoordelijk voor deze consistentie. Hierbij spelen twee aspecten een rol: het beoogde niveau van toekomstige pensioenuitkeringen en de kans dat deze pensioendoelstelling wordt gehaald. In het wetsvoorstel is opgenomen dat de sociale partners voor dit doel een voorgeschreven set met economische scenario's gebruiken. Ook wordt bij de solidaire premieregeling wettelijk voorgeschreven dat het pensioenfonds sociale partners moet informeren op basis van een voorgeschreven set met economische scenario's over de kans dat de door sociale partners beoogde pensioendoelstelling met de door sociale partners gewenste premie wordt behaald.

d) Toetsen van het beleggingsbeleid en de toedelingsregels aan de vastgestelde risicohouding van de deelnemers

In het wetsvoorstel is vastgelegd dat, op grond van het prudent person principe, periodiek getoetst wordt of het beleggingsbeleid en de toedeelregels¹⁰ van het fonds passen bij de vastgestelde risicohoudingen van de deelnemersgroepen. Het wetsvoorstel beschrijft hiervoor drie maatstaven:

- een maatstaf waarin het maximaal aanvaardbare risico tot uitdrukking komt, namelijk het risico dat deelnemers maximaal willen en kunnen nemen met oog op het (resterende) pensioen in een pessimistisch scenario ten opzichte van het (resterende) pensioen in een verwacht scenario. In de uitkeringsfase gaat het daarbij om de jaarlijkse aanpassing in de pensioenuitkering.
- een maatstaf waarin de doelstelling tot uitdrukking komt, dat wil zeggen het rendement dat deelnemers tenminste willen behalen met oog op een adequaat pensioen in een verwacht scenario.
- een maatstaf voor de uitkeringsfase, die in geval van spreiding wordt voorgeschreven, is gericht op het risico op de lange termijn. Deze is gerelateerd aan de afwijking van het pensioen gedurende de gehele uitkeringsperiode ten opzichte van het pensioen in een pessimistisch scenario gedurende de gehele uitkeringsperiode.

2.2.2. Wettelijke toepassingen risico-neutrale scenario's

De risico-neutrale scenario's spelen een rol bij de transitie naar het nieuwe pensioenstelsel. Deze risico-neutrale scenario's worden gebruikt bij het berekenen van de marktwaarde van bestaande pensioenaanspraken en -rechten binnen het invaren met de vba-methode en bij het berekenen van de netto profijt effecten als onderdeel van het toetsen, door pensioenfonds en sociale partners, van de evenwichtigheid van hun besluiten.

¹⁰ Inclusief een mogelijke solidariteits- of risicodelingsreserve.

a) Berekenen van inclusieve marktwaarde t.b.v. invaren met vba-methode

In een uitkeringsovereenkomst heeft iedereen in het deelnemersbestand pensioenaanspraken en -rechten die worden geïndexeerd als een pensioenfonds er financieel goed voorstaat en gekort als het slecht gaat, op grond van het fondsbeleid binnen het huidige financieel toetsingskader (nFTK). Bij het bepalen van de inclusieve marktwaarde van de opgebouwde pensioenaanspraken en -rechten in de uitkeringsovereenkomst wordt waarde toegekend aan deze voorwaardelijke elementen. Daarnaast zijn fondsspecifieke kenmerken zoals de dekkingsgraad, bestandssamenstelling en financiële opzet van het pensioenfonds (waaronder inbegrepen het beleggings-, premie- en indexatie- en kortingsbeleid) van invloed op de hoogte van de inclusieve marktwaarde. De inclusieve marktwaarde wordt berekend met behulp van value-based ALM berekeningen, waarvoor, zoals eerder toegelicht, risico-neutrale scenario's nodig zijn.

b) Verandering in netto profijt

Het netto profijt is het verschil tussen de marktwaarde van de toekomstige pensioenuitkeringen (zowel op basis van bestaande als toekomstige opbouw) en de marktwaarde van de toekomstige premie-inleg. De verandering in netto-profijt wordt gebruikt om herverdelingseffecten (tussen deelnemersgroepen) die optreden door de transitie in kaart te brengen. Dit gebeurt door het netto profijt van de situatie dat er overgestapt wordt naar een nieuwe pensioenregeling (inclusief het afschaffen van de doorsneesystematiek en eventuele compensatie) af te zetten tegen het netto profijt van de situatie dat de huidige pensioenregeling ongewijzigd wordt voortgezet onder het huidige financiële toetsingskader. Het wetsvoorstel vereist dat deze effecten inzichtelijk gemaakt worden ten behoeve van de besluitvorming over de transitie. Netto profijt wordt net als de inclusieve marktwaarde berekend met behulp van value-based ALM berekeningen, daarom zijn ook voor deze berekeningen risico-neutrale scenario's nodig.

2.3. Criteria

In het verzoek aan de werkgroep is gevraagd mogelijke modellen en de daaruit volgende scenario's te beoordelen aan de hand van een aantal criteria (zie bijlage A). De werkgroep heeft de criteria in het kader van het verkennend onderzoek ingevuld om de verschillende model- en parameterkeuzes te beoordelen. Tijdens het onderzoek is de werkgroep tot de conclusie gekomen dat de criteria niet in voldoende mate onderscheidend zijn om tot een unieke model- of parameterkeuze te komen. In bijlage B is de wijze waarop de werkgroep de criteria heeft ingevuld opgenomen, waarbij de werkgroep ingaat op de redenen dat sommige criteria niet objectief en onderscheidend zijn te definiëren.

3. Modellen voor het genereren van scenariosets

Dit hoofdstuk gaat in op mogelijke modellen voor het simuleren van de scenario's. Het hoofdstuk bespreekt het model dat door de Commissie Parameters in 2019 is geadviseerd en beschouwt een aantal mogelijke uitbreidingen en aanpassingen van dit model.

3.1. Het KNW-model

De uniforme set P- scenario's die momenteel gebruikt wordt voor de Uniforme Rekenmethodiek (URM) en de haalbaarheidstoets is gebaseerd op het KNW-model van Kojien, Nijman & Werker¹¹. De Commissie Parameters motiveerde in 2014 deze keuze door op te merken dat het realistische scenario's genereert die gebaseerd zijn op algemeen geldende economische principes. De KNW-scenarioset bleek bovendien een verdeling van pensioenresultaten te genereren die vergelijkbaar was met de verdelingen die verkregen werden door middel van meer geavanceerdere modellen van Ortec Finance en APG. De Commissie Parameters concludeerde toen dat sprake is van een relatief eenvoudig toepasbaar model dat aansluit bij de doelstelling van de URM en de haalbaarheidstoets.

De Commissie Parameters adviseerde in 2019, op grond van vergelijkbare argumenten, om de P-scenarioset te blijven baseren op het KNW-model. Wel werd een aanpassing gemaakt om het aantal scenario's met erg lage en erg hoge rentes te beperken, aangezien de Commissie Parameters die minder bij de toen geldende economische omstandigheden vond passen. Om die reden werd een ander startpunt voor de kalibratieperiode gekozen en een restrictie op de verdeling van toekomstige rentestanden ingevoerd.

De door de Commissie Parameters in 2019 bepaalde P-scenarioset bestaat uit mogelijke toekomstige paden voor de (nominale) risicovrije rente, het rendement op aandelen en de prijsinflatie. In het KNW-model bepaalt een beperkt aantal onderliggende factoren de onderlinge samenhang tussen deze drie bronnen van risico voor pensioenfondsen. De parameters van het model worden geschat aan de hand van historische gegevens. Daarbij worden naast een randvoorwaarde die de kans op negatieve rentes in de toekomst beperkt ook a priori de verwachtingswaarden op de lange termijn¹² vastgelegd voor de prijsinflatie, het aandelenrendement en nominale forward rentes. Die grootheden zijn immers slechts in zeer beperkte mate in te schatten aan de hand van historische data.

3.2. Modelspecificatie Commissie Parameters in 2019

In de vorm van het KNW-model zoals dat gebruikt is door de Commissie Parameters in 2019 worden de instantane nominale rente r_t en de instantane verwachte prijs-inflatie π_t gespecificeerd met behulp van het een factor-proces X_t :

$$\begin{aligned} r_t &= \mathbb{E}r_\infty + \beta_1^r X_{t,1} + \beta_2^r X_{t,2} + \dots + \beta_k^r X_{t,k} \\ \pi_t &= \mathbb{E}\pi_\infty + \beta_1^\pi X_{t,1} + \beta_2^\pi X_{t,2} + \dots + \beta_k^\pi X_{t,k} \end{aligned}$$

In het model dat gebruikt werd door de Commissie Parameters in 2019 was de dimensie k van het proces X_t gelijk aan 2. Voor X_t werd een zogenoemd Ornstein-Uhlenbeck proces gekozen waarvan de verwachtingswaarde op den duur naar nul convergeert en de covariantiematrix naar een constante waarde. Dat zorgt ervoor dat de verwachtingswaarden van rente r_t en inflatie π_t vanuit startwaarden, die bepaald worden door de keuze van X_0 , convergeren naar waarden op de lange termijn die gegeven worden¹³ door de parameters $\mathbb{E}r_\infty$ en $\mathbb{E}\pi_\infty$. De snelheid waarmee deze convergentie plaatsvindt, en de onderlinge afhankelijkheid tussen nominale rente en inflatie, wordt

¹¹ Kojien, R. S., T. E. Nijman, and B. J. Werker (2010) When can life cycle investors benefit from time-varying bond risk premia? *Review of Financial Studies* 23(2):741-780.

¹² We merken op dat de waarde op de lange termijn van een stochastisch proces niet hetzelfde is als de *termijnstructuur*; met dat laatste wordt de (huidige) marktwaarde van obligatieprijzen met verschillende looptijden aangeduid.

¹³ Merk op dat r_t en π_t ook op de lange termijn rondom de waarden $\mathbb{E}r_\infty$ en $\mathbb{E}\pi_\infty$ blijven fluctueren want de varianties van deze processen convergeren niet naar nul maar naar positieve constanten. Op de duur zullen de processen ongeveer de helft van de tijd boven en de andere helft onder $\mathbb{E}r_\infty$ en $\mathbb{E}\pi_\infty$ liggen.

bepaald door de factorcoëfficiënten¹⁴ β^r en β^π en door de dynamica van het proces X_t , dat gegeven wordt door

$$X_t = e^{-Kt}(X_0 + \int_0^t e^{Ks} d\tilde{W}_s^{\mathbb{P}})$$

met $\tilde{W}^{\mathbb{P}}$ een standaard k -dimensionale Brownse beweging en K een matrix die zo gekozen dient te worden dat het model stabiel¹⁵ is. Onder die voorwaarde wordt de term e^{-Kt} steeds kleiner en convergeert de covariantiematrix voor het proces X_t naar een constante die ook de covariantiematrix van de rente en inflatie op de lange termijn bepaalt. Het proces X_t heeft op ieder moment een normale verdeling en dat geldt daarom ook voor de instantane nominale rente r_t en de instantane verwachte prijs-inflatie π_t .

De aangroei van de prijsindex Π_t en de aandelenindex S_t over een tijdsinterval van lengte Δt wordt gespecificeerd als

$$\begin{aligned}\Pi_{t+\Delta t} &= \Pi_t + \int_t^{t+\Delta t} \Pi_u \pi_u du + \int_t^{t+\Delta t} \Pi_u \sigma'_\Pi dW_u^{\mathbb{P}} \\ S_{t+\Delta t} &= S_t + \int_t^{t+\Delta t} S_u (r_u + \eta_S) du + \int_t^{t+\Delta t} S_u \sigma'_S dW_u^{\mathbb{P}}\end{aligned}$$

De standaard Brownse beweging $W^{\mathbb{P}}$ waarover geïntegreerd wordt bevat naast de k -dimensionale Brownse beweging $\tilde{W}^{\mathbb{P}}$ die de processen r_t en π_t aandrijft, nog een tweetal extra standaard Brownse componenten $\overline{W}_t^{\mathbb{P}}$ zodat $W_t^{\mathbb{P}} = (\tilde{W}_t^{\mathbb{P}}, \overline{W}_t^{\mathbb{P}})'$. Alle Brownse bewegingen worden, zonder verlies van algemeenheid van de modelspecificatie, onderling stochastisch onafhankelijk verondersteld. De laatste integralen in de twee vergelijkingen hierboven hebben verwachtingswaarde nul, dus de verwachte verandering in de indexwaarden is proportioneel aan de indices zelf, en die wordt voor de prijs-index bepaald door de verwachte prijsinflatie en voor de aandelen-index door de nominale rente plus een risicopremie η_S . De volatiliteitsparameters σ_Π en σ_S bepalen de mate van onzekerheid in de toekomstige ontwikkeling van prijzen en aandelen.

De specificatie impliceert, vanwege Itô's lemma, dat

$$\begin{aligned}\ln \Pi_{t+\Delta t} &= \ln \Pi_t + \int_t^{t+\Delta t} \pi_u du - \frac{1}{2} \sigma'_\Pi \sigma_\Pi \Delta t + \sigma'_\Pi (W_{t+\Delta t}^{\mathbb{P}} - W_t^{\mathbb{P}}) \\ \ln S_{t+\Delta t} &= \ln S_t + \int_t^{t+\Delta t} r_u du + (-\frac{1}{2} \sigma'_S \sigma_S + \eta_S) \Delta t + \sigma'_S (W_{t+\Delta t}^{\mathbb{P}} - W_t^{\mathbb{P}})\end{aligned}$$

Dit laat zien dat beide indices lognormaal verdeeld zijn en dat de bijbehorende volatiliteiten respectievelijk $\|\sigma_\Pi\|$ en $\|\sigma_S\|$ bedragen. De parameters σ_Π en σ_S bepalen ook de correlatie tussen de veranderingen van de indices en de correlaties met veranderingen in r_t en π_t .

De instantane nominale rente en verwachte prijsinflatie (en het onderliggende factor-proces) kunnen niet direct geobserveerd worden. Daarom wordt bij het kalibreren van het model gebruik gemaakt van instrumenten die van de rente afhangen, zoals nominale bonds. In affine modellen zoals het KNW-model is de zero coupon rate (of spot rate) $y_t(\tau)$ van een bond met looptijd τ op tijdstip t gerelateerd aan het factor-proces aangezien

$$\tau y_t(\tau) = A(\tau) + B(\tau)' X_t$$

voor deterministische functies A en B die bepaald worden door de modelparameters. Voor de versie van het KNW-model zoals dat door de Commissie Parameters in 2019 gebruikt werd, geldt dat zowel A als B alleen afhangen van de resterende looptijd τ . Voor lange looptijden τ convergeert $B(\tau)$ naar nul; daarom convergeren de spot rate en de forward rate naar¹⁶

¹⁴ De notatie die we gebruiken wijkt voor sommige symbolen af van die van de Commissie Parameters in 2019.

¹⁵ Het reële deel van alle eigenwaarden van de matrix K moet strikt positief zijn.

¹⁶ Rates worden hier meetkundig gedefinieerd (of op basis van *continuous compounding*). De gebruikelijke UFR die rekenkundig gedefinieerd wordt (op basis van *annual compounding*) is dan $UFR_{ann} = e^{UFR_c} - 1$.

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} y_t(\tau) = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \tau^{-1} A(\tau)$$

Om de functies A en B te bepalen moeten naast de eerder geïntroduceerde modelparameters ook market prices of risk λ_t voor rente en inflatie gespecificeerd worden. Prijzen van obligaties zijn dan verwachtingen onder een nieuwe zogenaamde *risico-neutrale*¹⁷ kansmaat $\mathbb{Q}$ als die zo gekozen wordt dat de processen $W_t^{\mathbb{Q}}$ gedefinieerd door

$$W_t^{\mathbb{Q}} = W_t^{\mathbb{P}} + \int_0^t \lambda_u du, \quad \lambda_u = \lambda_0(u) + \Lambda_1 X_u$$

standaard Brownse bewegingen zijn onder $\mathbb{Q}$. De market prices of risk λ_t bepalen de risicopremies voor investeringen in obligaties en aandelen. Consistentie met de eerder geïntroduceerde parameter η_S legt op dat $\sigma_S' \lambda_0 = \eta_S$ en $\sigma_S' \Lambda_1 = 0$. De functies A en B die nodig zijn om obligatieprijzen uit te rekenen volgen dan uit

$$\begin{aligned} B(\tau) &= M'^{-1}(I - e^{-M'\tau})\beta^r, & M &= K + \tilde{\Lambda}_1 \\ A(t, \tau) &= \int_0^\tau [\mathbb{E}r_\infty - B(u)'(\frac{1}{2}B(u) + \lambda_0(t + \tau - u))]du \end{aligned}$$

waarbij $\tilde{\Lambda}_1$ bestaat uit de eerste k rijen en kolommen van de matrix Λ_1 . Wanneer voor λ_0 een constante in plaats van een deterministisch in de tijd variërende functie gekozen wordt, kan ook A enkel als functie van de resterende looptijd τ geschreven worden. Die aanname is gemaakt in het model van de Commissie Parameters in 2019.

In 2019 is door de Commissie Parameters een aantal restricties opgelegd die ervoor zorgen dat de gemiddelde waarden op de lange termijn van de aangroei van de aandelenindex en de prijsindex alsook de forward rate voor lange looptijden vastgelegd worden. Concreet gelden hiervoor de waarden van respectievelijk 5,6%, 1,9% en 2,1%, die overeenkomen met het advies in 2019 van de Commissie Parameters over het (maximale) meetkundig rendement voor aandelen, het (minimale) meetkundige gemiddelde voor inflatie en het UFR-niveau per 31 december 2018:

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \infty} \mathbb{E}(\ln S_{t+1} - \ln S_t) &= \mathbb{E}r_\infty + \eta_S - \frac{1}{2}\sigma_S' \sigma_S &= \ln(1 + 0.056) \\ \lim_{t \rightarrow \infty} \mathbb{E}(\ln \Pi_{t+1} - \ln \Pi_t) &= \mathbb{E}\pi_\infty - \frac{1}{2}\sigma_\Pi' \sigma_\Pi &= \ln(1 + 0.019) \\ \lim_{\tau \rightarrow \infty} y_t(\tau) &= \mathbb{E}r_\infty - B(\infty)'(\frac{1}{2}B(\infty) + \lambda_0) &= \ln(1 + 0.021). \end{aligned}$$

Dit impliceert dat bij de kalibratie de parameters $\mathbb{E}r_\infty, \mathbb{E}\pi_\infty$ en η_S niet meer geschat worden, omdat ze volgen uit de overige parameterwaarden en deze restricties. Daarnaast wordt bij de kalibratie de eis opgelegd dat over 60-jaar de spot rates voor obligaties met een looptijd van tien jaar met een kans van 2.5% of minder negatief zijn:

$$\mathbb{P}(y_{60}(10) \leq 0) \leq 0.025$$

Onder deze voorwaarden worden de parameters gekalibreerd aan de hand van maandelijkse observaties in de periode tussen Januari 1999 en December 2018 voor de HICP-prijsindex in de Eurozone, de MSCI-aandelenindex in euro's en uit swap data verkregen nominale zero-coupon rentes voor looptijden 1, 5, 10, 15, 20 en 30 jaar. Vervolgens wordt een startwaarde voor het factorproces X_0 gekozen met het doel om de startwaarde van de door het model gegenereerde nominale rentetermijnstructuur zo goed mogelijk aan te laten sluiten bij wat op het moment van kalibratie geobserveerd wordt. Dit leidt tot een parameterset

$$(\mathbb{E}r_\infty, \mathbb{E}\pi_\infty, \eta_S, K, \beta^r, \beta^\pi, \sigma_S, \sigma_\Pi, \lambda_0, \Lambda_1, X_0)$$

¹⁷ Het begrip *risico-neutrale kans* wordt hier bedoeld zoals omschreven in de wetenschappelijke literatuur.

waarmee economische scenario's gegenereerd kunnen worden, de zogenaamde P-scenario's. De Commissie Parameters stelt in 2019 voor om λ_0 en X_0 elk kwartaal opnieuw te kalibreren, om zo goed mogelijk aan te sluiten bij de dan geldende waarden voor de UFR en voor de rentetermijnstructuur voor looptijden tot en met 30 jaar.

3.3. Definitie Q-scenario's en nieuwe toepassingen maken aanpassingen noodzakelijk

Op grond van de overwegingen van de eerdere Commissies Parameters vindt de werkgroep het KNW-model een natuurlijk startpunt voor de modellering van economische scenariosets. De bestaande aanpak om scenario's te genereren kan evenwel niet ongewijzigd overgenomen worden voor alle in hoofdstuk 2 besproken toepassingen van de scenariosets. Er moeten nu immers ook risico-neutrale scenario's (Q-scenario's) gegenereerd worden voor netto profijt berekeningen en berekeningen voor invaren met de vba-methode. Ook krijgen de P-scenario's meerdere nieuwe functies in het wetsvoorstel. Dat betekent niet op voorhand dat de eerdere methode om P-scenario's te genereren niet langer geschikt is, maar is wel een reden voor de werkgroep om mogelijke aanpassingen voor het hele model, dus voor zowel P- als Q-scenario's opnieuw te beschouwen.

De Q-scenario's worden gebruikt voor het waarderen van onzekere toekomstige kasstromen. Zoals uiteengezet in hoofdstuk 2 verschillen deze *risico-neutrale* scenario's van de P-scenario's omdat er gecorrigeerd is voor de prijs van risico's. Voor sommige daarvan, zoals renterisico en de onzekerheid in aandelenrendementen, is de prijs relatief makkelijk te relateren aan vrij in de markt verhandelde instrumenten zoals obligaties, aandenderivaten en inflatieswaps/-opties. Marktprijzen van deze instrumenten kunnen dan ook gebruikt worden bij het bepalen van de Q-scenarioset. Maar kenmerkend voor risicodeling in pensioencontracten is ook dat het deelnemers beschermt tegen risico's die niet (makkelijk) te mitigeren zijn met liquide marktinstrumenten. Daarbij kan men denken aan langlevenrisico, renterisico voor lange looptijden en (Nederlandse) loon/prijsinflatie.

Voor zulke risico's kan de prijs niet eenduidig uit marktgegevens gehaald worden: de in de Q-scenario's verwerkte compensatie voor een mogelijk risico kan alleen bepaald worden uit de prijzen van marktinstrumenten die gevoelig zijn voor zo'n risicofactor. Men kan dus wel een nauwkeurige aansluiting krijgen bij de prijzen van obligaties, kortlopende opties op aandelen en andere derivaten op het moment van kalibratie. Maar voor andere relevante risicofactoren kan die compensatie niet eenduidig bepaald worden, omdat de daarvoor benodigde marktgegevens ontbreken¹⁸. Dit is bijvoorbeeld het geval voor het risico in illiquide assets zoals vastgoed, private equity, hypotheek, opties die een lange looptijd hebben of ver out-of-the-money¹⁹ zijn, maar ook voor systematisch langlevenrisico of Nederlandse (loon)inflatie. Voor het inflatierisico kunnen we gebruik maken van marktprijzen van instrumenten die gebaseerd zijn op de Europese HICP prijsindex²⁰.

Bij het door de Commissie Parameters in 2019 gehanteerde model om P-scenario's te genereren was sprake van risicopremies voor rente, aandelen en prijsinflatie. Parameters die de risicopremie voor rente bepalen waren onderdeel van de kalibratie, omdat die van invloed zijn op de rentetermijnstructuur, en dus mede de prijzen van de obligaties bepalen die tijdens de kalibratie gefit zijn. De risicopremie voor aandelen werd vastgelegd via door de Commissie Parameters in 2019 gemaakte aannamen over het rendement op aandelen op de lange termijn. De risicopremie voor onverwachte inflatie werd niet gekalibreerd. In de kalibratie van de P- en Q-scenario's zoals voorgesteld door deze werkgroep zal die laatste risicopremie wel ingeschat worden.

3.4. Kalibratie van risico-neutrale scenario's

Voor het kalibreren van een risico-neutrale scenarioset is belangrijk welke (impliciete) opties er worden gewaardeerd. Het is van belang om voor de kalibratie van het model marktprijzen van

¹⁸ In de wetenschappelijke literatuur wordt dit aangeduid met 'incomplete' van de markt.

¹⁹ Dit zijn opties die enkel uitbetalen wanneer een onderliggende waarde, zoals een (swap-)rente of een aandelenprijs naar een waarde bewegen die ver van de huidige waarde afligt. Daarmee wordt dus informatie verkregen over de (risico-neutrale) kans op zulke extremere scenario's.

²⁰ De werkgroep heeft niet onderzocht in hoeverre de Europese HICP aansluit bij Nederlandse (loon)inflatie.

verhandelde optie te selecteren die zo goed mogelijk aansluiten bij de (impliciete) opties in het pensioencontract waarvan we de waarde willen berekenen met de Q-scenario's.

Alle deelnemers in het pensioenfonds hebben gezamenlijk nominale aanspraken die kunnen worden verhoogd om prijsstijgingen te compenseren. Deze aanpassing wordt *indexatie* genoemd. Een pensioenfonds mag echter pas indexeren bij een voldoende hoge dekkingsgraad. De dekkingsgraad is de verhouding tussen de marktwaarde van de beleggingen en de marktwaarde van de (nominale) aanspraken. Een pensioenfonds mag pas volledige indexatie toekennen als de dekkingsgraad hoog genoeg²¹ is en moet korten als de dekkingsgraad langdurig te laag is. Bovendien kan bij een voldoende hoge dekkingsgraad gecompenseerd worden voor in het verleden misgelopen indexatie. Aangezien de mate waarin indexatie misgelopen is afhangt van de periode waarin een huidige deelnemer bij het fonds aangesloten was, verschilt de hoogte van deze zogenaamde *inhaalindexatie* per deelnemer.

Door deze indexatie- en kortingsregels, is een pensioencontract een complex financieel derivaat waarvan we de marktwaarde kunnen inschatten met behulp van de Q-scenario's. De marktwaarde van de pensioenaanspraken wordt in belangrijke mate bepaald door de relatieve waarde van de (impliciete) indexatieopties ten opzichte van de kortingsopties. Zeker voor jongere generaties met weinig opgebouwde rechten, waarbij de pensioendatum nog ver in de toekomst ligt, wordt de waarde van de uiteindelijke aanspraken in belangrijke mate bepaald door de indexatie- en kortingsopties. Omdat deze opties pas bij langdurig hoge of lage dekkingsgraden in werking treden, is de waarde van deze opties gevoelig voor de "staarten" van de kansverdeling van het dekkingsgraad-proces. Anders dan bij de P-scenario'set, waarbij het adequaat inschatten van het gemiddelde en de variantie van de dekkingsgraad leidt tot een plausibel en bruikbaar model, is het bij het kalibreren van de Q-scenario'set belangrijk om de vorm van de *gehele kansverdeling* te kalibreren. Marktprijzen van opties met verschillende uitoefenprijzen ("strikes") geven een goed inzicht in de vorm van de gehele risico-neutrale kansverdeling van aandelen, rente en inflatie. Hierbij is van belang dat de range van uitoefenprijzen van impliciete opties in het pensioencontract zo goed mogelijk gedekt wordt door de range van uitoefenprijzen van in de markt verhandelde opties. In de kalibratie van Q-scenario-set moeten we dan ook borgen dat het risico-neutrale model zo goed mogelijk aansluit bij de gehele kansverdeling van de onderliggende marktprijzen. Dit kunnen we doen door, voor meerdere looptijden en meerdere strikes, de modelprijzen en marktprijzen met elkaar te vergelijken.

3.5. Een mogelijke aanpassing: Het KNW*-model

De werkgroep stelt een aantal wijzigingen voor ten opzichte van de aanpak van de Commissie Parameters in 2019 om een eerste mogelijke set van P- en Q-scenario's te kunnen genereren.

1. Bij de kalibratie van P- en Q-scenario's is gebruik gemaakt van instrumenten met uitbetalingen die van de toekomstige ontwikkeling van de (Europese) prijsinflatie afhangen, om de compensatie voor onverwachte inflatie in te kunnen schatten. Zulke instrumenten zijn nodig om Q-scenario's voor de prijsinflatie marktconsistent te maken²².
2. Rentetermijnstructuren hangen af van het toekomstig verloop van de risicopremie voor rente. De werkgroep kiest twee componenten van de vector λ_0 , niet langer constant maar deterministisch in de tijd variërend, zodat de op het moment van kalibratie geobserveerde rentetermijnstructuur exact gefit kan worden. De waardering van deterministische uitbetalingen in de toekomst middels de Q-scenario's zal dan automatisch consistent zijn met de op dat moment geldende nominale en reële risicovrije disconteringscurves.
3. In het KNW-model beschrijven twee factoren het verband tussen de prijsinflatie en de risicovrije rente. De werkgroep heeft ook een versie van het model onderzocht waarin een extra dimensie toegevoegd is aan het X_t proces, dus een overgang van $k = 2$ naar $k = 3$ in termen van de eerder geïntroduceerde parameters. Daarmee ontstaat een breder spectrum

²¹ De bovengrens ligt niet vast maar wordt bepaald door het niveau van de dekkingsgraad waarop toekomstbestendig volledige indexatie mogelijk is. Toekomstbestendig wil zeggen dat een indexatie niet alleen nu verleend kan worden, maar tot aan de horizon waarop de laatste kasstroom het fond verlaat.

²² Het modelleren van inflatierisico, gegeven een model voor nominaal renterisico, is equivalent is aan het modelleren van reëel renterisico. Een aandachtspunt is hierbij dat de marktprijzen voor inflatieswaps niet gebruik maken van de Nederlandse prijs- of looninflatie index, maar van de Europese HICP prijsindex en dat zij alleen voor looptijden tot 10 jaar liquide zijn.

aan mogelijke toekomstige nominale en reële disconteringscurves, omdat de termijnstructuur

$$\begin{aligned}\tau y_t^{\text{nom}}(\tau) &= A^{\text{nom}}(t, \tau) + B_1^{\text{nom}}(\tau)X_{t,1} + B_2^{\text{nom}}(\tau)X_{t,2} + B_3^{\text{nom}}(\tau)X_{t,3} \\ \tau y_t^{\text{real}}(\tau) &= A^{\text{real}}(t, \tau) + B_1^{\text{real}}(\tau)X_{t,1} + B_2^{\text{real}}(\tau)X_{t,2} + B_3^{\text{real}}(\tau)X_{t,3}\end{aligned}$$

op elk moment t een gewogen combinatie vormt van k curves die een tijdelijk effect beschrijven plus een extra curve die het gedrag op de lange termijn vastlegt:

Toevoegen van een extra factor kan daarom bijvoorbeeld helpen om de kans op scenario's met onrealistisch hoge of lage rentes te verkleinen. Daar staat tegenover dat onderzocht moet worden of het model niet lijdt onder overfitting.

De kalibratie van deze aanpassing, die we aanduiden met KNW*, wordt in twee stappen uitgevoerd:

- A. In de eerste stap wordt het model gekalibreerd onder P en onder de aanname dat de parameters die risicoprijzen voor rente- en inflatierisico bepalen constant zijn. De verwachtingswaarden op de lange termijn voor prijsinflatie, aandelenrendement en forward rentes worden daarbij a priori opgelegd. Deze eerste stap verschilt daarmee alleen van de door de Commissie Parameters in 2019 gebruikte kalibratiemethode doordat er een extra X -factor wordt toegevoegd²³, dus de keuze voor $k = 3$ in plaats van $k = 2$. Met het op deze wijze bepaalde model worden P-scenariosets gegenereerd.
- B. In de tweede stap worden (enkel) de parameters die de volatiliteiten en risicopremies bepalen herschat²⁴, door nu ook een zo goed mogelijke aansluiting te zoeken bij de prijzen van marktinstrumenten op analysedatum die gevoelig zijn voor rente- en inflatierisico (zie 1. en 2. hierboven) en voor volatiliteit van aandelen. Met het op deze wijze bepaalde model worden Q-scenariosets gegenereerd.

Deze kalibratiemethode is consistent met de veronderstelling dat market prices of risk constant waren in het verleden maar kunnen variëren in de toekomst. Die aanname stelt de werkgroep in staat om:

- o met eenzelfde soort model zowel mogelijke P-scenario's als Q-scenario's te genereren,
- o historische gegevens te gebruiken om de P-scenario's te bepalen, op vergelijkbare wijze als eerder voorgesteld door de Commissie Parameters in 2019, en
- o marktprijzen van derivaten op analysedatum alleen te gebruiken bij kalibratie van de parameters die de Q-scenario's bepalen.

3.6. Model- en parameteronzekerheid

Risicofactoren die relatief lastig af te dekken zijn in financiële markten zijn langlevenrisico, Nederlandse inflatie, lange termijn rentes (zowel nominaal als reëel) en de volatiliteit op de lange termijn. Voor berekeningen die fondsen nu al uit moeten voeren bij de bepaling van dekkingsgraden en de URM wordt dit deels ondervangen door aan te nemen dat toekomstige sterftekanalen en toekomstige lange termijn rentes bekend verondersteld kunnen worden. Fondsen rekenen immers op elk moment met de op dat moment relevante (cohort)sterftetafel, zonder rekening te houden met onzekerheden in toekomstige sterftekanalen. De rente voor lange looptijd wordt vastgelegd door de Ultimate Forward Rate waarmee DNB de rentetermijnstructuur berekent die fondsen moeten gebruiken bij de bepaling van de waarde van de verplichtingen. Hierdoor is er bij de berekeningen geen sprake meer van langlevenrisico of onzekerheid over forward rentes voor lange looptijden. Bovendien wordt er bij de P-scenario's van uitgegaan dat de volatiliteit van aandelen op de lange termijn hetzelfde is als de volatiliteit op de korte termijn, en die kan met behulp van marktinstrumenten ingeschat worden.

²³ In het bijzonder wordt λ_0 in deze fase van het kalibratieproces constant verondersteld; pas bij de kalibratie van de Q-scenario's wordt λ_0 een deterministisch in de tijd variërende functie.

²⁴ Eerst worden de parameters Λ_1 , $\delta_{1,r}$, σ_s en σ_π die de volatiliteiten bepalen geschat middels derivaten (aandelenopties, swaptions en year-on-year inflation caps) waarbij om overfitting te voorkomen voor $\delta_{1,\pi}$ de voor de P-scenariosets geschatte waarde wordt gebruikt. Vervolgens worden de eerste twee componenten van de vector $\lambda_0(\tau)$ gebruikt om de nominale en reële rentetermijnstructuur voor looptijd τ te fitten. De derde en laatste component van $\lambda_0(\tau)$ volgt dan uit de restrictie $\sigma_s' \lambda_0(\tau) = \eta_s$.

Als a priori waarden gekozen worden voor parameters die niet uit marktgegevens bepaald kunnen worden, leidt het KNW*-model onder deze aannamen, en na kalibratie, tot een unieke definitie van zowel P- als Q-scenario's. Die scenario's, en daarmee de uitkomsten van netto profijt berekeningen en berekeningen voor invaren met de vba-methode, hangen af van de volgende keuzes die a priori gemaakt moeten worden (dat wil zeggen, voor de kalibratie plaats kan vinden):

I. *Instrumenten die ingezet worden voor kalibratie.*

Daarbij moet naast het type van elk instrument (zoals de in het volgende hoofdstuk gebruikte prijzen van nominale en reële zero-coupon obligaties, rendementen van een aandelenindex²⁵ en een prijsindex, swaptions, year-on-year inflation caps en aandelenindexopties) ook per instrument gekozen worden: de gebruikte periode van historische observaties, contractparameters zoals de looptijd en bij derivaten uitoefenprijzen of -rentes, evenals de weging van het instrument in de doelfunctie van het optimalisatieproces om een zo goed mogelijke fit te bepalen.

II. *Waarden voor de lange termijn parameters.*

Het betreft parameters zoals de UFR (zowel nominaal als reël), en de verwachting en variantie op de lange termijn van zowel het rendement op aandelen als de onverwachte inflatie op de lange termijn, die niet uit marktgegevens af te leiden zijn.

III. *Al dan niet opgelegde randvoorwaarden, zoals een bovengrens voor de kans op negatieve rentes op de lange termijn.*

Bij de Commissie Parameters in 2019 was de restrictie dat de kans (onder P) dat t jaar na de datum van kalibratie de rente voor looptijd τ lager dan $\bar{y}$ wordt met een kans die kleiner is dan α . De keuze van de parameters betrof $\tau = 10$, $t = 60$, $\bar{y} = 0\%$ en $\alpha = 2.5\%$. Deze restrictie speelt, in tegenstelling tot de andere twee hierboven, enkel een rol bij de kalibratie van de P-set.

Er zijn uiteraard ook andere modelstructuren mogelijk en we bespreken daarom eigenschappen van het KNW*-model en enige alternatieven in de volgende paragraaf. Maar ook wanneer ervoor gekozen wordt om scenario's met behulp van een ander model te genereren moeten bovenstaande keuzes gemaakt worden. Wanneer dat het geval is, lijkt het de werkgroep verstandig dat nog steeds gestreefd wordt naar een perfecte fit van de rentetermijnstructuren, dat bij de kalibratie gebruik gemaakt wordt van derivaten die van prijsinflatie afhangen en dat geanalyseerd wordt hoe de kwaliteit van de kalibratie afhangt van het aantal stochastische processen dat de dynamica bepaalt.

3.7. Modeleigenschappen en alternatieven

De werkgroep heeft, vanwege de doelstelling om in een beperkte tijd een model op te zetten waarmee zowel P- als Q-scenario's gegenereerd kunnen worden, een aantal expliciete keuzes gemaakt. We bespreken hieronder een aantal modeleigenschappen met de bijbehorende voor- en nadelen. Er zijn in de markt op dit moment al diverse alternatieve generatoren voor economische scenario's, zoals de methoden die ontwikkeld zijn door Ortec Finance en APG.

Het door APG ontwikkeld model is een autoregressief vectorproces met toestandsafhankelijke volatiliteiten en neerwaartse sprongen, waarin naast de dynamica voor rente, inflatie en aandelenrendementen ook dividenden, (US) kredietrisico, nominale en reële rentetermijnstructuren, opties en swaptions gemodelleerd worden. Risicopremies worden ook in dit model affien verondersteld en volgen uit de kalibratie. Omdat de kans op een sprong en de spronggrootte niet van de toestand afhangen is sprake van een compleet model en ligt na kalibratie zowel de dynamica voor P- als Q-scenario's vast. Er is een gesloten formule voor optieprijzen met een looptijd van 3 maanden, wat overeenkomt met een enkele tijdstap in het model.

Het model van Ortec Finance combineert modelspecificaties voor de lange termijn (trend), middellange termijn (business cycle) en de korte termijn (binnen het jaar). Per horizon wordt een factor model gebruikt met stochastische volatiliteiten, waardoor verdelingen buiten de normale

²⁵ Een belangrijk aandachtspunt betreft de munteenheid waarin de waarden van de aandelenindex en aandelenindexopties uitgedrukt worden, aangezien dat bepaalt of er sprake is van extra volatiliteit als gevolg van schommelingen in wisselkoersen.

verdeling gegenereerd kunnen worden en correlatie op kan lopen in de staarten van de verdelingen. Dynamica van rente, inflatie en aandelenrendement worden aangevuld met rendement op vastgoed en valuta en deze economische variabelen worden wereldwijd gemodelleerd. Modellen voor P- en Q-scenario's zijn verschillend. Zo wordt voor de rente onder P een Diebold-Li model gebruikt en onder Q een Cheyette model.

We bespreken een aantal overeenkomsten met en verschillen tussen de KNW*-specificatie en deze bestaande methoden.

a. Affien Gaussisch Markov model voor rentetermijnstructuren

Het KNW- en KNW*-model vallen onder de affiene Gaussische Markov modellen. Binnen die klasse is het relatief eenvoudig om het verloop van niet (of lastig) observeerbare modelvariabelen zoals de instantane rente en verwachte inflatie in te schatten aan de hand van observeerbare grootheden. Bovendien worden rentetermijnstructuren beschreven als een factor-gewogen gemiddelde van een aantal vaste curves, hetgeen de interpretatie van de dynamica vergemakkelijkt. Er zijn gesloten formules voor de prijs van relevante marktinstrumenten in termen van parameters, hetgeen de kalibratie vereenvoudigt en de invloed van parameters op marktprijzen inzichtelijk maakt.

Als het model in staat moet zijn om de rentetermijnstructuren op analysedatum (nominaal en reëel) precies te repliceren legt dat eisen op aan de risicopremies voor rente- en inflatierisico. In de praktijk betekent deze eis meestal dat voor een Gaussisch short-rate model gekozen wordt zoals in het 2-factor-Hull-White model (dat lijkt op KNW*) en het Cheyette model (dat gebruikt wordt door Ortec Finance).

b. Afhankelijkheden tussen rendement op beleggingen

De toestandsafhankelijke volatiliteiten en de mogelijkheid dat jumps optreden in factorprocessen leiden bij de aanpak van APG tot correlaties tussen rendementen op aandelen en obligaties onder P die kunnen variëren in de tijd. Bij Ortec Finance zijn correlaties tijdsafhankelijk onder P maar constant onder Q. Correlaties die in de tijd veranderen maken de dynamica onder P realistischer omdat toenemende afhankelijkheid tussen de rendementen op verschillende beleggingen in tijden van crisis vooraf veronderstelde diversificatievoordelen deels teniet kan doen. Bij het KNW- en KNW*-model zijn ze constant onder zowel P als Q.

c. Volatiliteit

In het KNW*-model wordt de volatiliteit van rente, inflatie en aandelen *constant* gekozen onder zowel P als Q. Zoals eerder aangegeven, kunnen we optieprijsen met verschillende strikes gebruiken om inzicht te krijgen in de vorm van de gehele risico-neutrale kansverdeling. De marktprijzen van opties laten zien dat de risico-neutrale kansverdeling van de aandelenrendement, rente en inflatie aanzienlijk schever is dan de perfect symmetrische Gaussische verdeling van het KNW*-model.

Om een verbeterde fit aan de risico-neutrale kansverdeling te verkrijgen, moeten we de Gaussische kansverdelingen loslaten. Een mogelijke uitbreiding van het KNW*-model ligt in stochastische volatiliteit van de variabelen. Een stochastische versie kan gegenereerd worden door introductie van nieuwe factoren (zoals in de aangepaste versie van het Heston model dat Ortec Finance gebruikt) of door de volatiliteit te specificeren als een deterministische functie van bestaande stochastische toestandsvariabelen (zoals in de aanpak van APG).

Een andere uitdaging voor het KNW*-model is gelegen in het verschil in volatiliteiten voor de modellen waarmee P- en Q-sets gegenereerd worden. Dit maakt dat de P-specificatie en Q-specificatie niet langer *equivalent* zijn, wat impliceert dat het niet meer mogelijk is om marktprijzen onder Q van instrumenten exact te repliceren op basis van de P-scenario-set. Equivalentie van P en Q sluit uit dat er een arbitragemogelijkheid gecreëerd wordt,

wanneer de uitbetalingen van een contract middels een portefeuille gerepliceerd kunnen worden volgens de P-scenario's, terwijl de huidige waarde van het contract en die portefeuille niet overeenkomen volgens de Q-scenario's²⁶. Zowel APG als Ortec Finance leggen deze eis van equivalentie niet op in hun modellen. Zij stellen dan wel de eis dat de P- en Q-sets *separaat* gebruikt moeten worden. Dat wil zeggen dat de Q-scenario's alleen gebruikt mogen worden om prijzen uit te rekenen en P-scenario's alleen gebruikt mogen worden voor projecties van verwachte pensioenresultaten. Als er in P-scenario's derivaten worden gebruikt, worden deze gewaardeerd met analytische formules waarbij de volatiliteit van de P-scenario's gebruikt wordt. In de praktijk wordt overigens bij geen enkele van de wettelijke toepassingen van de scenariosets tegelijkertijd gebruik gemaakt van P- en Q-scenario's.

3.8. Geen eenduidige, objectief te motiveren, keuze mogelijk

Met de in de opdracht aan de werkgroep geformuleerde criteria, zoals het criterium dat modellen wetenschappelijk verdedigbaar moeten zijn, kunnen niet alle model- en parameterkeuzes beslecht worden. Er is dus sprake van model- en parameteronzekerheid in zowel de P- als de Q-scenario's.

We zullen in het volgende hoofdstuk laten zien dat de gevoeligheid voor de keuze van de lange termijnparameters die niet uit marktgegevens volgen groot kan zijn, voor zowel de P- als de Q-scenario's. De werkgroep adviseert daarom dat de Commissie Parameters de modelkeuze en de invloed van deze parameters op de uitkomsten voor de verschillende toepassingen van de economische scenario's in kaart brengt. Het is aan de wetgever om aan te geven hoe met die onzekerheid omgegaan moet worden.

²⁶ Een illustratief voorbeeld: als voor aandelen een Black-Scholes model onder P gebruikt wordt en een Heston model onder Q dan zal de Black-Scholes delta-hedge-strategie de at-the-money-call perfect repliceren voor alle P-scenario's wanneer het hedging account start met een inleg van de Black-Scholes prijs. Maar de waarde van de call volgens Q zal de over het algemeen hiervan verschillende Heston-prijs zijn.

4. Economische doorrekeningen

De werkgroep analyseert zowel de P-scenario's als de Q-scenario's in dit hoofdstuk op basis van het in het vorige hoofdstuk besproken KNW*-model. In de bespreking wordt nader ingegaan op zowel de statistische eigenschappen (onderliggende modelparameters, modelfit, eigenschappen scenario's) als de economische eigenschappen (doorrekening modelfonds). Details over de validatie van de resultaten staan in bijlage C.

4.1. Kalibratie P-scenario's

4.1.1. Methodologie

We onderzoeken de gevoeligheid voor met name de keuzes van lange-termijnparameters die niet uit de marktgegevens volgen door de onderstaande vier varianten van het KNW-model met elkaar te vergelijken:

1. **KNW (2019).** KNW-model met twee latente factoren, waarvoor de kalibratie van de Commissie Parameters in 2019 is gebruikt.
2. **KNW*.** KNW-model met drie latente factoren, waarbij zowel de UFR-restrictie als de negatieve rente restrictie is opgelegd. Dit is het in het vorige hoofdstuk beschreven model.
3. **KNW*, geen UFR.** KNW-model met drie latente factoren, waarvoor in vergelijking met KNW* de UFR-restrictie wordt losgelaten in de kalibratie.
4. **KNW*, negatieve renterestrictie 5%.** KNW-model met drie latente factoren, waarvoor in vergelijking met KNW* niet 2,5% maar 5% van de 10-jaars rentes in de lange-termijn verdeling negatief mag zijn.

We vergelijken de uitkomsten van modellen 2 en 3 en modellen 2 en 4 met elkaar om nader inzicht te krijgen in, respectievelijk, de impact van de UFR- en renterestrictie.

We baseren de kalibratiemethode op die van de Commissie Parameters in 2019, zie bijlage D1.

4.1.2. Kalibratie

We bespreken allereerst de kalibratie van de vier P-sets op basis van de resultaten in tabel 4.1.²⁷ Tabel 4.1 toont dat de kalibratie van modellen 2-4 significant verschilt van de kalibratie van model 1. Dit kan onder andere verklaard worden door het gebruik van de andere data-periode in de kalibratie (juni 2004 – december 2020 vs. januari 1999 – december 2018), wat illustreert dat de historische data-periode een belangrijke impact op de resultaten heeft²⁸.

Param	KNW (2019)	KNW*	KNW*, geen UFR	KNW*, renterestr 5%
$\delta_{0\pi}$	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%
$\delta_{1\pi,1}$	-0,21%	0,12%	0,50%	0,16%
$\delta_{1\pi,2}$	0,00%	0,21%	0,05%	0,13%
$\delta_{1\pi,3}$	-	1,30%	-1,07%	1,32%
δ_{0r}	2,12%	1,75%	1,80%	1,57%
$\delta_{1r,1}$	-0,77%	0,64%	0,60%	0,64%
$\delta_{1r,2}$	-0,08%	0,16%	-0,09%	0,12%
$\delta_{1r,3}$	-	-0,30%	0,03%	-0,30%
K_{11}	6,56%	21,41%	10,44%	18,18%
K_{21}	23,66%	-30,73%	-49,99%	-34,82%
K_{22}	30,32%	13,36%	90,43%	14,71%
K_{31}	-	-21,94%	-41,42%	-20,53%
K_{32}	-	10,06%	-20,83%	8,39%
K_{33}	-	178,29%	200,00%	170,98%

²⁷ Om vergelijking makkelijker te maken hanteren we hier de symbolen zoals gebruikt door de Commissie Parameters in 2019. In hoofdstuk 3 gebruikten we voor sommige parameters andere symbolen: $\delta_{0,\pi} = \mathbb{E} \pi_{\infty}$, $\delta_{0,r} = \mathbb{E} r_{\infty}$, $\delta_{1,r} = \beta^r$, $\delta_{1,\pi} = \beta^{\pi}$.

²⁸ We hebben in een gevoeligheidsanalyse het KNW(2019) model ook op de kortere data-periode gekalibreerd en vinden dat deze kalibratie dichter bij de KNW* specificatie ligt dan bij de bestaande kalibratie van KNW(2019).

η_s	4,33%	4,56%	4,54%	4,73%
$\sigma_{s,1}$	-5,28%	3,11%	3,05%	3,22%
$\sigma_{s,2}$	-1,14%	0,07%	3,06%	-0,19%
$\sigma_{s,3}$	0,05%	6,29%	-4,07%	5,96%
$\sigma_{s,4}$	13,07%	2,28%	0,90%	2,57%
$\sigma_{s,5}$	-	-10,89%	-11,99%	-10,93%
$\sigma_{\pi,1}$	-0,10%	0,12%	0,12%	0,14%
$\sigma_{\pi,2}$	0,06%	0,05%	0,20%	0,04%
$\sigma_{\pi,3}$	0,55%	0,21%	-0,15%	0,20%
$\sigma_{\pi,4}$	0	-0,46%	-0,49%	-0,45%
$\sigma_{\pi,5}$	-	0	0	0
$\lambda_{0,1}$	0,614	-0,738	-0,520	-0,641
$\lambda_{0,2}$	0,108	-0,050	-0,212	-0,040
$\lambda_{0,3}$	0	-0,287	-0,078	-0,234
$\lambda_{0,4}$	0,589	-1,660	-0,875	-1,697
$\Lambda_{1,1}$	0,091	0,001	0,478	0,029
$\Lambda_{2,1}$	-0,209	0,324	0,547	0,352
$\Lambda_{3,1}$	0	0,241	0,441	0,238
$\Lambda_{4,1}$	0,018	0,124	-0,071	0,144
$\Lambda_{1,2}$	0,208	-0,194	-1,018	-0,207
$\Lambda_{2,2}$	-0,228	-0,116	-1,005	-0,118
$\Lambda_{3,2}$	0	-0,117	-0,035	-0,114
$\Lambda_{4,2}$	0,064	-0,319	-0,382	-0,282
$\Lambda_{1,3}$	-	-0,205	-0,259	-0,177
$\Lambda_{2,3}$	-	-0,037	0,025	-0,018
$\Lambda_{3,3}$	-	-1,454	-1,713	-1,360
$\Lambda_{4,3}$	-	-1,629	0,720	-1,582

Tabel 4.1: De geschatte parameters voor de vier modellen. De parameters van de eerste specificatie volgen uit de kalibratie van de Commissie Parameters in 2019 (analysedatum ultimo 2020), terwijl de overige specificaties gekalibreerd zijn op maandelijkse data tussen 2004-2020. We gebruiken de notatie van Pelsser (2019).

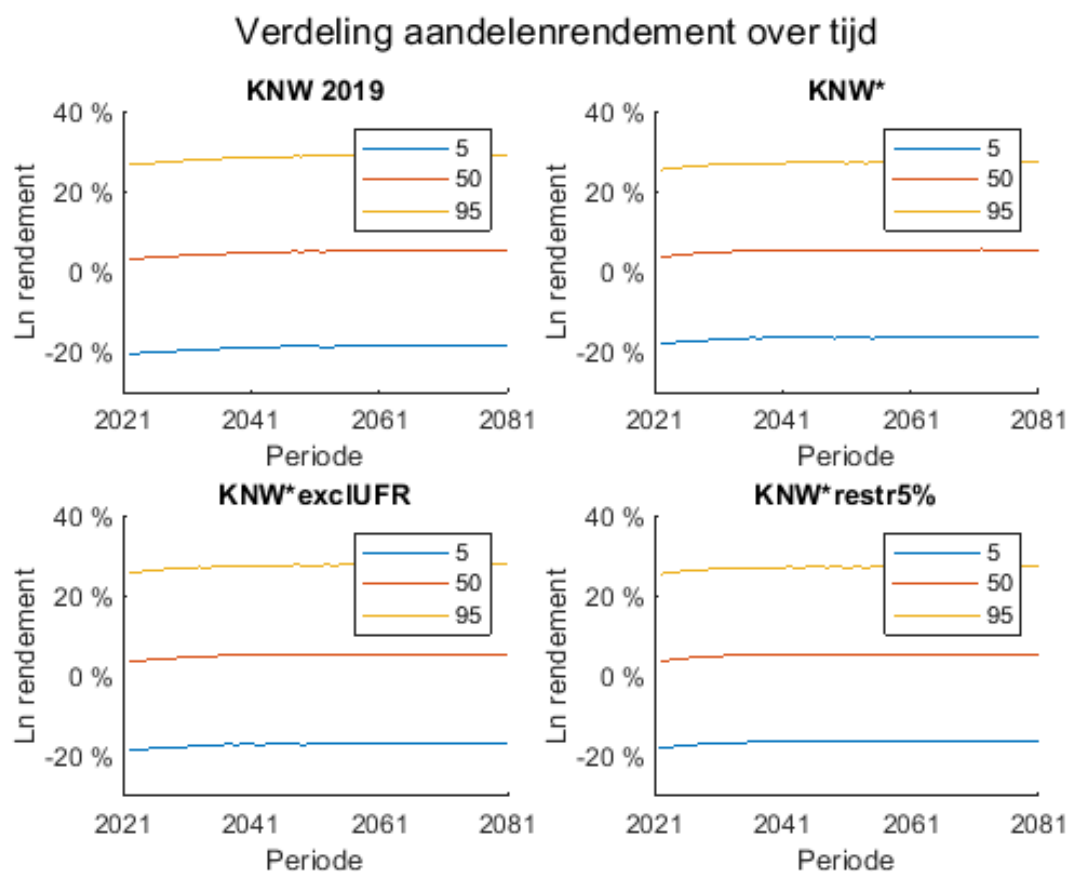
Daarnaast toont de tabel dat de UFR- en renterestrictie in KNW*, net zoals in KNW (2019)²⁹, impact op het renteniveau heeft. Zo varieert de asymptotische nominale instantane rente $\delta_{0r} = \mathbb{E} r_\infty$ tussen de 1,57% en de 1,80% voor de drie varianten van het KNW*-model en zien we een vergelijkbare impact voor de λ_0 parameters die de hoogte van het lange eind van de rentecurve beïnvloeden.

Tot slot blijkt dat zowel de UFR- als renterestrictie ervoor zorgen dat het proces voor de factorvariabelen minder persistent wordt.

Figuren 4.1 en 4.2 tonen de verdeling van aandelenrendementen en inflatie over tijd. We zien dat er op lange-termijn geen grote verschillen bestaan tussen de specificaties. De gemiddeldes zijn op de lange termijn – door het opleggen van asymptotische meetkundige gemiddeldes voor inflatie en aandelen in de schatting – gelijk, en in 90% van de scenario's bewegen de aandelenrendementen voor alle modellen tussen de -20% en 30% en de inflatie tussen de 0% en 4%.

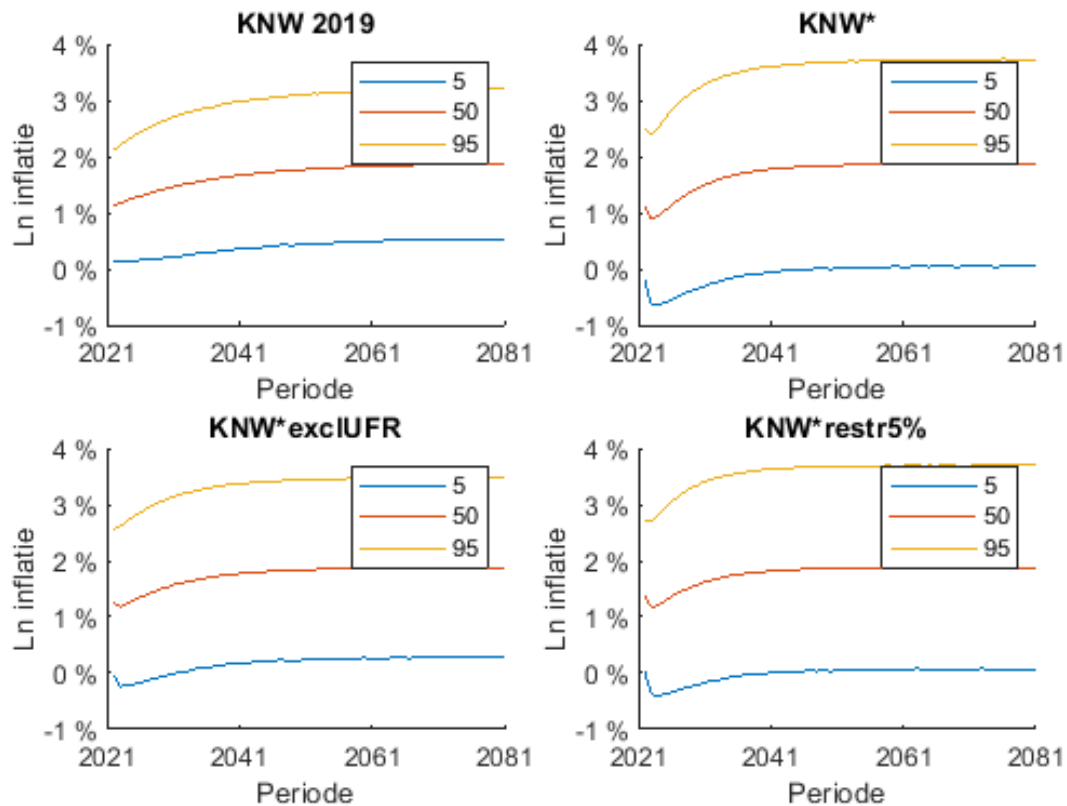
²⁹ Zie Pelsser (2019). Technical note: Kalman Filter Estimation of the KNW Model.

Figuur 4.2 laat wel een verschil in inflatie voor korte looptijden zien. Een verklaring hiervoor is dat de startwaardes voor de KNW*-modellen niet enkel op basis van de nominale rentecurve maar ook op basis van de reële rentecurve gekalibreerd zijn. De lagere mediane inflatie gedurende de eerste jaren in deze scenario's is in lijn met de reële rentecurve ultimo 2020 in de data.



Figuur 4.1: De verdeling van meetkundige (in natuurlijke logaritme, $\ln$) jaarlijkse aandelenrendementen over de tijd voor de vier modellen.

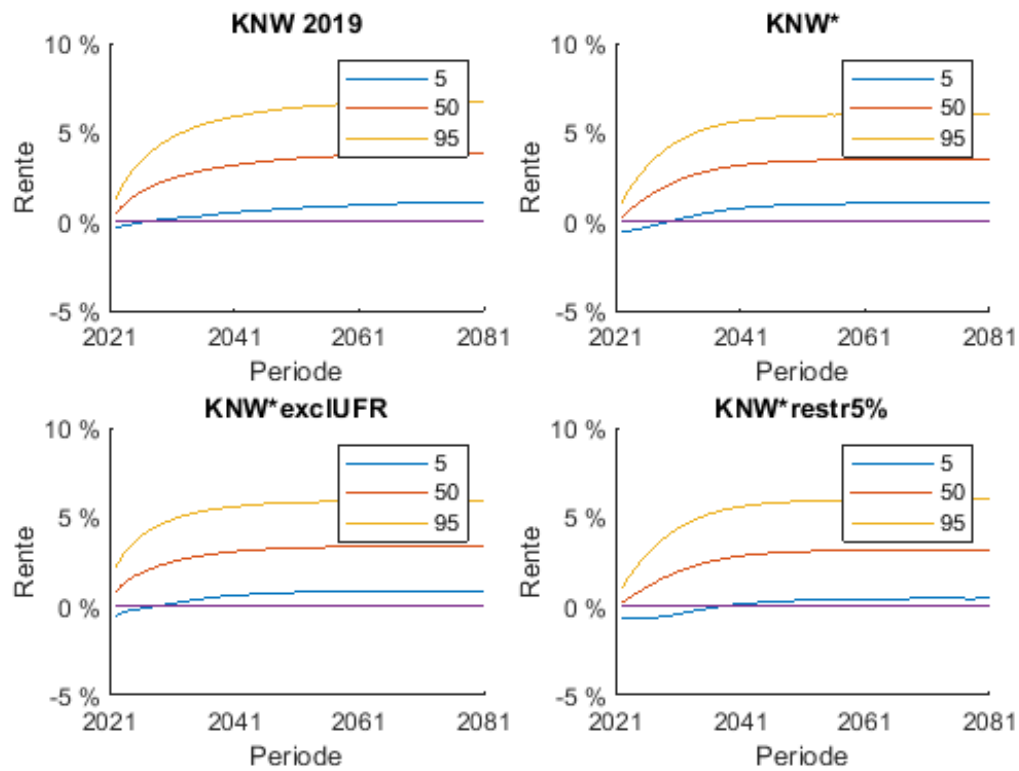
Verdeling inflatie over tijd



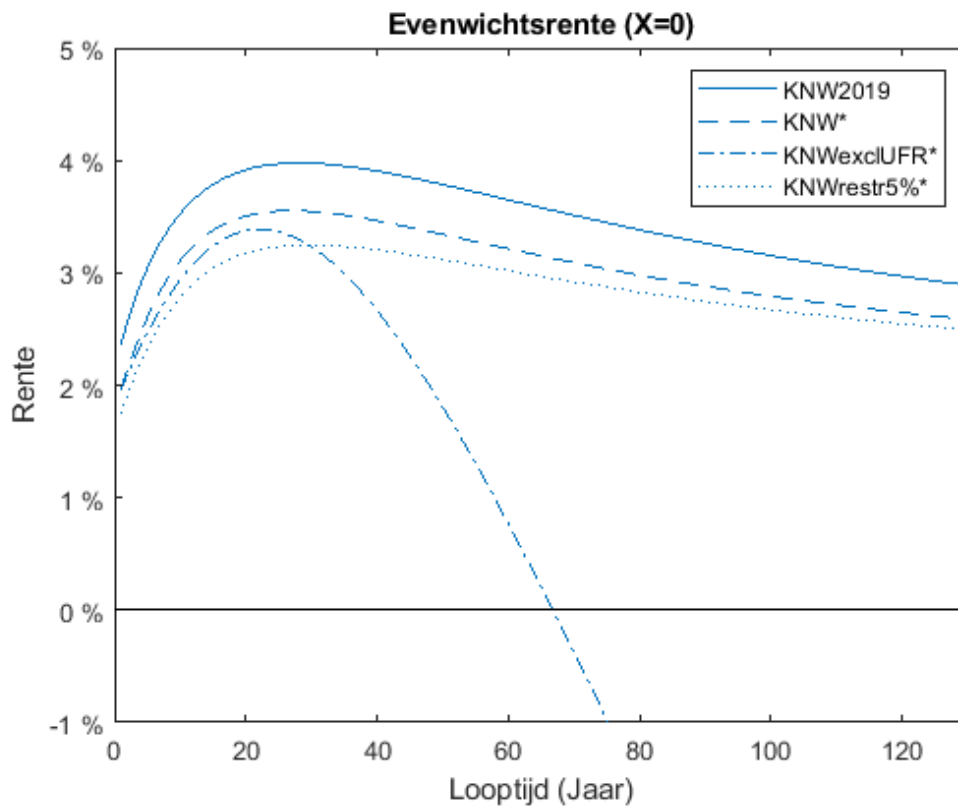
Figuur 4.2: De verdeling van de meetkundige (in natuurlijke logaritme, $\ln$) jaarlijkse inflatie over tijd voor de vier modellen.

Figuren 4.3 en 4.4 tonen de verdeling van de 20-jaars rente en de evenwichtsrentecurves voor het KNW-model en de drie varianten van het KNW*-model. We zien hier dat de restricties een significante impact op zowel de gemiddelde rentes als de spreiding in de rentes hebben. Zowel het opleggen van de UFR restrictie als de striktere variant van de renterestictie (2.5%) zorgen ervoor dat de gemiddelde rente hoger komt te liggen en de spreiding kleiner wordt. De KNW (2019) evenwichtsrente ligt het hoogst en dat is in lijn met de hogere gemiddelde rente in de langere dataset waarop KNW (2019) gekalibreerd is.

Verdeling van rente met looptijd 20 jaar over tijd



Figuur 4.3: De verdeling van de meetkundige 20-jaars nominale zero-coupon rente over tijd voor de vier modellen.



Figuur 4.4: De evenwichtsrentecurves voor de vier modellen. Dit zijn de rentes voor de factorvariabelen gelijk aan 0.

4.1.3. Economische doorrekening

Deze sectie illustreert de impact van modelaannames op de vier toepassingen voor een P-set (zie hoofdstuk 2) voor een modelfonds, waarvan de eigenschappen beschreven staan in bijlage E.

De werkgroep illustreert de impact op de vier³⁰ toepassingen als volgt:

1. **URM.** De werkgroep toont voor drie maatmensen de pensioenuitkering in een pessimistisch (5^e percentiel), mediaan (50^e percentiel) en optimistisch (95^e percentiel) scenario. Het gaat voor actieven om de pensioenuitkering op pensioendatum en voor de gepensioneerde om de pensioenuitkering 10 jaar in de toekomst. We normaliseren de absolute hoogte van de uitkeringen per leeftijdscohort door te delen door de mediane uitkering in de KNW (2019) specificatie, aangezien de absolute hoogte van uitkeringen sterk afhangt van fonds specifieke eigenschappen.
2. **Fiscale grens.** De werkgroep toont het 27^e percentiel van het meetkundig gemiddeld reëel portefeuillerendement per 60-jaars scenario voor een fonds dat 50% belegt in aandelen en 50% belegt in een 30-jaars zero-coupon obligatie conform de methodiek in hoofdstuk 'Wijziging fiscaal pensioen kader' in de Memorie van Toelichting³¹. De fiscale premiegrens volgt uit deze uitkomst.
3. **Premie-ambitie.** De werkgroep toont dezelfde informatie als voor de URM om de onzekerheid in de verdeling van uitkeringen tussen scenariosets te illustreren voor een gegeven premieniveau voor de drie maatmensen³².
4. **Risicohouding.** De werkgroep toont de risicomaatstaven voor DC-regelingen conform het huidige wettelijk kader, aangezien de nieuwe risicomaatstaven op moment van schrijven nog uitgewerkt dienen te worden in de lagere regelgeving. De doorgerekende risicomaatstaven zijn gelijk aan de afwijking van het pensioen in een pessimistisch scenario t.o.v. een mediaanscenario. In de opbouwfase gaat het hierbij om het mediane pensioen op pensioendatum, in de uitkeringsfase om de afwijking van het pensioen van jaar-op-jaar.

We laten voor toepassingen 1 en 3 geen absolute hoogtes voor de ingelegde premie, de pensioenuitkeringen en de ambitie zien, aangezien de uitkomsten gevoelig zijn voor fonds specifieke eigenschappen en nog niet alle details van het wettelijk kader bekend zijn. De Commissie Parameters zou dit wel in beeld kunnen brengen.

We bespreken de resultaten van de impactanalyse op basis van tabel 4.2, waarbij we eerst de nadruk leggen op de verschillen tussen de specificaties:

- **URM en premie-ambitie:** We zien dat de gekozen specificatie een behoorlijke impact heeft op de resultaten. Zo varieert de uitkering van een 57-jarige tussen de 0,98 en 1,04 in een mediaan scenario en tussen de 0,50 en 0,60 in een pessimistisch scenario. Daarnaast zien we dat de impact op het verwachte pensioen voor een 27-jarige varieert tussen de 0,9 en 1. Ofwel een impact van 10% op het verwachte pensioen. Ook het slecht weer pensioen van deze jonge deelnemer vertoont een variatie tussen de 0,36 en 0,45, een verschil van 20%.
- **Fiscale grens:** Het meetkundig gemiddelde portefeuillerendement varieert tussen de 1,35% en 1,74% wat conform de Memorie van Toelichting leidt tot een variatie in de fiscale premiegrens op lange termijn van circa 2%-punten (circa van 30% tot 32%)³³. Het meetkundig reëel portefeuillerendement is hierbij het hoogst in de variant zonder UFR.
- **Risicohouding:** De maximale toegestane afwijking in een pessimistisch scenario verschilt, in procentpunten, het meest voor de 27-jarige maatmens. De afwijking varieert tussen de 52,1% en de 64,3%.

Een nadere bestudering van de resultaten laat zien dat de verschillen tussen varianten mede verklaard worden door een verschil in correlaties. Het meetkundig gemiddeld portefeuillerendement is bijvoorbeeld het hoogst voor de set zonder UFR, aangezien deze set de minste diversificatie kent tussen de rendementen op de 30-jaars obligatie en aandelen, waardoor

³⁰ De werkgroep heeft er voor gekozen, vanwege de beschikbare tijd, de invloed op de haalbaarheidstoets niet in kaart te brengen.

³¹ Zie deze [link](#).

³² We realiseren ons dat deze aanpak niet direct aansluit bij de uitgangspunten in het concept-wetsvoorstel waarin een koppeling wordt gelegd tussen de premie, het beoogde doel en de kans dat dit doel wordt gehaald.

³³ De fiscale premiegrens wordt gebaseerd op een tabel, waarbij voor een rendement tussen minimale en maximale waardes een fiscale grens staat weergegeven. De grens is op de korte termijn constant, tenzij afwijkingen groter zijn dan 5%-punt.

het meetkundig portefeuillerendement hoger uitvalt. De factorvariabelen zijn voor deze set relatief persistent, waardoor de verschillende reeksen een grotere afhankelijkheid kennen.

		KNW (2019)	KNW*	KNW*, geen UFR	KNW, restr5%
1. URM, 3.Premie/ambitie	27 jarige	[0,36; 1; 2,19]	[0,45; 0,94; 1,72]	[0,44; 0,99; 1,92]	[0,41; 0,9; 1,69]
	57 jarige	[0,50; 1; 1,78]	[0,60; 1,03; 1,64]	[0,59; 1,04; 1,69]	[0,56; 0,98; 1,58]
	77 jarige	[0,66; 1; 1,50]	[0,74; 1,05; 1,44]	[0,71; 1,02; 1,42]	[0,73; 1,03; 1,41]
2. Fiscale grens	Reëel rend.	1,35%	1,50%	1,74%	1,43%
4. Risicohouding	27 jarige	64,3%	52,1%	55,5%	54,0%
	57 jarige	50,1%	41,3%	43,4%	42,7%
	77 jarige	0,9%	1,3%	1,3%	1,3%

Tabel 4.2: De tabel toont de impactanalyse voor de P-scenario's. De uitkomsten voor toepassingen 1 & 3 geven reële uitkomsten in een pessimistisch, mediaan en optimistisch scenario weer en zijn per leeftijdscohort genormaliseerd op de mediane uitkering in de KNW(2019) specificatie. De uitkomsten voor toepassing 2 geven het 27^e percentiel van het meetkundig gemiddeld reële rendement per 60-jaars scenario weer. De uitkomsten voor toepassing 4 geven de procentuele afwijking van de pensioenuitkering in het pessimistische scenario ten opzichte van het mediane scenario weer op pensioendatum voor de niet-gepensioneerden en voor het eerstvolgende jaar voor gepensioneerden. De werkgroep geeft, vanwege de beperkte tijd, geen inzicht in de numerieke onnauwkeurigheid in de hier gepresenteerde getallen gegeven het aantal gebruikte scenario's van 20.000.

4.2. Kalibratie Q-scenario's

4.2.1. Methodologie

Deze sectie beschrijft de methodologie die de werkgroep gebruikt om het KNW*-model op de marktprijzen van 31 december 2020 te kalibreren. Deze methodologie wordt uitgebreider uitgelegd (incl. een beschrijving van de gebruikte data) in bijlage D2.

We analyseren de impact van de UFR-restrictie en de in de kalibratie gebruikte instrumenten door het KNW*-model te vergelijken met twee alternatieven:

1. **KNW***. KNW-model met drie latente factoren, waarvoor de werkgroep de UFR restrictie oplegt. Dit model gebruikt tijdsvariërende risicopremies zoals beschreven in het vorige hoofdstuk.
2. **KNW*, geen UFR**. KNW-model met drie latente factoren, waarvoor in vergelijking met KNW* de UFR-restrictie wordt losgelaten.
3. **KNW*, andere instrumenten (KNW* a.i.)**. KNW-model met drie latente factoren en UFR restrictie, waarbij in vergelijking met KNW* extra out-of-the-money (OTM) opties in de kalibratie worden gebruikt.

We brengen de impact van de UFR restrictie en het gebruik van andere instrumenten in beeld door de resultaten voor variant 1 en 2 en variant 1 en 3 met elkaar te vergelijken.

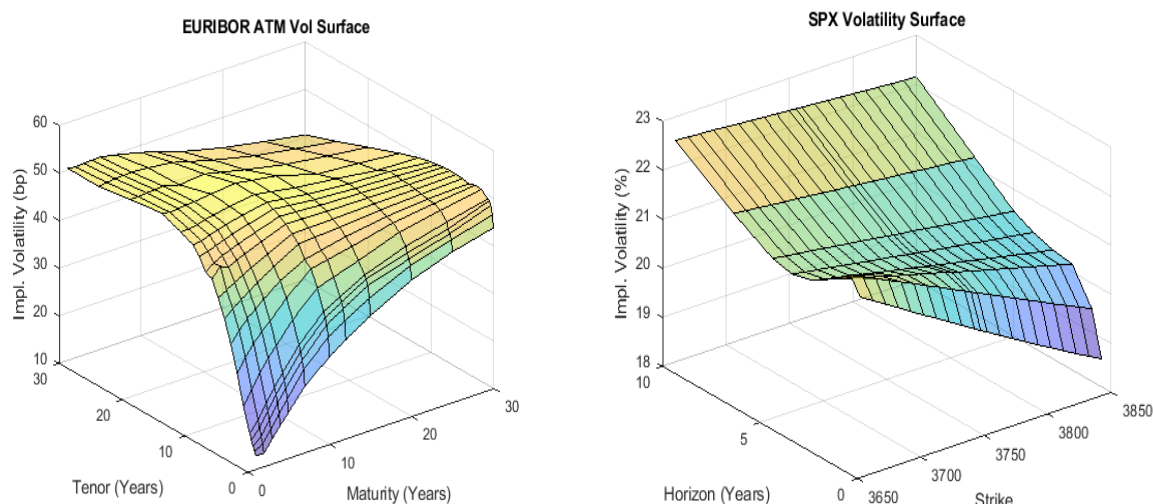
De werkgroep kiest de modelparameters zodanig dat de modelprijzen voor de geselecteerde instrumenten zo dicht mogelijk aansluiten bij de in markt geobserveerde prijzen op de analysedatum van 31 december 2020. Dit betekent concreet dat we de gekwadrateerde fout tussen waarden van het model en waarden in de markt voor prijzen en implied volatilities minimaliseren.

We houden bij de selectie van de instrumenten rekening met de liquiditeit van de gebruikte financiële instrumenten. We gebruiken daarom in de kalibratie hoofdzakelijk at-the-money opties en beperken ons bij de aandelenopties en de inflatie-caps tot looptijden t/m 10 jaar. We doen in

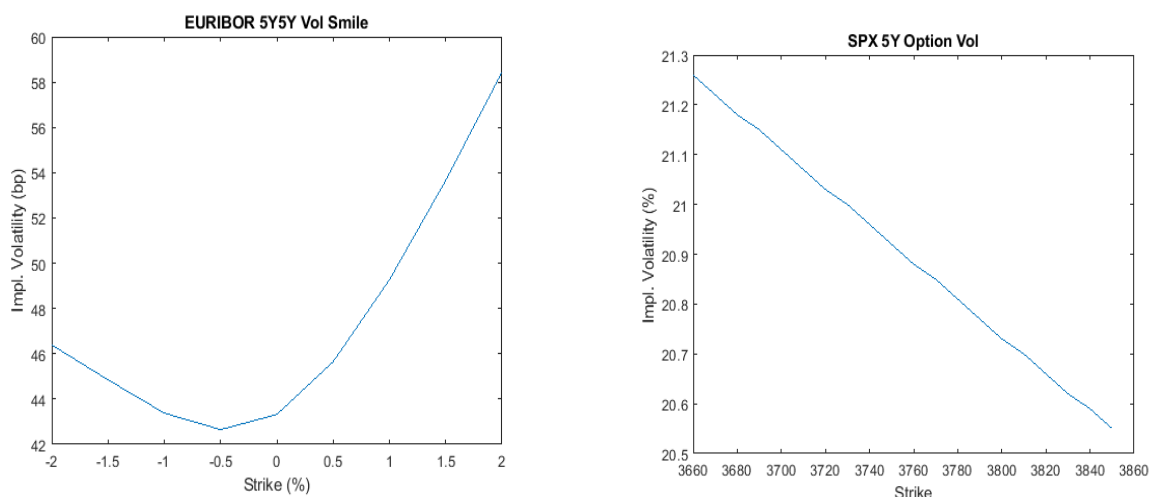
variant 3 van het KNW*-model wel een gevoeligheidsanalyse op de in de kalibratie te gebruiken instrumenten. Deze selectie kan in vervolgonderzoek verder verfijnd worden.

4.2.2. Kalibratie

Figuren 4.5 en 4.6 geven een overzicht van de swaption en optie data - uitgedrukt in (annualized) implied volatility - die we gebruiken bij het kalibreren van de modelparameters.



Figuur 4.5. De volatility surfaces ultimo 2020 van EURIBOR swaptions (6M floating rate) en SP500 opties, waarbij de implied volatility afgezet wordt tegen de tenor en maturity (swaptions) en de strike en maturity (aandelenopties). De hoogte van de SP500 ultimo 2020 is 3755.



Figuur 4.6: Dit figuur geef de implied volatilities ultimo 2020 weer voor respectievelijk EURIBOR swaptions met maturity 5Y en tenor 5Y en een SP500 optie met looptijd 5 jaar voor verschillende strikes. De hoogte van de SP500 ultimo 2020 is 3755.

Figuren 4.5 en 4.6 tonen dat het verschil in implied volatilities voor de 5Yx5Y EURIBOR swaptions voor verschillende strikes 16 basispunten bedraagt en voor SPX 5Y opties 0.8%. Het KNW*-model kan dit patroon niet exact fitten, aangezien de implied volatilities voor opties met verschillende uitoefenprijzen maar dezelfde looptijden gelijk zijn. Dat volgt uit de lognormale risico-neutrale verdeling van aandelenrendementen in dit model.

Tabel 4.3 toont de belangrijkste parameters voor de kalibratie van het Q-model³⁴. De tabel laat zien dat de parameters significant verschillen van de parameterschattingen voor de P-kalibratie (zie vorige sectie). Zo is volatiliteit van aandelenrendementen (berekend als de wortel van de gekwadrateerde som van de volatiliteitsparameters) voor aandelenrendementen niet circa 13%, maar circa 21%. Daarnaast zien we dat het gebruik van aanvullende out-of-the-money instrumenten ook een behoorlijke impact heeft, aangezien de aandelenvolatiliteit licht daalt en de inflatievolatiliteit stijgt.

	KNW*			KNW*, a.i.		
M	0,354	0	0	0,380	0	0
	-0,801	0,029	0	-0,803	0,031	0
	0,968	0,513	0,848	0,985	0,494	0,891
$\Lambda_{(4,:)}$	0,534	0,888	0,964	0,535	0,887	0,966
σ_S	18,68%			18,29%		
	9,42%			7,90%		
	-0,06%			1,18%		
	0,08%			-0,18%		
	0,08%			-0,18%		
σ_π	-0,14%			-0,63%		
	0,00%			-0,47%		
	-0,59%			-0,71%		
	0,59%			0,05%		
	0			0		
R_1	-0,73%			0,05%		
	0,07%			0,96%		
	-0,39%			1,03%		

Tabel 4.3: Kalibratie Q-set. De tabel geeft de gekalibreerde vrije Q-parameters weer voor zowel de KNW* als de KNW* a.i., specificatie. We berekenen de parameters door de gekwadrateerde fout tussen de prijs/implied volatility in het model en de markt te minimaliseren. Zie bijlage D2 voor nadere details over de gebruikte notatie.

We analyseren de aansluiting tussen de modelprijzen en de marktprijzen in tabel 4.4.

We zien allereerst dat de Q-set gebaseerd op de P-parameters niet goed in staat is om de actuele prijzen te fitten. Dit toont dat het lastig is om parameters te kiezen, waarvoor de P-set aansluit bij de historische data en de Q-set bij de actuele marktdata. Daarnaast laat de tabel zien dat de op marktdata gekalibreerde varianten van het KNW*-model wel in staat zijn om de gebruikte marktinstrumenten te fitten. Zo is de kalibratiefout voor een 10-jaars ATM aandelenoptie ruim 800 basispunten op basis van de P-parameters maar slechts 9 basispunten op basis van de modelparameters voor het KNW*-model. Een aandachtspunt is de fit van de inflatie-caps, aangezien deze minder goed is vanwege de scheefheid in de betreffende risico-neutrale verdeling.

³⁴ De tabel toont geen gekalibreerde modelparameters voor **KNW***, geen **UFR**, aangezien deze, behoudens de niet gerapporteerde waarden voor de tijdsafhankelijke parameter $\lambda_0(t)$, gelijk zijn aan de parameters voor **KNW***.

Tot slot leidt de kalibratie van de KNW*a.i. specificatie tot een lagere aandelenvolatiliteit en een hogere rente- en inflatievolatiliteit (zie ook tabel 4.3). We zien dat – in lijn met de gekozen kalibratiemethode – de KNW* specificatie de ATM opties het beste fit, terwijl de KNW*, a.i. de totale set aan opties het beste fit.

Stock Options		Vol (%)	Vol (%)		P-Param	KNW*	KNW*, a.i.
Maturity		ATM strike 3755	OTM strike 3850		Vol	Vol	Vol
1		20,7	19,5		13,2	20,7	20,2
3		20,7	20,2		13,3	20,7	20,5
5		20,9	20,6		13,4	21,0	20,8
10		22,3	22,2		13,9	22,2	22,2
Swaptions		Vol (bp)	Vol (bp)				
Maturity	Tenor	ATM	OTM +2%		Vol	Vol	Vol
5	5	43,1	58,4		53,5	49,2	54,2
20	5	49,6	58,3		51,0	52,2	55,5
5	10	51,5	59,7		53,2	53,1	56,9
20	10	51,3	56,9		48,6	50,7	53,6
5	20	52,0	57,4		49,3	51,1	54,2
20	20	47,7	53,3		43,0	45,6	47,8
YoY Inflation Cap							
Maturity	Strike		Price		Price	Price	Price
1	2%		5,6		7,6	5,7	3,8
5	2%		21,9		63,7	22,3	25,8
10	2%		79,1		197,3	79,2	79,8
1	3%		0,9		0,5	0,2	0,1
5	3%		5,1		11,6	1,0	1,6
10	3%		12,3		48,0	6,8	6,5
				SSE:	0,08	2,69E-04	1,44E-04

Tabel 4.4. Het eerste deel van de tabel geeft marktprijzen/volatiliteiten weer voor een deel van de financiële instrumenten ultimo 2020. Het tweede deel geeft de modelprijzen/volatiliteiten weer van het KNW-model met de eerder geschatte P-parameters en het KNW*-model met vrije parameters, voor twee verschillende sets van instrumenten die gebruikt zijn voor de kalibratie van Q-sets. De KNW* specificatie is alleen op ATM opties/2% inflatiecaps gefit, de KNW* a.i. specificatie is ook op de OTM opties/3% inflatiecaps gefit. De SSE toont het gekwadraterde verschil tussen de markt- en modelprijzen voor de dataset van deze laatste specificatie.

4.2.3. Economische doorrekening

We illustreren in deze sectie de impact van modelaannames op de twee toepassingen voor de Q-set (zie hoofdstuk 2) voor een modelfonds. Dit modelfonds heeft een dekkingsgraad van 100%, belegt 60% in aandelen en 40% in renteafdekking, hanteert het genoeg is genoeg principe, en heeft een premiedekkingsgraad van 100%. Het is een ander fonds³⁵ dan in hoofdstuk 5, waardoor de resultaten in deze sectie niet één-op-één vergeleken kunnen worden met de resultaten uit hoofdstuk 5. Zie bijlage E voor nadere details.

De werkgroep rekent de twee toepassingen voor de Q-set als volgt door:

5. **Vba-waarde.** De werkgroep toont voor drie maatmenssen de vba-waarde (value-based ALM waarde) van de huidige aanspraken onder het FTK gedeeld door de waarde van de huidige technische voorziening (berekend via de nominale rentecurve aan het begin van de

³⁵ De reden hiervoor is praktisch; de analyses zijn door verschillende werkgroepleden uitgevoerd met gebruik van hun eigen fondsmodel.

desbetreffende scenarioset). Deze waardes liggen onder de 100%, aangezien het onverdeeld vermogen in het FTK in deze doorrekening niet toebedeeld wordt.

6. **Verandering in netto profijt.** De werkgroep toont voor drie maatmensen het verschil (Δ) in het netto profijt tussen 1) een individuele DC-regeling waarbij deelnemers als startvermogen de technische voorziening onder het FTK meekrijgen en 2) het huidige FTK met doorsneesystematiek. Het verschil in netto profijt wordt in de tabel gedeeld door de vba-waarde van de toekomstige uitkeringen in het FTK. Een positief (negatief) verschil in netto profijt betekent dat de deelnemer er bij de overstap van het FTK naar de individuele DC-regeling op vooruit (achteruit) gaat.

Zoals aangegeven in de inleiding heeft de werkgroep, gezien de beschikbare tijd, geen analyse kunnen doen van het aantal benodigde scenario's. Voor de toepassingen in deze paragraaf geven we wel inzicht in de simulatie (on)nauwkeurigheid door intervallen te presenteren voor de value-based ALM waarde en het verschil in netto profijt bij het door de werkgroep gebruikte aantal van 20.000 scenario's. Deze intervallen zijn gebaseerd op het 0,5% en 99,5% kwantiel van de simulatieverdeling.

Tabel 4.5 toont de resultaten, waarbij we bij KNW (2019) "-" noteren, aangezien dit model geen op de markt gekalibreerde Q-set kent:

- **Vba-waarde:** We zien dat het gebruik van andere instrumenten en de UFR-restrictie een behoorlijke impact op de resultaten heeft. Zo zien we dat de vba-waarde (uitgedrukt als percentage van de technische voorziening) varieert tussen de 42,8% en de 56,1% voor een 27-jarige.³⁶ Beide varianten zorgen ervoor dat het fonds in de scenario's meer fondsvermogen aan de huidige opbouw toekent. De UFR-restrictie leidt, via rentecurves die voor het lange eind gemiddeld hoger liggen, tot een lagere kans op kortingen in het begin van de simulaties, terwijl de kalibratie op basis van andere instrumenten, via een lagere uitvallende Q-aandelenvolatiliteit en een hogere uitvallende Q-inflatievolaatilititeit, leidt tot een onverdeeld vermogen dat lager uitvalt door de kleinere kans op hoge dekkingsgraden in de simulaties.
- **Verandering in netto profijt:** We zien hier dat zowel het gebruik van andere instrumenten als het opleggen van de UFR-restrictie een behoorlijke impact op de resultaten heeft. De specificatie met de andere instrumenten leidt in dit voorbeeld tot de kleinste netto profijt effecten, terwijl de specificatie zonder UFR tot de grootste netto profijt effecten leidt. Bij netto profijt berekeningen speelt - naast de waarde van de huidige opbouw in het oude contract en de individuele DC-regeling - ook de impact van het afschaffen van de doorsneesystematiek een rol. De resultaten zijn in het algemeen in lijn met de resultaten voor de vba-waarde. Hoe hoger de vba-waarde in het FTK, hoe lager het voordeel (verandering in netto profijt) in deze berekeningen om over te stappen naar een individuele DC-regeling.

		KNW(2019)	KNW*	KNW*, geen UFR	KNW*, a.i.
5. Vba-waarde	27 jarige	-	[46,5% ; 47,0%]	[42,8% ; 43,4%]	[55,5% ; 56,1%]
	57 jarige	-	[81,1% ; 81,6%]	[78,2% ; 78,6%]	[83,7% ; 84,1%]
	77 jarige	-	[96,0% ; 96,1%]	[94,1% ; 94,2%]	[96,0% ; 96,1%]
6. Δ Netto profijt	27 jarige	-	[26,6% ; 28,0%]	[29,0% ; 30,4%]	[11,1% ; 12,3%]
	57 jarige	-	[18,1% ; 18,7%]	[22,5% ; 23,2%]	[14,2% ; 14,8%]
	77 jarige	-	[4,3% ; 4,5%]	[6,5% ; 6,7%]	[4,3% ; 4,5%]

Tabel 4.5: Impactanalyse Q-sets (20.000 scenario's). We rapporteren voor elk resultaat het 0,5^e en 99,5^e percentiel. Voor toepassing 5 tonen we de vba-waarde van de huidige aanspraken gedeeld door de waarde van de technische voorziening van deze aanspraken. Toepassing 6 geeft

³⁶ We delen bij de vba-waarde toepassing, zoals hierboven aangegeven, de berekende vba-waarde door de waarde van de verplichtingen, waarbij de waarde van de verplichtingen uitgerekend wordt met de startrentecurve in de desbetreffende scenarioset. Dit zorgt ervoor dat de verdiscontering in zowel de teller (vba-waarde) als de noemer (waarde verplichtingen) consistent zijn met elkaar. We vinden dat de gerapporteerde waarde voor een 27-jarige significant stijgt (van gemiddeld 43,0% naar 66,2%) als we de noemer in **KNW*, geen UFR** met de UFR-curve berekenen, aangezien zijn of haar aanspraken ver in de toekomst liggen. De verdiscontering in de teller (vba-waarde) en de noemer (waarde verplichtingen) zijn dan niet meer consistent met elkaar. De impact voor de andere, oudere maatmensen is beperkt.

het verschil in netto profijt tussen het FTK en een individuele DC-regeling, gedeeld door de vba-waarde van toekomstige uitkeringen in het FTK, weer.

5. Vergelijking uitkomsten Q-set met externe modellen

Zowel bij de P- als Q-sets is er sprake van model- en parameteronzekerheid (zie hoofdstuk 3). In dit hoofdstuk wordt een vergelijking gemaakt van het KNW*-model voor Q-scenario's (KNW*) met een tweetal complexere scenariomodellen (Ortec Finance en APG). Deze twee externe modellen gebruiken we als toets, waarbij onderzocht wordt in welke mate het gebruikte scenariomodel (en dus de daarin gemaakte modelkeuzes) van invloed zijn op uitkomstmaten voor de wettelijke toepassingen van Q-scenariosets.

Voor een toelichting op de verschillende modellen op hoofdlijn verwijzen we naar hoofdstuk 3.

5.1. Vergelijking van kenmerken van Q-scenario's

Om de vergelijking zo zuiver mogelijk te maken zijn de modellen zo veel mogelijk op dezelfde data gekalibreerd. Een volledige modelvergelijking op precies dezelfde inputdata is niet mogelijk binnen de gestelde tijdlijnen van dit rapport.

De gegenereerde scenariosets bevatten de volgende variabelen:

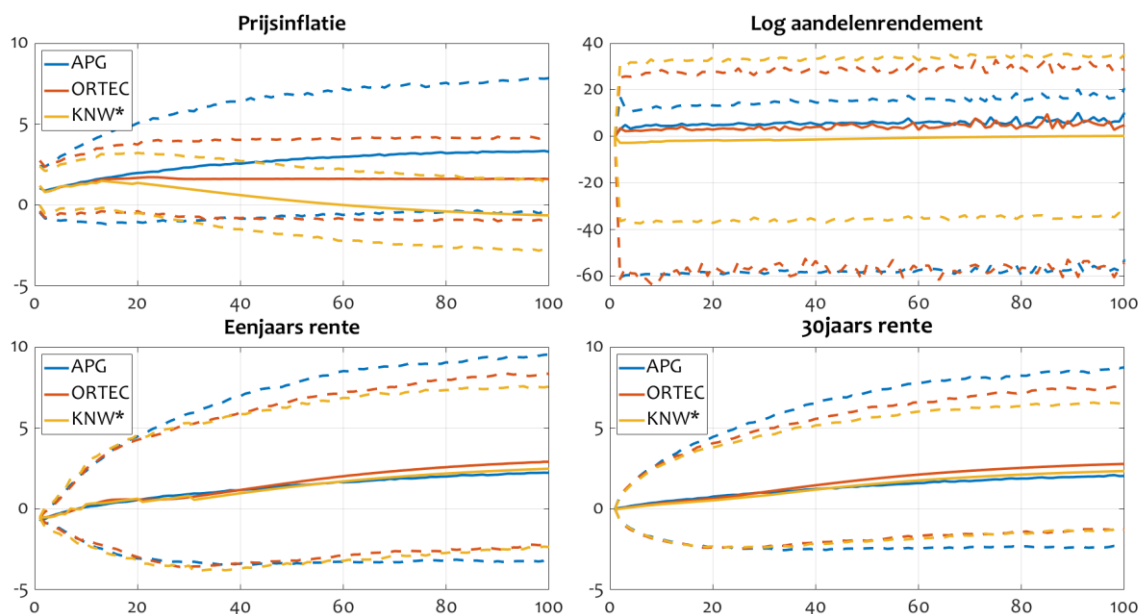
- Prijsinflatie;
- Aandelenrendement;
- Nominale rentetermijnstructuur (swap rente).

De sets zijn gekalibreerd op data van 31 december 2020.

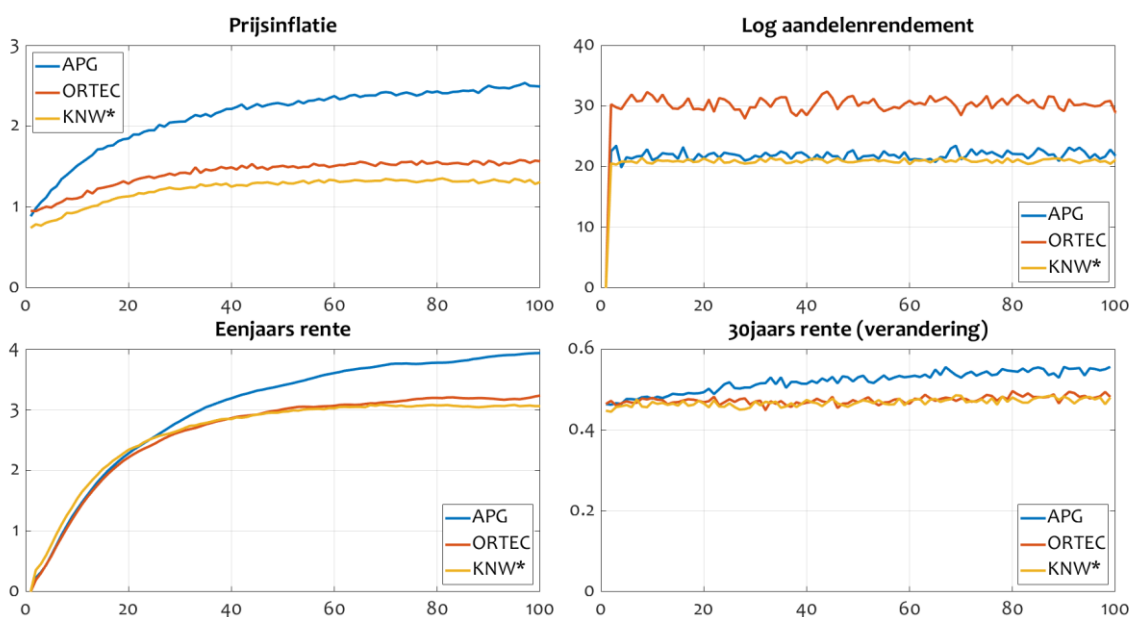
Binnen het KNW*- en het APG-model wordt de (impliciete) aandelenvolatiliteit in de Q-set geschat met behulp van de Black-Scholes implied volatility van SPX opties. Deze opties zijn in dollars genoteerd. In de kalibratie van KNW* en APG wordt aangenomen dat er geen valutarisico is. Binnen het Ortec Finance model wordt valutarisico wel gemodelleerd. De aangeleverde risico-neutrale scenario's voor aandelenrendementen in het Ortec Finance model zijn daarmee een combinatie van lokale aandelenrendementen (in dollars), valutarendementen en de rendementen resulterend uit het hedgen van de valuta koersen. In deze aandelenrendementen is het valuta risico voor 50% afgedekt. Dit verschil in methodologie heeft (enige) invloed op de uitkomsten omdat de resulterende Q-volatiliteit van aandelenrendementen in de Ortec Finance set hierdoor hoger ligt.

De drie scenariosets bevatten elk 5.000 scenario's met een horizon van 100 jaar. Figuur 5.1 toont de Q-verdeling (5%, 50% en 95% percentiel) van bovengenoemde variabelen. Hierbij benadrukken we dat deze verdelingen Q-verdelingen zijn en geen directe koppeling hebben met real world verwachtingen van variabelen zoals in P-sets. De rentevariabelen vertonen de grootste overeenkomsten. De APG-set heeft de hoogste Q-kans op hoge inflatiescenario's, de KNW* scenario's de laagste. Met betrekking tot het aandelenrendement valt op dat de APG-set relatief weinig upside kent: het 95% percentiel van de Q-verdeling ligt beduidend lager dan in de andere sets. Daarnaast valt op dat de Q-verdeling van log rendementen in de KNW*-set (vrijwel) symmetrisch is terwijl in de Ortec Finance en APG-set sprake is van negatieve scheefheid (dus een grotere kans op lagere waarden). Figuur 5.2 toont de jaarvolatiliteit van de variabelen in de Q-set. De APG-set heeft de hoogste inflatie- en rentevolatiliteit en de Ortec Finance de hoogste aandelenvolatiliteit. Dit laatste hangt samen met het valuta-effect dat in de Ortec Finance set expliciet wordt meegemodelleerd (en voor 50% is afgedekt), en in de andere modellen niet.

De verschillen in karakteristieken tussen de sets kunnen verklaard worden uit een combinatie van het gebruik van andere inputdata als verschillen in modelstructuur. Zo is de APG-set gekalibreerd op inflatieopties met zowel hoge drempelwaarden (4% caplets) als met lage drempelwaarden (1% floorlets). De opties met hoge drempelwaardes zijn duurder (hebben een hogere implied volatility) en dit kan verklaren waarom de Q-volatiliteit hoger is dan in de andere sets. Binnen de Ortec Finance kalibratie zijn alleen at the money caplets gebruikt. Voor het aandelenrendement speelt de gekozen modelstructuur een belangrijke rol. In de KNW*-set wordt in tegenstelling tot de andere sets opgelegd dat de log rendementen normaal verdeeld zijn.



Figuur 5.1: verdeling (5%, 50% en 95% percentielen) van de Q-scenario's. De eenheid van de x-as is jaren en van de y-as procenten.



Figuur 5.2: volatiliteit van de van de Q-scenario's. De eenheid van de x-as is jaren en van de y-as procenten.

5.2. Vergelijking van vba-waarde en netto profijt

De Q-scenario's zijn nodig voor de berekening van netto profijt effecten waarmee pensioenfondsen mede de evenwichtigheid van de transitie beoordelen. Tevens spelen deze Q-scenario's een rol bij het invaren met de vba-methode, één van de twee methodes waarmee het collectieve vermogen van een pensioenfonds verdeeld kan worden over de deelnemers.

In deze paragraaf wordt voor een gemiddeld pensioenfonds in kaart gebracht in welke mate de VBA-waarden en de netto profijt waarden verschillen tussen bovengenoemde scenariosets.

5.2.1. Modelleren van het pensioencontract

We passen de vergelijking toe op een representatief pensioenfonds uitgaande van de vigerende uitkeringsregeling. Hierbij merken we op dat de analyses in dit hoofdstuk uitgevoerd zijn op een

ander pensioenfonds met een ander beleid dan de analyses in hoofdstuk 4. De verschillen in bestandsamenstelling, bestandprojectie en premie-, indexatie- en beleggingsbeleid leiden tot verschillen in uitkomsten tussen hoofdstuk 4 en 5.

Het geanalyseerde fonds in dit hoofdstuk heeft ruwweg de volgende kenmerken:

- Beleggingsmix: 60% aandelen en 40% vastrentend;
- Renteafdekking: 50%;
- Aanvangsdekkingsgraad: 100%;
- Aantal jaren in dekkingstekort: 0
- Initiële indexatieachterstand: 12%;
- Geen maximale inhaalduur;
- Pensioenopbouw van 1.875%, waarbij deze alleen verlaagd wordt als de gedefinieerde maximale premie bereikt wordt;
- Premie: kostendekkende premiesystematiek op basis van RTS+UFR (premiedekkingsgraad 100%), met een maximale premie van 30%;
- Indexatie: FTK indexatiebeleid, met fiscale begrenzing ('genoeg is genoeg').

Als gevoeligheidsanalyse wordt ook gekeken naar een situatie waarin 'genoeg is genoeg' wordt losgelaten.

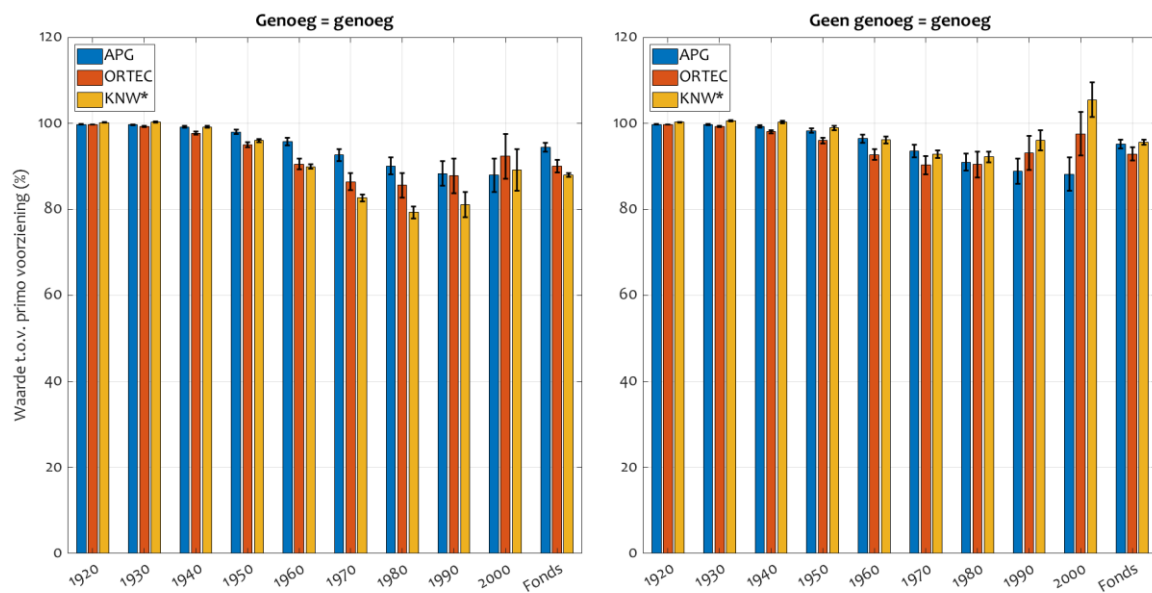
Voor elk van de drie scenariosets bepalen we:

- de vba-waarde van de bestaande FTK-aanspraken, zowel op fondsniveau als voor een aantal cohorten (geboortejaren 1920, 1930, 1940, ..., 2000);
- het netto profijt van het huidige FTK contract inclusief nieuwe opbouw.

Het netto profijt van het huidige contract beschouwen we in afwijking van de waarde van de bestaande Voorziening Pensioen Verplichtingen (VPV). Op die manier kan dit verschil als een verandering in het netto profijt beschouwd worden ten opzichte van de situatie waarbij deelnemers invaren naar een zuivere DC-regeling, en bij het invaren hun VPV meekrijgen. Immers bij een zuivere DC-regeling is de waarde van de uitkeringen per definitie gelijk aan het startkapitaal plus de in de toekomst in te leggen premie. Netto profijt is bij een zuivere DC-regeling gelijk aan het startvermogen. Het op deze wijze berekende verschil in netto profijt wordt uitgedrukt als percentage van de vba-waarde van de volledige pensioenuitkeringen (dus inclusief nog op te bouwen aanspraken) in het FTK contract. Deze verandering van netto profijt kan geïnterpreteerd worden als de mate waarin een deelnemer er in waarde op voor- of achter uitgaat als percentage van de vba-waarde van de toekomstige pensioenuitkeringen in het huidige FTK-contract. Bij een positieve waarde ondervinden deelnemers een voordeel van het op deze wijze invaren naar een zuivere DC-regeling, bij een negatieve waarde is er een nadelige impact.

5.2.2. Impact op vba-waarde

Figuur 5.3 toont voor de verschillende cohorten en op fondsniveau de vba-waarde van de huidige aanspraken ten opzichte van de VPV. De bandbreedte van de zwarte lijnen geeft het 99% betrouwbaarheidsinterval weer van de gesimuleerde vba-waarden.



Figuur 5.3: vba-waarde van huidige aanspraken t.o.v. initiële voorziening

De verschillen in vba-waarden tussen de sets zijn groter voor de jongere dan oudere cohorten. Dit is logisch: hoe ouder de deelnemer, hoe korter de horizon van toekomstige pensioenuitkeringen en dus hoe minder de invloed van parameter- en modelonzekerheid. De vba-waarde van het cohort 1940 is in de APG-set (met genoeg is genoeg) [98,9% ; 99,5%]³⁷, in de Ortec Finance set [97,4% ; 98,0%] en in de KNW*-set [98,9% ; 99,4%]. Het cohort 1980 heeft in de APG-set een vba-waarde van [88,1%;92,1%], in de Ortec Finance set [82,7% ; 88,5%] en in de KNW*-set [77,9% ; 80,7%]. Op fondsniveau zijn de vba-waarden in de drie sets respectievelijk [93,5% ; 95,5%], [88,6% ; 91,5%] en [87,6% ; 88,4%].

De verschillen in de uitkomsten kunnen als volgt verklaard worden:

- De APG set kent de hoogste Q-volatiliteit (en Q-niveaus) van inflatie, de KNW* set de laagste. Hogere (lagere) indexaties in de Q-set dragen bij aan een hogere (lagere) waarde van de indexatie-optie en daarmee een hogere (lagere) vba-waarde.
- Daar staat tegenover dat de Q-set van APG de minst hoge aandelenrendementen kent (gedreven door de scheefheid van de rendementen). Hierdoor zal er juist minder ruimte zijn voor indexaties. Dit element drukt de waarde van de indexatie-optie voor de huidige generaties en er wordt meer vermogen doorgeschoven naar de toekomst. Dit effect treedt vooral op als genoeg is genoeg wordt losgelaten.
- De scheefheid in de aandelenrendementen in de Ortec Finance en de APG-sets, zorgen voor hogere risico-neutrale kansen op lage dekkingsgraden in de simulatie. Hierdoor zal de negatieve waarde van de kortingsoptie toenemen. Dit heeft een nadelig effect op de vba-waardes.
- Het fonds start met een dekkingsgraad van 100%. Meevallende rendementen zullen in eerste instantie in de buffer komen, en niet ten goede komen aan de indexaties van ouderen. Dit drukt de waarde van de indexatie-optie van met name ouderen met uitkeringen op de kortere termijn. De buffer wordt vervolgens later in de toekomst ingezet om indexaties van jongeren te kunnen financieren. Deze toekomstige hogere dekkingsgraden komen het meest voor in de KNW*-set, daarna in de Ortec Finance set en als laatst in de APG set, en zijn het gevolg van de Q-kansverdeling van de aandelenrendementen. Hierdoor kan in de KNW*-set de waarde zelfs boven de 100% nominale VPV uitkomen voor de jongste cohorten.
- Het loslaten van genoeg is genoeg leidt in alle sets tot hogere vba-waarden en een lager onverdeeld vermogen. Dit komt doordat de indexatie-optie meer waard wordt. De relatieve

³⁷ Doordat de vba-waarde berekend wordt met simulatie en er sprake is van een eindig aantal scenario's, is er sprake van een betrouwbaarheidsinterval van de berekende grootheden. Dit betrouwbaarheidsinterval is tussen haken weergegeven. Het betreft hier het 99% betrouwbaarheidsinterval. Er is in de berekening van de betrouwbaarheidsintervallen geen rekening gehouden met de gebruikte simulatietechnieken (zoals wel of niet antithetisch simuleren).

impact verschilt echter wel tussen de sets. De impact is het grootst in de KNW*-set, gevolgd door de Ortec Finance en APG-set. Deze verschillen zijn grotendeels terug te voeren op de kansverdeling van het aandelenrendement. In een symmetrische verdeling (KNW*) is de impact van het loslaten van genoeg is genoeg groter dan in een set met negatieve scheefheid (Ortec Finance, APG). Immers een minder scheve verdeling zal leiden tot hogere dekkingsgraden en daarmee tot meer toeslagverlening in de situaties van het loslaten van genoeg is genoeg. Daarnaast geldt dat in de APG set de inflaties een hogere Q-volatiliteit en een gemiddeld hoger niveau hebben. Dit wil zeggen dat de waarde van de indexatie-optie in de situatie met genoeg is genoeg in de APG set al hoger is. Het loslaten van de genoeg is genoeg restrictie en toestaan dat hoge dekkingsgraden ook omgezet kunnen worden in toeslagverlening, leidt in de andere sets ook tot meer toeslagverlening.

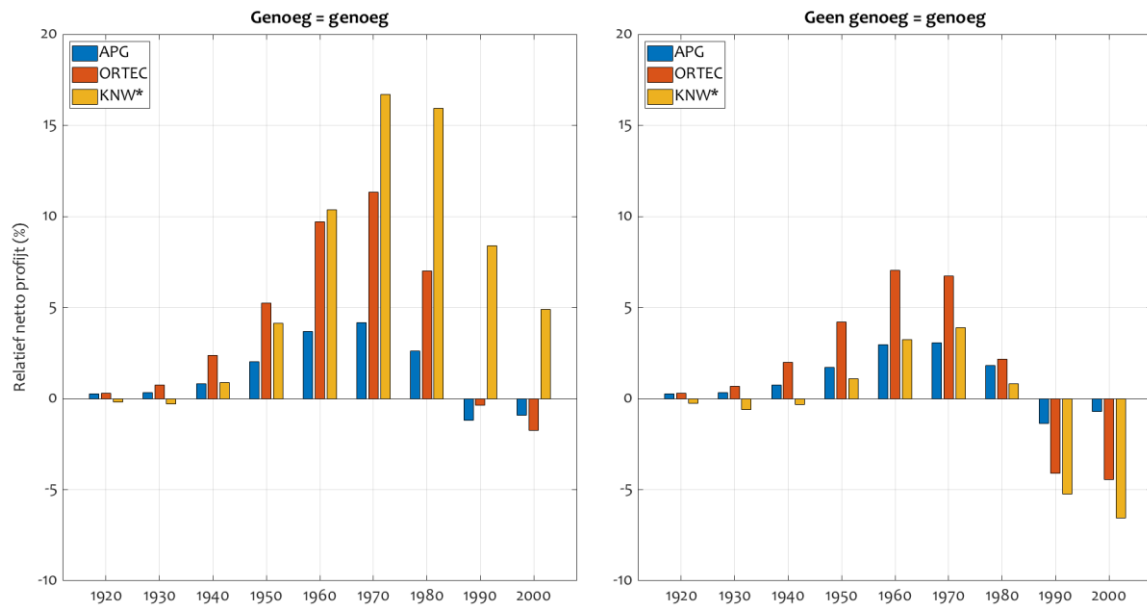
5.2.3. Impact op netto profijt

Figuur 5.4 toont de resultaten van de verandering in het netto profijt.³⁸ Net als bij de vba-waarden nemen de verschillen in generatie-effecten tussen de sets toe voor de jongere cohorten.

De verschillen in de uitkomsten kunnen als volgt verklaard worden:

- Een grote positieve verandering van netto profijt betekent dat de waarde van de nominale VPV relatief veel afwijkt van het netto profijt van het huidige contract. Netto profijt van het bestaande contract is de vba-waarde van de uitkeringen inclusief de nieuwe opbouw, verminderd met de vba-waarde van de nog te betalen premies. Ook hier kunnen de verschillen tussen de sets verklaard worden doordat de waarde van de indexatie-optie in de KNW*-set lager is door de lagere Q-kans op positieve en hogere inflaties in deze set. Hierdoor loopt het verschil in netto profijt in de KNW*-set voor jongeren verder op ten opzichte van de andere sets.
- De verschillen in Q-kansverdeling van de aandelenrendementen, welke de waarde van de kortingsoptie verhogen in de APG en de Ortec Finance set, lijken gedomineerd te worden door de hogere waarde van de indexatie-optie (ten gevolge van de hogere Q-kans op hogere inflaties) in de APG set, daarna de Ortec Finance set en daarna de KNW* set. Immers, de veranderingen van netto profijt zijn het kleinste in de APG-set, gevolgd door de Ortec Finance en KNW*-set.
- Met het loslaten van genoeg is genoeg nemen de veranderingen van netto profijt voor de meeste bestaande cohorten af omdat de uitgangssituatie (in het FTK blijven opbouwen) meer waard wordt. De impact is het grootst in de KNW*-set. Ook dit hangt weer samen met de Q-verdeling van de aandelenrendementen en inflaties. In de KNW*-set is de Q-kans op meevallers groter, waardoor het loslaten van genoeg is genoeg in het huidige contract tot meer waarde leidt (en daarmee tot kleinere veranderingen in netto profijt). Daarnaast krijgen door het loslaten van het genoeg is genoeg principe de indexatie-opties in met name de Ortec Finance en de KNW*-set meer waarde. Immers door de relatief lagere inflaties in deze sets worden toeslagen strenger begrensd in de situatie met genoeg is genoeg.

³⁸ Ook de resultaten in figuur 5.4 zijn onderhevig aan numerieke onnauwkeurigheid vanwege de begrenzing van het aantal scenario's (op 5.000). Anders dan in figuur 5.3 is de noemer van de gepresenteerde uitkomstmaatstaf nu ook onzeker waardoor het lastiger is dit te vertalen naar een betrouwbaarheidsinterval.



Figuur 5.4: verandering in netto profijt³⁹ in % waarde huidig pensioen

5.3. Conclusie

De uitgevoerde analyse laat zien dat, ondanks dat de kalibratie van de scenariomodellen plaatsvindt op dezelfde analysedatum en gebruik gemaakt wordt van hetzelfde pensioenfondsmodel, zowel de vba-waarde als netto profijt berekeningen tot verschillende uitkomsten leiden. De verschillen zijn met name groot voor jongere deelnemers.

De verschillen zijn te verklaren uit een combinatie van de gekozen modelstructuur en de bij de kalibratie gebruikte (optie)data. Een voorbeeld van de impact van de modelstructuur is het al dan niet opleggen van (log)normaliteit van de Q-kansverdeling voor aandelenrendementen en rentes. Ook de wijze waarop valutarisico meegenomen wordt in de analyse beïnvloedt de uitkomsten.

De verschillen in met name de Q-kansverdeling van de prijsinflatie vinden zijn oorsprong voor een deel in de gebruikte optiedata voor inflatie. Door meer out of the money inflatie-opties toe te voegen wordt er een hogere implied volatility aangenomen, hetgeen invloed heeft op de waarde van de indexatie-optie in de modellen.

³⁹ Verandering van netto profijt is gedefinieerd als de VPV verminderd met de netto profijt waarde van het bestaande contract. Netto profijt van het bestaande contract is de vba-waarde van de uitkeringen inclusief de nieuwe opbouw, verminderd met de vba-waarde van de nog te betalen premies.

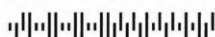
Bijlage A – Verzoek technische werkgroep economische scenario's



Ministerie van Sociale Zaken en
Werkgelegenheid

> Retouradres Postbus 90801 2509 LV Den Haag

De Nederlandsche Bank NV.
Postbus 98
1000 AB Amsterdam



Postbus 90801
2509 LV Den Haag
Parnassusplein 5
T 070 333 44 44
www.rijksoverheid.nl

Onze referentie
2021-0000148939

Datum **21 SEP 2021**
Betreft Technische werkgroep economische scenario's

Met deze brief verzoek ik De Nederlandsche Bank (DNB) om een technische werkgroep met onafhankelijke experts in te stellen om een verkennend technisch onderzoek uit te voeren naar zowel economische scenario's in het nieuwe stelsel (P-scenario's) als risico-gecorrigeerde economische scenario's voor de overgang naar het nieuwe stelsel (Q-scenario's).

De P-scenario's hebben in het nieuwe stelsel een uitgebreidere wettelijke functie dan in het huidige stelsel en dienen daarom opnieuw bezien te worden. De Q-scenario's zijn relevant voor de overgang naar het nieuwe stelsel en vormen daarmee een nieuw onderdeel van de betreffende wet- en regelgeving. Vanwege de uitgebreidere wettelijke functie en het nieuwe wettelijke element van de scenario's en gegeven de breedte van het benodigde onderzoek om tot een onderbouwd advies te komen, is besloten om voorafgaand aan een later in te stellen Commissie Parameters¹ een technische werkgroep in te stellen. Het verkennend technisch onderzoek van de technische werkgroep beziet de vaststelling van de economische scenario's gegeven de verschillende functies van zowel de P- als Q-scenario's. In onderstaande toelichting volgt een uitgebreidere beschrijving van de werkzaamheden van de technische werkgroep.

Dit onderzoek dient als voorbereiding voor de Commissie Parameters, die een advies over economische scenario's in het nieuwe stelsel en voor de overgang naar het nieuwe stelsel zal uitbrengen. Mede op basis van het advies van de Commissie Parameters wordt DNB vervolgens gevraagd de betreffende economische scenario's definitief vast te stellen en periodiek te publiceren op haar website.

De technische werkgroep bestaat uit de volgende zeven onafhankelijke experts:

1. Dr. Maarten Gelderman (voorzitter, DNB)
2. Dr. Jan Bonenkamp (APG)
3. Dr. Bart Diris (DNB)
4. Drs. Sacha van Hoogdalem (Ortec)
5. Prof. Dr. Antoon Pelsser (Universiteit Maastricht en Universiteit van Amsterdam)
6. Prof. Dr. Michel Vellekoop (Universiteit van Amsterdam)
7. Prof. Dr. Bas Werker (Universiteit van Tilburg)

De beoogde opleveringsdatum voor het onderzoek is 1 februari 2022.

¹ Zie artikel 144 van de Pensioenwet (tevens artikel 139 van de Wet verplichte beroepspensioenregeling) en artikel 23 van het Besluit financieel toetsingskader pensioenfondsen.

TOELICHTING

Datum

De volgende pagina's bevatten een toelichting op de aard van de werkzaamheden van de technische werkgroep economische scenario's (hierna: de werkgroep).

Onze referentie
2021-0000148939

De werkgroep wordt ingesteld om een verkennend technisch onderzoek uit te voeren naar het opstellen van zowel economische scenario's (P-scenario's) als risico-gecorrigeerde economische scenario's (Q-scenario's) die geschikt zijn voor toepassingen in het nieuwe stelsel. Bij dit onderzoek komen tenminste de volgende onderwerpen aan bod:

- a. De economische modellen voor het simuleren van de scenario's;
- b. De historische data en actuele marktprijzen waarop de modelparameters en toestandsvariabelen gekalibreerd worden; en
- c. De kalibratiemethodes voor zowel het initieel vaststellen als het later herijken van de onderliggende modelparameters en toestandsvariabelen.

Bij het uitvoeren van dit onderzoek wordt de werkgroep gevraagd om onder andere de volgende criteria in ogenschouw te nemen:

1. Nauwkeurigheid in relatie tot de doelen;
2. Aansluiting bij financiële markten;
3. Aansluiting bij wetenschappelijke literatuur;
4. Transparantie en repliceerbaarheid;
5. Stabiliteit;
6. Uitlegbaarheid; en
7. Uitvoerbaarheid.

De te hanteren criteria kunnen nader door de werkgroep worden gezien, mede gegeven de verschillende functies van zowel P als Q-scenario's.

Het eindrapport van de technische werkgroep wordt door SZW openbaar gemaakt.

De volgende pagina's schetsen allereerst de achtergrond bij het verzoek voor het technisch onderzoek. Daarna wordt nader ingegaan op de drie onderwerpen a-c.

Achtergrond bij onderzoek naar economische scenario's

De Commissie Parameters 2019 heeft op 6 juli 2019 advies uitgebracht over onder andere economische scenario's, waarna het advies over deze scenario's door DNB vanaf 1 januari 2020 is geïmplementeerd.²

Deze economische scenario's (P-scenario's) worden in het huidige stelsel gebruikt voor het communiceren van de (te verwachten) pensioenuitkeringen richting deelnemers en bij de haalbaarheidstoets. P-scenario's hebben in het nieuwe stelsel een uitgebreidere, vierledige functie:

1. voor de communicatie van de pensioenuitkeringen in verschillende scenario's;
2. voor de bepaling van de fiscale premiegrens;
3. voor de balans tussen de doelstelling en de premie;
4. voor het toetsen van de aansluiting van het beleggingsbeleid en de toedeelregels op de risicohoudingen van de deelnemers.

Daarnaast worden ten behoeve van de besluitvorming over de transitie naar het nieuwe stelsel risico-gecorrigeerde economische scenario's gebruikt om

² De onderliggende modelparameters zijn per 1 januari 2021 aangepast door DNB. Zie deze [link](#).

marktwaarden te berekenen. De risico-gecorrigeerde scenario's worden toegepast bij zowel de vaststelling van netto profijt effecten om generatie-effecten in kaart te brengen als bij de VBA (value-based ALM) invaarmethode.

Datum

Uitgangspunt voor P-scenario's vormen financieel-economische ontwikkelingen in het verleden en realistische inzichten ten aanzien van toekomstige financieel-economische verwachtingen. Bij de vaststelling van Q-scenario's is aansluiting bij de actuele financiële markten het uitgangspunt teneinde tot een objectieve, marktconsistente waardering te komen. Onderdeel van het verkennend onderzoek is hoe bij de constructie van de risico-gecorrigeerde scenario's om te gaan met de situatie dat door beperkte handel op financiële markten bepaalde markt-data onvoldoende beschikbaar is.

Onze referentie
2021-0000148939

Ad (a) Model

De technische werkgroep doet onderzoek naar de, volgens eerder gestelde criteria, meest geschikte onderliggende economische modellen voor beide typen scenario's. Deze modellen zullen ten minste drie processen bevatten: renteontwikkeling, inflatieontwikkeling en ontwikkeling aandelenrendement.

Belangrijke aandachtspunten zijn zowel de vorm van de rentetermijnstructuur³ als het bepalen van de lange rentes. De werkgroep dient bij het bepalen van de lange rentes aandacht te besteden aan de consistentie tussen de scenario's en het advies van de Commissie Parameters 2019 omtrent de UFR-methodiek.

Daarnaast heeft de Commissie Parameters 2019 advies uitgebracht over de parameters voor inflatie en rendementen, welke in het nieuwe stelsel een rol spelen bij de bepaling van het (maximale) projectierendement. Het is bij de kalibratie van P-scenario's belangrijk om aandacht te besteden aan de onderlinge consistentie, aangezien P-scenario's en het projectierendement uitgaan van dezelfde economische uitgangspunten.

Ad (b) Data/Marktprijzen

Voor de kalibratie van P-scenario's ligt het voor de hand om historische data te gebruiken. De mogelijkheden omtrent data-eigenschappen zoals de te gebruiken periode worden door de werkgroep onderzocht.

Voor het construeren van Q-scenario's ligt het gebruik van de prijzen van actuele financiële marktinstrumenten voor de hand. Bij het selecteren van de marktprijzen is het belangrijk om rekening te houden met eigenschappen zoals liquiditeit, looptijden en representativiteit voor de Nederlandse pensioencontracten. Verder is het van belang dat er voldoende marktprijzen worden gekozen om de parameters voor elk proces te kunnen kalibreren. Denk hierbij aan het selecteren van rente- en aandelenderivaten voor het bepalen van de ontwikkeling van rentes en aandelenrendementen.

³ Het gaat hierbij onder andere om het (gemiddeld) niveau van de rentetermijnstructuur ('level'), het verschil tussen lange en korte rentes ('slope') en de kromming ('curvature') van de rentetermijnstructuur.

Ad (c) Kalibratie

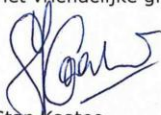
Datum

Voor P-scenario's kunnen parameters gekalibreerd worden op historische data. Voor Q-scenario's kunnen parameters gekalibreerd worden op basis van de afwijking tussen de uit het model voortkomende prijzen en de daadwerkelijke marktprijzen. Bij beide typen scenario's wordt door de werkgroep ook onderzoek gedaan naar manieren om de scenario's over tijd te herijken teneinde aan te blijven sluiten bij de actuele marktontwikkelingen.

Onze referentie
2021-0000148939

Bij beide typen scenario's wordt de werkgroep tevens gevraagd een verkennend onderzoek uit te voeren naar het benodigd aantal scenario's. Het aantal scenario's kan per toepassing verschillen. Voor P-scenario's zijn deze de toepassingen zoals eerder genoemd, voor Q-scenario's zijn deze netto profijt berekeningen en value-based ALM. Bij dit onderzoek worden zowel de nauwkeurigheid als de aandachtspunten bij de uitvoering door pensioenuitvoerders voor verschillende hoeveelheden scenario's in beeld gebracht.

Met vriendelijke groet,



Stan Kaatee
directeur-generaal Werk

Bijlage B – Invulling criteria

Hieronder volgt de wijze waarop de werkgroep de criteria zoals opgenomen in de taakopdracht heeft ingevuld en heeft meegenomen in haar verkenning.

Nauwkeurigheid in relatie tot de wettelijke toepassingen

Zoals in paragraaf 2.2 besproken worden P-scenario's gebruikt om het niveau en de onzekerheid daarin van toekomstige pensioenuitkeringen te bepalen. Het is daarbij van belang dat voldoende financieel economische variabelen worden meegenomen en dat de gemodelleerde ontwikkeling in lijn is met (empirische en theoretische) financieel economische wetenschappelijke inzichten.

Tevens dienen er voldoende scenario's te zijn om numeriek nauwkeurige inschattingen te kunnen maken, ongeacht welk model gekozen wordt.

De Q-scenario's zijn, zoals in paragraaf 2.2 beschreven, relevant voor het bepalen van de financieel actuariële waarde van (onzekere) toekomstige premiebetalingen en pensioenuitkeringen. Naast de aansluiting bij financiële markten, betekent dit dat de numerieke nauwkeurigheid van de waardering bepaald wordt door de (simulatie)onzekerheid in de berekeningen.

De werkgroep heeft geconcludeerd dat met het criterium nauwkeurigheid niet alle model- en parameterkeuzes beslecht kunnen worden.

Aansluiting bij financiële markten

Voor P-scenario's is van belang dat de onzekerheid in financieel economische variabelen aansluit bij empirische en theoretische inzichten daarover. In lijn met eerdere adviezen van Commissie Parameters adviseert de werkgroep om daarbij te kijken naar de aansluiting bij historische ontwikkelingen op financiële markten. Zoals eerder opgemerkt door het CPB leidt dit niet tot uitsluitel voor alle modelkeuzes (zie ook hoofdstuk 3).⁴⁰

Het wetsvoorstel legt vast dat pensioenuitkeringen marktconsistent gewaardeerd moeten worden. Dat impliceert dat waardering van op financiële markten verhandelde activa, indien gewaardeerd met de Q-scenario's, ook de op de markt waargenomen prijs oplevert. Dit betekent dat primair marktprijzen op datum van vaststelling van de Q-scenario's relevant zijn (zie, echter, hoofdstuk 3 voor additionele overwegingen). Een aantal risico's die relevant zijn voor pensioenuitkeringen (o.a. langlevens risico, Nederlands inflatierisico, aandelenrendement op de lange termijn) zijn echter niet verhandeld op financiële markten zodat geen marktprijzen beschikbaar zijn.

Aansluiting bij wetenschappelijke literatuur⁴¹

De werkgroep heeft waar mogelijk wetenschappelijke inzichten gehanteerd als randvoorwaarde bij de adviezen. Dat betekent dat indien er overtuigende en eenduidige wetenschappelijke argumenten zijn voor een bepaalde parameterwaarde, kalibratiemethode of model, de werkgroep deze invulling overneemt. Wanneer dit niet het geval is, dan beoordeelt de werkgroep de keuzes aan de hand van hun impact op de diverse toepassingen en de doelstelling die de wetgever daaraan meegegeven heeft (of nog moet meegeven). De werkgroep heeft geconcludeerd dat niet alle model- en parameterkeuzes beslecht kunnen worden op basis van het criterium aansluiting bij de wetenschappelijke literatuur.

Transparantie en repliceerbaarheid⁴²

De werkgroep maakt zoveel mogelijk gebruik van openbare bronnen en repliceerbare analyses. Transparantie en repliceerbaarheid ziet de werkgroep als een randvoorwaarde, en niet als een criterium om modelkeuzes te beslechten.

Stabiliteit

Stabiliteit betekent in het algemeen een beperkte gevoeligheid voor uitkomsten voor veranderingen in aannamen (zoals de te kalibreren marktinstrumenten). Merk op dat dit niet betekent dat het model robuust moet zijn voor veranderende marktomstandigheden in de zin dat die geen of nauwelijks invloed mogen hebben op de parameters. De stabiliteit kan soms bevorderd worden door bepaalde randvoorwaarden op te leggen die een visie op macro-economische

⁴⁰ Zie CPB (2021) De 'uniforme' scenarioset voor pensioenberekeningen

⁴¹ Tekst voor dit criterium is gebaseerd op tekst van Commissie Parameters in 2019.

⁴² Tekst voor dit criterium is gebaseerd op tekst van Commissie Parameters in 2019.

variabelen ondersteunen. De werkgroep concludeert dat dit criterium onvoldoende onderscheidend is om model- en parameterkeuzes eenduidig te beslechten.

Uitlegbaarheid

De werkgroep constateert dat uitlegbaarheid subjectief is, en daarom moeilijk is te operationaliseren. De werkgroep ziet wel mogelijke aandachtspunten rondom uitlegbaarheid.

Uitvoerbaarheid

Uitvoerbaarheid heeft twee dimensies. De eerste dimensie is de uitvoerbaarheid voor de toezichthouder (DNB). Ieder kwartaal moeten immers nieuwe scenario's opgesteld worden door DNB. De andere dimensie is de uitvoerbaarheid voor de gebruikers (pensioenuitvoerders). Het aantal scenario's en het aantal variabelen in die scenario's moeten dusdanig zijn dat berekeningen in redelijke (reken)tijd plaats kunnen vinden.

Bijlage C – Validatie van de kalibratie

De parameters die gekozen moeten worden binnen het model dat gebruikt is om een eerste voorbeeld van P- en Q-scenariosets te genereren zijn gekalibreerd volgens de in appendices D1 en D2 van dit rapport beschreven methode. Nadat de parameterwaarden door een werkgroeplid, met ondersteuning vanuit DNB, op deze wijze zijn vastgesteld, zijn de berekeningen voor parameters die nodig zijn voor het genereren van de P-scenario's gerepliceerd door een ander werkgroeplid, en weer een ander werkgroeplid heeft de parameters gerepliceerd die het mogelijk maken om Q-scenario's te definiëren.

Beide replicaties hebben plaatsgevonden door (enkel) gebruik te maken van een beschrijving van de modelspecificatie en van de in appendices D1 en D2 beschreven datasets die historische gegevens en de prijzen van marktinstrumenten op analysedatum bevatten. Er zijn tijdens het validatieproces geen computercodes of Excel-macro's uitgewisseld tussen de betrokken werkgroepleden, om de controle van de berekeningen volledig onafhankelijk plaats te laten vinden.

Bij de validatie is vastgesteld dat de gekalibreerde parameterwaarden nauwkeurig gerepliceerd konden worden. De bij de P-scenario's behorende kalibratie maakt gebruik van een optimaliseringscriterium dat gebaseerd is op de zogenaamde log-likelihood waarde, die aangeeft hoe goed historische observaties aansluiten bij een bepaalde keuze van de modelparameters. Voor de Q-scenario's is de kwadraatsom geminimaliseerd van verschillen tussen in de markt geobserveerde grootheden en diezelfde door het model gegenereerde grootheden bij een bepaalde keuze van de modelparameters. De tijdens de validatie geconstateerde verschillen bedroegen ongeveer 0.012% voor de log-likelihood en 0.15% voor de kwadraatsom van afwijkingen.

Bijlage D – Nadere beschrijving methodologie

D1. Kalibratie en generatie P-scenario's

Algemeen

De kalibratie is grotendeels in lijn met de kalibratie zoals beschreven in het rapport van de Commissie Parameters in 2019. Belangrijkste verschillen zijn dat de werkgroep een kortere dataperiode gebruikt, reële rentes meeneemt bij het schatten van het onderliggende model en een extra factor heeft toegevoegd.

Data

De kalibratie is gebaseerd op een dataset met maandelijkse waarnemingen van juni 2004 tot en met december 2020 op basis van de volgende databronnen:

- **Inflatie:** De seasonally adjusted HICP overall index (Euro area) van de ECB website (code: ICP.M.U2.Y.000000.3.INX).
- **Aandelen:** De total returns voor de MSCI World index (in Euro's) uit Bloomberg (code: MSDEWIN).
- **Nominale rentes:** De zero-coupon rentes voor looptijden 1, 5, 10, 15, 20 en 30 jaar:
 - 1/2004 t/m 11/2008: Zero-coupon rentes van de openbare statistiek website van DNB.
 - 12/2008 t/m 12/2020: Gebootstrapte swap data voor looptijden 1-10, 12, 15, 20, 25 en 30 jaar uit Bloomberg om zero-coupon rentes uit af te leiden (code: EUSAX Curncy met X de looptijd).
- **Reële rentes:** De zero-coupon rentes zijn geconstrueerd op basis van de nominale rentes (zie hierboven) en de HICP break-even inflatie voor looptijden 1, 5 en 10 jaar (code: EUSWIX Curncy met X de looptijd).

De werkgroep kiest in haar analyses voor juni 2004 als startdatum, aangezien de HICP break-even inflatie reeks niet eerder beschikbaar is in Bloomberg.

Model

De werkgroep heeft het model – net als de Commissie Parameters in 2019 – geschat door middel van maximum likelihood, waarbij een Kalman filter wordt gebruikt om de waarden van ongeobserveerde variabelen in te schatten. Hierbij wordt de gebruikelijke aanname gemaakt dat de nominale en reële rentes met onderling onafhankelijke en normaal verdeelde meetfouten worden geobserveerd.

Er wordt gebruik gemaakt van een Kalman filter met 11 measurement equations en 3 transition equations:

- **Measurement equations:** Deze betreffen (i) inflatie, (ii) aandelenrendementen, (iii) nominale zero-coupon rentes voor looptijden 1, 5, 10, 15, 20 en 30 jaar, (iv) reële zero-coupon rentes voor looptijden 1, 5 en 10 jaar.
- **Transition equations:** Dit zijn de drie transitie-vergelijkingen voor de toestandsvariabelen X_t in paragraaf 3.4.

Schatting

De schatting volgt de in het rapport van de Commissie Parameters in 2019 beschreven methode:

- **Initiële conditie:** De werkgroep neemt aan dat de verdeling van de variabele X_0 op tijdstip $t = 0$ gelijk is aan de limietverdeling (voor t naar oneindig) van X_t .
- **Kalman filter:** De werkgroep gebruikt het Kalman filter uit De Jong en Shephard (1995)⁴³.
- **ML:** De werkgroep gebruikt de zogenoemde prediction error decomposition methode om de likelihood te bepalen.⁴⁴ De optimalisatie wordt uitgevoerd vanuit meerdere willekeurig gekozen startwaardes om te voorkomen dat de optimizer een lokaal optimum vindt.

⁴³ De Jong en Shephard (1995). The simulation smoother for time series models. Biometrika, 82(2), page 339 – 350.

⁴⁴ Zie bijvoorbeeld hoofdstuk 7 in Durbin, J., & Koopman, S. J. (2012). Time series analysis by state space methods (Vol. 38). OUP Oxford.

De werkgroep legt in haar analyses soms restricties op de modelparameters op:

- Parameters: De meetkundige gemiddeldes voor inflatie en nominale aandelenrendementen geïmpliceerd door het model worden, in lijn met het advies van de Commissie Parameters in 2019, gelijk gesteld aan respectievelijk 1,9% en 5,6%. Deze restricties worden in alle doorgerekende varianten opgelegd.
- UFR: De Ultimate Forward Rate (UFR) geïmpliceerd door het model wordt gelijkgesteld aan de UFR in de door DNB gepubliceerde nominale rentecurve op 31 december 2020 van 1,8%. Deze restrictie wordt opgelegd wanneer dit expliciet vermeld is in de hoofdttekst.
- Negatieve rentes: De werkgroep legt op dat, in de limietverdeling, maximaal 2,5% van de 10-jaars rentes negatief mag zijn. Deze restrictie wordt opgelegd, tenzij dit expliciet anders vermeld wordt in de hoofdttekst.

Bij het genereren van scenario's wordt het startpunt van de factorvariabelen X_t bepaald door de gekwadrateerde som van de verschillen tussen modelrentes en werkelijke rentes te minimaliseren voor de eerste 30 jaar van de nominale rentecurve en de eerste 10 jaar van de reële rentecurve op het moment van de modelschatting, december 2020.

D2. Kalibratie en generatie Q-scenario's

Algemeen

Het model dat wordt gebruikt voor het genereren van de Q-scenario's is het KNW*-model met deterministisch tijdsafhankelijke risicopremies $\lambda_0(t)$. Deze tijdsafhankelijke risicopremies zorgen ervoor dat de reële en nominale modelcurves exact overeenkomen met de geobserveerde curves op $t = 0$.

Het schatten van het risico-neutrale KNW*-model en het, vervolgens, genereren Q-scenario's vindt in stappen plaats. In de eerste stap wordt een deel van de parameters van het model (naast $\lambda_0(t)$) zodanig geschat dat geobserveerde marktprijzen op analysedatum (december 2020) zo nauwkeurig mogelijk benaderd worden. Hierbij wordt nog geen rekening gehouden met de nominale en reële rentecurves op analysedatum. In de tweede stap wordt $\lambda_0(t)$ gekozen zodat het model deze beide rentecurves exact repliceert. In een aantal gevallen, zie hoofdttekst, worden sommige parameters gelijk gehouden aan de waardes uit de P-kalibratie. Tenslotte worden de Q-scenario's gegenereerd door te simuleren uit de modelvergelijking op basis van de geschatte parameters.

De werkgroep maakt gebruik van data uit Bloomberg, waarbij als analysedatum 31 december 2020 is gekozen:

- YoY inflatiecaps: looptijden 1, 2, 5 en 10-jaar, strike +2% (EUIZC, prijs x10,000)
- Swaptions: tenor 5, 10 en 20-jaar; maturity 5, 10, 15 en 20-jaar, ATM (Euribor 6M ATM volatility cube, implied normal volatility in BP)
- Aandelenopties: looptijden 1, 2, 3, 4, 5, 7 en 10-jaar, ATM (strike 3755) (SPX ATM volatility surface, implied volatility in %)
- Nominale rentecurve: looptijden 1-128 jaar (DNB UFR, zie bijlage D1)
- Inflatiecurve: looptijden 1-128 jaar (EUSWI, waarbij de waardes voor looptijden langer dan 20 jaar verkregen zijn door de forward rate gelijk te stellen aan de 20y-30y forward rate)

Voor de alternatieve specificatie van het Q-model (zie hoofdstuk 4), waar andere instrumenten worden gebruikt, voegen we voor alle bovenstaande looptijden/tenors opties met onderstaande strikes toe (met analysedatum 31 december 2020):

- YoY inflatiecaps: strike +3%. (EUIZC, prijs x10,000)
- Swaptions: strike +2%. (Euribor 6M volatility cube strike +2%, implied normal volatility in BP)
- Aandelenopties: strike 3850. (SPX volatility surface strike 3850, implied volatility in %)

Stap 1: Kalibreren van parameters op marktprijzen

Voor het schatten van de parameters op marktprijzen maken we gebruik van de analytische uitdrukkingen voor de prijzen van swaptions en equity options zoals afgeleid in Bouwman en Lord (2016)⁴⁵. Voor swaptions benaderen we de implied volatility uit de markt via de vergelijkingen uit dit paper. Voor inflatiecaps heeft de werkgroep zelf de modelprijzen afgeleid, zie vergelijkingen (11) –(15) hieronder. Onze specificatie van het KNW-model bevat drie factoren in de vector X , vijf Brownian motions in de vector W en een tijdsafhankelijke λ_0 .

We leggen de volgende restricties op, waarbij (1) een identificatie-restrictie is en (2) volgt uit vergelijking (19) van Bouwman en Lord (2016)

$$M = K + \hat{\Lambda}_1 \text{ lower triangular} \quad (1)$$

$$\sigma_{\pi,5} = 0, \quad \sigma'_s \Lambda_1 = 0', \quad \sigma'_s \lambda_0(t) = \eta_s \text{ voor } t = 1 \dots T \quad (2)$$

We maken gebruik van de volgende vectoren en matrices:

$$v_\pi = [0,0,0,1,0,0]', \quad v_s = [0,0,0,0,1,0]', \quad v_B = [0,0,0,0,0,1]' \quad (3)$$

en

$$D^Q = \begin{bmatrix} -(K_x + \Sigma_x \Lambda_1) & 0_{3 \times 3} \\ \delta'_{1,\pi} - \sigma'_\pi \Lambda_1 & 0'_3 \\ \delta'_{1,r} & 0'_3 \\ \delta'_{1,r} & 0'_3 \end{bmatrix}, \quad \Sigma = \begin{bmatrix} \Sigma_x \\ \sigma'_\pi \\ \sigma'_s \\ 0'_5 \end{bmatrix}, \quad \Sigma_x = [I_{3 \times 3} \quad 0_{3 \times 2}] \quad (4)$$

Tevens definiëren we voor later gebruik $A(\Delta)$ en $G(\Delta)$ als oplossing van

$$\exp \left(\begin{pmatrix} -D_Q & \Sigma \Sigma' & 0 \\ 0 & D'_Q & I \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \Delta \right) = \begin{pmatrix} * & G(\Delta) & * \\ 0 & A(\Delta)' & B(\Delta)' \\ 0 & 0 & * \end{pmatrix} \quad (5)$$

en $C(\Delta) = A(\Delta)G(\Delta)$.

Methodologie kalibratie

Bij het schatten van modelparameters minimaliseren we het verschil tussen de marktprijzen (soms uitgedrukt in implied volatilities) en de bijbehorende modelprijzen (soms uitgedrukt in implied volatilities), waarbij elk instrument hetzelfde gewicht krijgt.

De parameters Λ_1 , $\delta_{1,r}$, σ_s en σ_π worden geoptimaliseerd, voor $\delta_{1,\pi}$ gebruiken we de volgende waardes⁴⁶ (om overfitting te vermijden).

⁴⁵ Bouwman en Lord (2016). An Overview of Derivative Pricing in Gaussian Affine Asset Pricing Models; An application to the KNW model. Netspar discussion paper No. 04/2016-018. Zie vergelijkingen (11), (12), (17) en (19) in dat paper.

⁴⁶ Deze waardes zijn gebaseerd op de KNW* P-schatting zonder een restrictie op het aantal negatieve rentes, aangezien de Q-schatting van KNW* geen restrictie oplegt op het aantal negatieve rentes.

$$\delta_{1,\pi} = \begin{pmatrix} 0.0038 \\ 0.0053 \\ 0.0123 \end{pmatrix}$$

Swaptions

Voor het fitten van de geobserveerde prijzen van swaptions op analysedatum benaderen we de (annualized) swaption implied volatility $\sigma_S^{n,N}$ in het KMW*-model. Om de implied volatility te bepalen definiëren we eerst de 'present value of a basis point' van een swap met maturity T_n en tenor $T_N - T_n$ op tijdstip t als volgt:

$$PV01_t^{n+1,N} = \sum_{i=n+1}^N P_t(T_i) \quad (6)$$

waar $P_t(T_i)$ de prijs op tijdstip t is van een nominale zero-coupon obligatie met looptijd $T_i - t$. Verder definiëren we de 'par swap rate' als:

$$S_t^{n,N} = \frac{P_t(T_n) - P_t(T_N)}{PV01_t^{n+1,N}} \quad (7)$$

We berekenen de implied volatility van een optie op deze swap als volgt:

$$\sigma_{S^{n,N}}(\tau) = \sqrt{\frac{\mathbf{q}' \mathbf{C}(\tau) \mathbf{q}}{\tau}} \quad (8)$$

Met $\tau = T_n - t$ en

$$\mathbf{q} = -\frac{1}{PV01_t^{n+1,N}} \left[P_t(T_n) I_{6 \times 6} - P_t(T_N) A(T_N - T_n) - S_t^{n,N} \sum_{i=n+1}^N P_t(T_i) A(T_i - T_n) \right]' \mathbf{v}_B \quad (9)$$

met A en C zoals gedefinieerd in (5) en met $I_{6 \times 6}$ de 6x6 identiteitsmatrix.

Aandelenopties

De kwadratische variatie van de prijs van een aandelenoptie met time to maturity τ wordt gegeven door de hieronder gegeven expressie voor $s_S^2(\tau)$ die door de constante volatiliteit enkel van de time to maturity afhangt. De annualized implied volatility wordt gekregen door de wortel van die expressie te nemen en te delen door $\sqrt{\tau}$, zie Bouwman en Lord (2016)

$$s_S^2(\tau) = [v_S - v_B]' \Sigma \Sigma' [v_S - v_B] \tau + 2[v_S - v_B]' \Sigma \Sigma' B(\tau)' v_B + v_B' C(\tau) v_B \quad (10)$$

Inflatiecaps

Om tot de prijs van een inflatiecap met maturity T te komen, sommeren we de waarde van $T - t$ year-on-year inflatiecaps. Een year-on-year inflatiecap met maturity T heeft één uitbetaling gebaseerd op de gerealiseerde inflatie van $T - 1$ tot T . De prijs op tijdstip t van een inflatiecap met uitoefenprijs K is dan:

$$Cap_{T,K} = \sum_{i=t+1}^T YoYCap_{i,K} \quad (11)$$

met

$$YoYCap_{i,K} = P_t(T_i) [F_i N(d_+) - (1 + K) N(d_-)] \quad (12)$$

$$d_{\pm} = \frac{\ln(F_i / (1 + K)) \pm \sigma_{F_i}^2 / 2}{\sigma_{F_i}} \quad (13)$$

$$F_i = \frac{P_t^R(T_i) / P_t(T_i)}{P_t^R(T_{i-1}) / P_t(T_{i-1})} \quad (14)$$

waar $P_t^R(T_i)$ de prijs van een reële obligatie met maturity T_i is. De volatiliteit $\sigma_{F_i}^2$ wordt als volgt berekend,

$$\begin{aligned} \sigma_{F_i}^2 = & (T_i - T_{i-1}) \sigma'_{\Pi} \sigma_{\Pi} + 2\xi' \left(\int_{T_{i-1}}^{T_i} b(u, T_{i-1}) du \right) [\sigma_{\Pi 1:3}]' \\ & + 2\xi' \left(\int_t^{T_{i-1}} (b(u, T_i) - b(u, T_{i-1})) (b(u, T_i) - b(u, T_{i-1}))' du + \int_{T_{i-1}}^{T_i} b(u, T_i) b(u, T_i)' du \right) \xi \end{aligned} \quad (15)$$

waar $\xi' = \delta'_{1,\pi} - \sigma'_{\Pi} \Lambda_1$ en $b(t, T) = M^{-1} (I - e^{-M(T-t)})$.

Stap 2. Exact fitten van rentecurves

Na het schatten van alle parameters in (4) vindt er voor de andere parameters een schatting plaats waarmee zowel de nominale als reële rentecurves op analysedatum exact gefit worden. Hiervoor wordt een iteratief proces gebruikt om $\lambda_0(t)$ te kalibreren. Dit wil zeggen dat $\lambda_0(1)$ wordt gebruikt om de nominale en reële rentecurves voor looptijd 1 te fitten, $\lambda_0(2)$ voor looptijd 2 enzovoort. Na elke iteratie wordt het laatste element van $\lambda_0(t)$ bepaald zodanig dat $\sigma'_s \lambda_0(t) = \eta_s$.

De prijs van een nominale obligatie met looptijd T op tijdstip t is als volgt:

$$P_t(T) = \exp(-A_D(t, T) - B_D(t, T)' X_t) \quad (16)$$

met

$$B_D(t, T) = M'^{-1} (I - \exp(-M'(T - t))) \delta_{1,r} = B(T - t) \quad (17)$$

en

$$A_D(t, T) = \int_0^{T-t} \left[\delta_{0,r} - \frac{1}{2} B(u)' B(u) - B(u)' \widehat{\lambda}_0(T - u) \right] du. \quad (18)$$

waarin $\widehat{\lambda}_0(t)$ bestaat uit de eerste 3 componenten van de vector $\lambda_0(t)$. De prijs van een reële obligatie met looptijd T op tijdstip t is als volgt:

$$P_t^R(T) = \exp(-A_P(t, T) - B_P(t, T)'X_t) \quad (19)$$

met

$$B_P(t, T) = M'^{-1}(I - \exp(-M'(T - t)))(\delta_{1,r} - \delta_{1,\pi} + A_1'\sigma_\Pi) = B^P(T - t) \quad (20)$$

en (met $\bar{B}_P(u) := \begin{bmatrix} B_P(u) \\ 0_{2 \times 1} \end{bmatrix}$)

$$A_P(t, T) = \int_0^{T-t} \left[\delta_{0,r} - \delta_{0,\pi} + \sigma_\Pi' \bar{B}_P(u) - \frac{1}{2} B^P(u)' B^P(u) + (\sigma_\Pi - \bar{B}_P(u))' \lambda_0(T - u) \right] du. \quad (21)$$

Bijlage E – Specificatie modelfonds

De onderstaande opsomming toont - op hoofdlijnen - de in hoofdstuk 4 voor de impactanalyse gebruikte contract- en fondsspecificatie voor de analysedatum:

Modelspecificaties FTK:

- **Soort pensioen:**
 - o Ouderdomspensioen
- **Risicoprofiel fondsniveau:**
 - o Aandelen 60% | Obligaties 40%
- **Portefeuille obligaties:**
 - o 20-Jaars zero-coupon obligaties
- **Dekkingsgraad:**
 - o 100% o.b.v. initiële rentecurve KNW* (P-schatting)
- **Opbouwpercentage:**
 - o Maximaal 1,875%
- **(Doorsnee)premie:**
 - o 20% van de pensioengrondslagsom
- **Premiedekkingsgraad:**
 - o Minimaal 100%
- **Premiekorting/premievakantie:**
 - o Nee
- **Respecteren genoeg is genoeg:**
 - o Ja
- **Indexatie:**
 - o Maximaal binnen regels wettelijk kader (conform regels toekomstbestendig indexeren)
- **Inhaalindexatie:**
 - o Ja, conform regels wettelijk kader.
- **Indexatieachterstand aanvang:**
 - o 12%, in modellering open toegekend
- **Terugblikkende horizon indexatieachterstand:**
 - o 10 jaar
- **Jaren in tekort bij aanvang:**
 - o 5 jaar
- **Spreiden MVEV korting:**
 - o 10 jaar
- **Kritische dekkingsgraad VEV:**
 - o Gelijkgesteld aan 95% voor alle scenario's en periodes.

Modelspecificaties NPC:

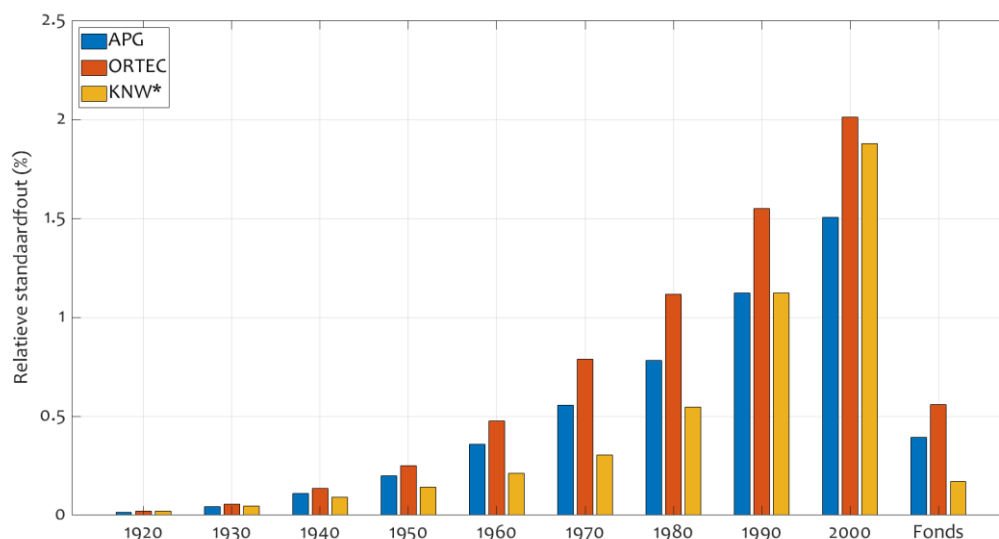
- **Risicoprofiel fondsniveau:**
 - o Aandelen 60% | Obligaties 40%
- **Portefeuille obligaties:**
 - o Matchende looptijden verwachte uitkeringen
- **Projectierendement:**
 - o Risicovrije rente
- **Start omvang solidariteitsreserve:**
 - o 0%
- **Minimale omvang solidariteitsreserve:**
 - o 0%
- **Maximale omvang solidariteitsreserve:**
 - o 15%
- **Vulling solidariteitsreserve uit premie:**
 - o 10%
- **Vulling solidariteitsreserve uit overrendement:**
 - o 10%
- **Uitdelen reserve:**
 - o 10% van negatief overrendement

- 0% < Reserve < 5% : 1/15 deel
- 5% < Reserve < 10% : 1/10 deel
- 10% < Reserve < 15% : 1/5 deel
- Reserve > 15%: geheel
- **Spreiden overrendementen:**
 - Geen spreiding
- **Risicodraagkrachtafhankelijke toedeling overrendement:**
 - Overrendement wordt gelijkelijk toebedeeld naar het verwachte pensioen.
 - Mate van deling in overrendement deelnemer i : $LC_i = \frac{\sum_i F_i}{\sum_i F_i + \sum_i H_i} \times \frac{F_i + H_i}{F_i}$
 - F_i : Huidig vermogen deelnemer i
 - H_i : Contante waarde toekomstige premie-inleg deelnemer i
 - i : Leeftijd deelnemer
- **Leeftijdsafhankelijke renterisico:**
 - Het beschermingsrendement wordt op basis van de verandering in de nominale rentetermijnstructuur bepaald, waarbij het renterisico voor alle cohorten met 40% wordt afgedekt. Zie pag. 5 van CPB (2020)⁴⁷ voor meer details.
- **Negatief overrendement:**
 - Negatieve overrendementen kleiner dan -50% voor specifieke leeftijdscohorten worden aangevuld uit de persoonlijke vermogens van andere deelnemers tot een overrendement van -50%.

⁴⁷ CPB (2020). Het doorontwikkelde contract: beschrijving van varianten, opties en resultaten. CPB Achtergronddocument.

Bijlage F – Standaardfouten van de berekende vba-waarden

Figuur F.1 toont de standaardfout van de vba-waarde (uitgedrukt in percentage van die waarde) voor de drie sets. Deze standaardfout bepaalt de numerieke onnauwkeurigheid van berekende vba-waarden. De standaardfout neemt toe voor de jongeren cohorten (vanwege de langere resterende horizon). In de figuur is goed zichtbaar dat een hogere volatiliteit van de aandelen rendementen (Ortec Finance set) of de hogere volatiliteit van inflaties (zoals bij de APG set), leiden tot een grotere spreiding van de uitkomsten en daardoor tot een hogere standaardfout.



Figuur F.1: Standaardfout van de vba-waarde als percentage van de berekende vba-waarde voor drie Q-sets voor een aantal geboortecohorten en voor het onverdeelde fondsvermogen.⁴⁸

⁴⁸ Bij het berekenen van de standaardfouten is geen rekening gehouden met de gebruikte simulatietechnieken (zoals wel of niet antithetisch simuleren).