



WORKING PAPERS ISSN 0781-4410

SUOMEN AKTUAARIYHDISTYS
The Actuarial Society of Finland

15

Heikki Ranta

ELÄKEKASSAN/ELÄKESÄTIÖN VAKUUTUS-
MAKSUPROSENTIN ENNUSTAMISESTA (1985)



**ELÄKEKASSAN / ELÄKESÄÄTIÖN VAKUUTUSMAKSU-
PROSENTIN ENNUSTAMISESTA**

SHV-työ

Heikki Ranta

1985-02-20



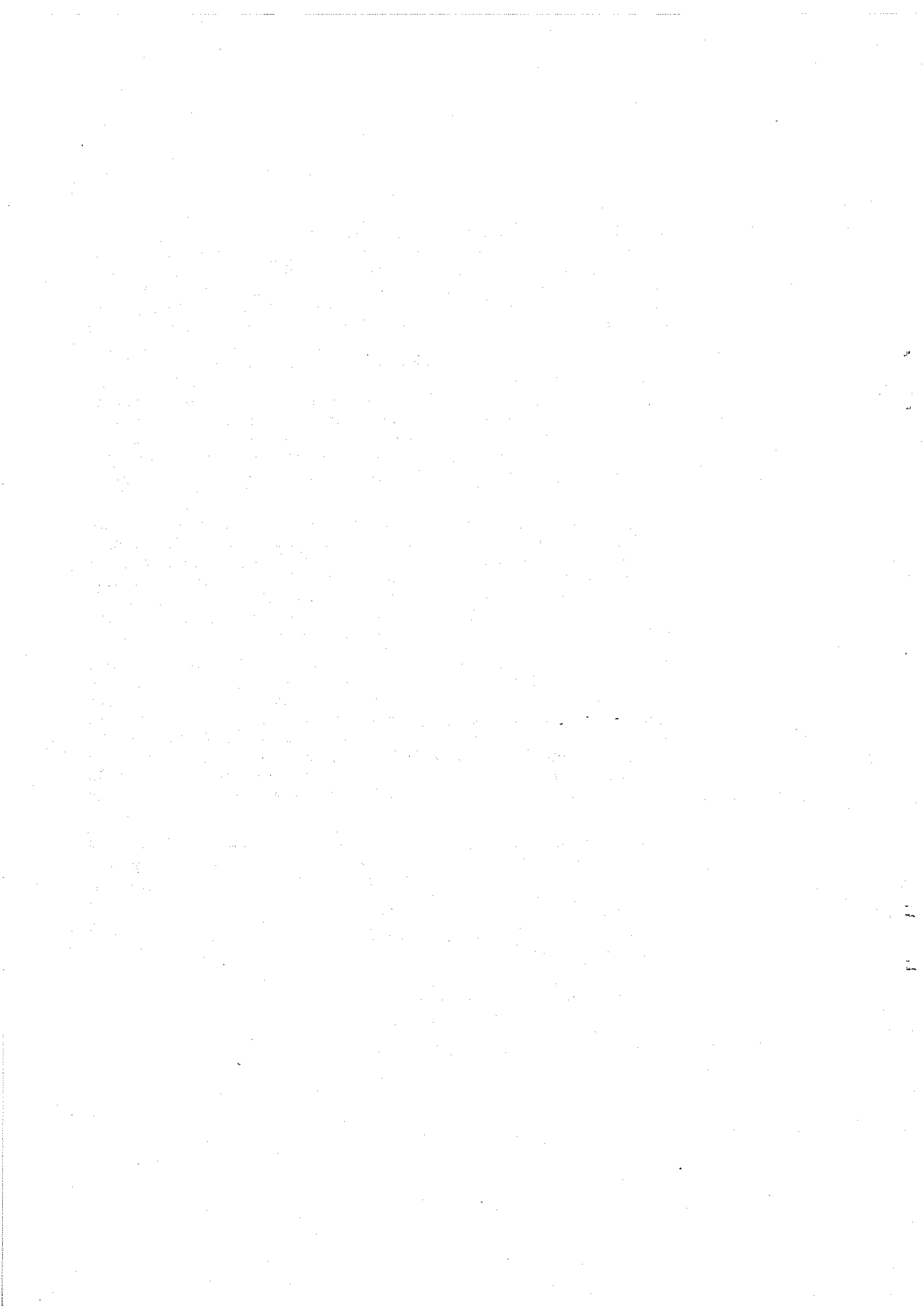
Abstract

According to the Finnish private sector employment pension scheme an employer must provide the compulsory pension security for his employees either by taking out insurance with a pension insurance company or by setting up his own pension foundation or pension fund, or joining a fund. Those employers who have chosen the alternative of a pension fund or a pension foundation often arrange voluntary additional insurance exceeding those of the statutory minimum TEL pension security. The most common additional benefits are to raise the annual accumulation of the pension or to reduce the pension age. A pension fund and a pension foundation take an interest in the future development of pension expenditure considering the characteristics of the employees, such as the age structure, the distribution of wages, disability etc. From the economic point of view the development of the contribution rate is of greatest importance.

This paper proposes some methods to predict the contribution rate in the long run. The evaluations of the wages and the pension expenditure in the future needed to predict the contribution rate are obtained from the individual based pension simulation model developed by Oy Porasto Ab. The features of employees and the characteristics of the additional pension insurance can be parametrised and programmed into the simulation model.

In order to predict the contribution rate of the statutory TEL pensions of a pension fund or a pension foundation we make some assumptions concerning the financing of pension expenditure under joint responsibility. In addition to the pension expenditure and wages in the future we also need to know the development of the actuarial liability debt (without equalizing reserves), which is calculated on the basis of individual funded parts of benefits predicted by the simulation model. The scaled premium system is used.

In order to predict the contribution rate of the additional pensions of a pension fund or a pension foundation we use the pension expenditure and wage evaluations obtained from the simulation model. As a method for the determination of the contribution rate we use the scaled premium system. Also the method presented by Watanabe introducing the "ratio of the funding level" in a pension system has been tested.



I JOHDANTO

Suomen työeläkelainsäädännön mukaan työnantajan on vastattava työntekijöidensä pakollisesta työeläketurvasta (TEL) joko vakuuttamalla työntekijät vakuutusyhtiössä, liittymällä eläkekassan jäseneksi tai perustamalla oman eläkekassan tai eläkesäätiön. Eläkekassan / eläkesäätiön valinneet työnantajat tarjoavat usein työntekijöilleen pakollista työeläketurvaa paremmat eläke-edut lähinnä alemman eläkeiän ja nopeamman eläkkeen karttumisen muodossa. Eläkekassaa ja eläkesäätiötä kiinnostaakin tietää miltä tulevaisuus näyttää, kun otetaan huomioon juuri heidän myöntämänsä eläketurvan lisäedut sekä heidän toimintapiiriinsä kuuluvien työntekijöiden ominaispiirteet (ikärakenne, palkkajakauma, työkyvyttömyysintensiiviteetit , eroavuus ym.). Taloudellisen suunnittelun kannalta tärkein kohde on vakuutusmaksuprosentin ennustaminen .

Vakuutusmaksuprosentin ennustamiseksi tarvittavat ennusteet eläkemenon ja palkkasumman kehityksestä saadaan tässä tutkimuksessa Oy Porasto Ab:ssä kehitetystä yksilöpohjaisesta eläkesimulaattorista , johon voidaan eläkelaitoskohtaisesti ohjelmoida lisäedun säännöt, ja jolle eläkelaitoksen toimintapiiriin kuuluvan henkilöstön ominaispiirteet voidaan syöttää parametritaulukkoina.

Perusturvan (TEL) osalta pyritään tässä tutkimuksessa ennustamaan vakuutusmaksuprosentti tietyin oletuksin (viitataan Työeläkemaksutyöryhmän raporttiin, 1983). Vakuutusmaksuprosentin ennustamiseksi perusturvan osalta tarvitaan ennusteet palkkasumman, eläkemenon sekä eläkevastuun kehityksestä. Palkkasumma- ja eläkemenoennusteet saadaan eläkesimulaattorista ja eläkevastuunennusteet lasketaan ennustetun omalla vastuulla olevan eläkkeen määrän perusteella. Ennustemenetelmänä käytetään ns. "scaled premium" - menetelmää.

Lisäedun vakuutusmaksuprosentin ennustamiseksi käytetään eläkesimulaattorin ennusteita eläkemenosta ja palkkasummasta sekä ennustemenetelminä "scaled premium" - menetelmää erilaisilla aikajakso-oletuksilla sekä "rahastointiaste" - menetelmää erilaisilla rahastointiasteilla (rahastointiaste = rahaston korkotuoton suhde eläkemenoon).

Luvussa 2 esitetään kuvaus eläkemenon ja palkkasumman ennustamiseen käytetystä eläkesimulaattorista .

Luvussa 3 esitetään tutkimuksen lähtöaineistona käytetyn eläkelaitoksen rakenteen, ominaispiirteiden sekä sääntöjen kuvaus.

Luvussa 4 kuvataan "scaled premium" - menetelmä, jota käytetään sekä luvun 7 TEL:n vakuutusmaksuprosentin ennustamiseen että luvun 8 lisäedun vakuutusmaksuprosentin ennustamiseen, jossa käytetään lisäksi luvussa 5 kuvattua "rahastointiaste" - menetelmää.

Vakuutusmaksuprosenttiennusteiden pohjana olevan perussimulointiajon tulokset esitetään luvussa 6.

Koko tutkimuksen tulokset on koottu tiivistettynä yhteenvetona lukuun 9.

2. ELÄKEMENON ENNUSTUSMENETELMÄN KUVAUS

2.1. Eläkemenon ennustusmenetelmän periaate

Tämän tutkimuksen lopputulosten - vakuutusmaksuprosenttien - laskemiseksi tarvittavat ennusteet eläkemenon ja palkkasumman kehityksestä saadaan Oy Porasto Ab:ssä kehitetystä yksilöpohjaisesta eläkkeenennustusmenetelmästä eli eläkesimulaattorista. Eläkesimulaattori on ohjelmoitu SPL/3000 - systeemiohjelmointikielellä Oy Porasto Ab:n HP3000 ser 48 - tietokoneelle.

Eläkesimulaattorissa käytettyä MONTE-CARLO simulointitekniikkaa on selvitetty Martti Laihon (Lähdeluettelo (3)) pro gradu - tutkielmassa, josta on esitetty yhteenveto tämän tutkimuksen liitteessä, joten tässä esitetään vain tiivistetty kuvaus simuloinnin periaatteesta.

Eläkesimulaattorin aihepiiristä on tehnyt SHV-työnsä myös Kari Puustinen (Lähdeluettelo (4)), joka on tutkinut eläkemenoenustusten luotettavuutta, ja jonka tuloksiin myöhemmin tässä tutkimuksessa viitataan.

Simulointimallin kokonaiskuva on hahmoteltu kuvassa 2.1.

Ensimmäisenä toimenpiteenä on simulaattorin lähtörekisterin muodostaminen eläkelaitoksen eläkeläisistä, työsuhteessa olevista sekä vapaakirjalaisista.

Toinen tärkeä toimenpide ennen varsinaisia simulointiajoja on eläkesimulaattorin lähtöparametrien kerääminen joko eläkelaitoksen omista henkilöjärjestelmän tilastoista tai yleisistä valtakunnallisista tilastoista.

Seuraavassa on luettelo eläkesimulaattorin tarvitsemista tilastoista :

- aktiivien kuolevuus (TEL:n laskuperusteiden mukainen kuolevuus)
- leskien kuolevuus (Suomen tilastollinen vuosikirja 1980 , taulukko "Naisten väestökuolleisuus 1971 - 1975")
- työkyvyttömiä kuolevuus (TEL:n perusteet ja Työeläkejärjestelmän tilastollinen vuosikirja 1983, taulukko 4.1.7)
- aktiivien invalidisoituvuus

- työkyvyttömiä kuntoutuvuus (TEL:n laskuperusteiden mukainen)
- leskien uudelleenavioituvuus (TEL:n laskuperusteiden mukainen)
- aktiivien eroavuus työsuhteesta
- eronneiden jäsenten palaavuus
- uusien jäsenten ikäjakauma
- jäsenten palkkajakauma
- jäsenten perheellisyysperusteet

Edellä mainituista tilastoista ne, joille ei ole mainittu hankintalähdettä, johdetaan yleensä eläkelaitoksen omista henkilöjärjestelmän tilastoista. Tässä tutkimuksessa on käytetty sopivasti yhdistellen Oy Porasto Ab:n asiakastilastoja.

Eläkesimulaattorin parametritilastojen erikoispiirteinä on, että niitä voidaan haluttaessa vaihtaa vuosittain. Lisäksi voidaan esim. käyttää omia tilastoja kullekin halutulle henkilöryhmälle.

Kun eläkesimulaattorin lähtörekisteri ja parametritaulukkotiedosto on luotu, voidaan lähteä ajamaan simulointiajvoja. Kullakin simulointikierröksellä on lähtörekisterinä edellisen vuoden simuloinnista syntynyt uusi rekisteri (tai lähtörekisteri ensimmäisenä simulointivuotena).

Eläkesimulaattorin toimintaa yhden simulointikierröksen aikana havainnollistaa kuva 2.2.

Kaikki rekisterin henkilöt (tietueet) kuuluvat johonkin seuraavista tiloista :

- aktiivi (A,B)
- vapaakirjalainen (VPK)
- työkyvyttömyyseläkeläinen (T)
- vanhuuseläkeläinen (V)
- perhe-eläkeläinen (P)

Kullekin henkilölle "arvotaan" simulointikierröksellä missä tilassa henkilö on seuraavan vuoden. "Arpominen" perustuu MONTE-CARLO simulointitekniikkaan, parametritaulukkotilastoista johdettuihin siirtymätodennäköisyyksiin sekä parametrina annettavan siemenluvun avulla tuotettuihin pseudo-satunnaislukuihin. Kaikki tilanmuutokset oletetaan tapahtuvaksi 1.7. käsittelyvuonna.

Oli henkilö missä tilassa tahansa, on hänellä mahdollisuus pysyä samassa tilassa tai kuolla (K) (kuollut henkilö poistetaan rekisteristä). Muut siirtymismahdollisuudet ovat seuraavat :

- aktiivi voi joko siirtyä A- tai B-osaston työkyvyttö-

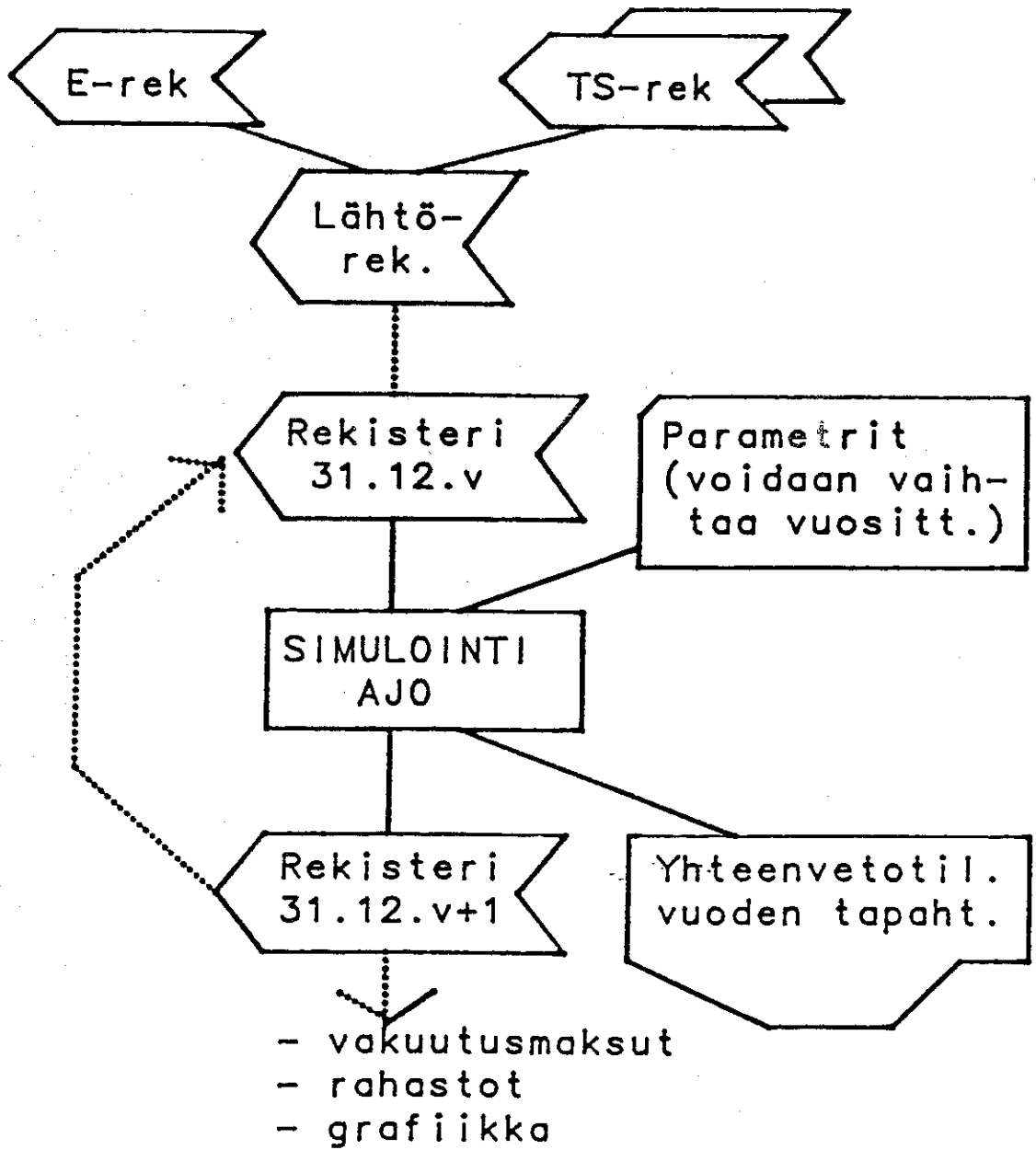
myyseläkkeelle ($T_{A,B}$), erota (VPK), päästä A-osaston vanhuuseläkkeelle (V_A) tai B-osaston vanhuuseläkkeelle (V)

- työkyvytön voi joko parantua (A,B tai VPK), siirtyä A-osaston vanhuuseläkkeelle, mutta jatkaa edelleen TEL:n työkyvyttömyyseläkkeellä (T_{B,V_A}) tai siirtyä joko A-osaston (V_A) tai B-osaston (V) vanhuuseläkkeelle
- vapaakirjalainen voi joko palata takaisin aktiiviksi (A,D), siirtyä työkyvyttömyyseläkkeelle (T_{VPK}) tai B-osaston vanhuuseläkkeelle (V)

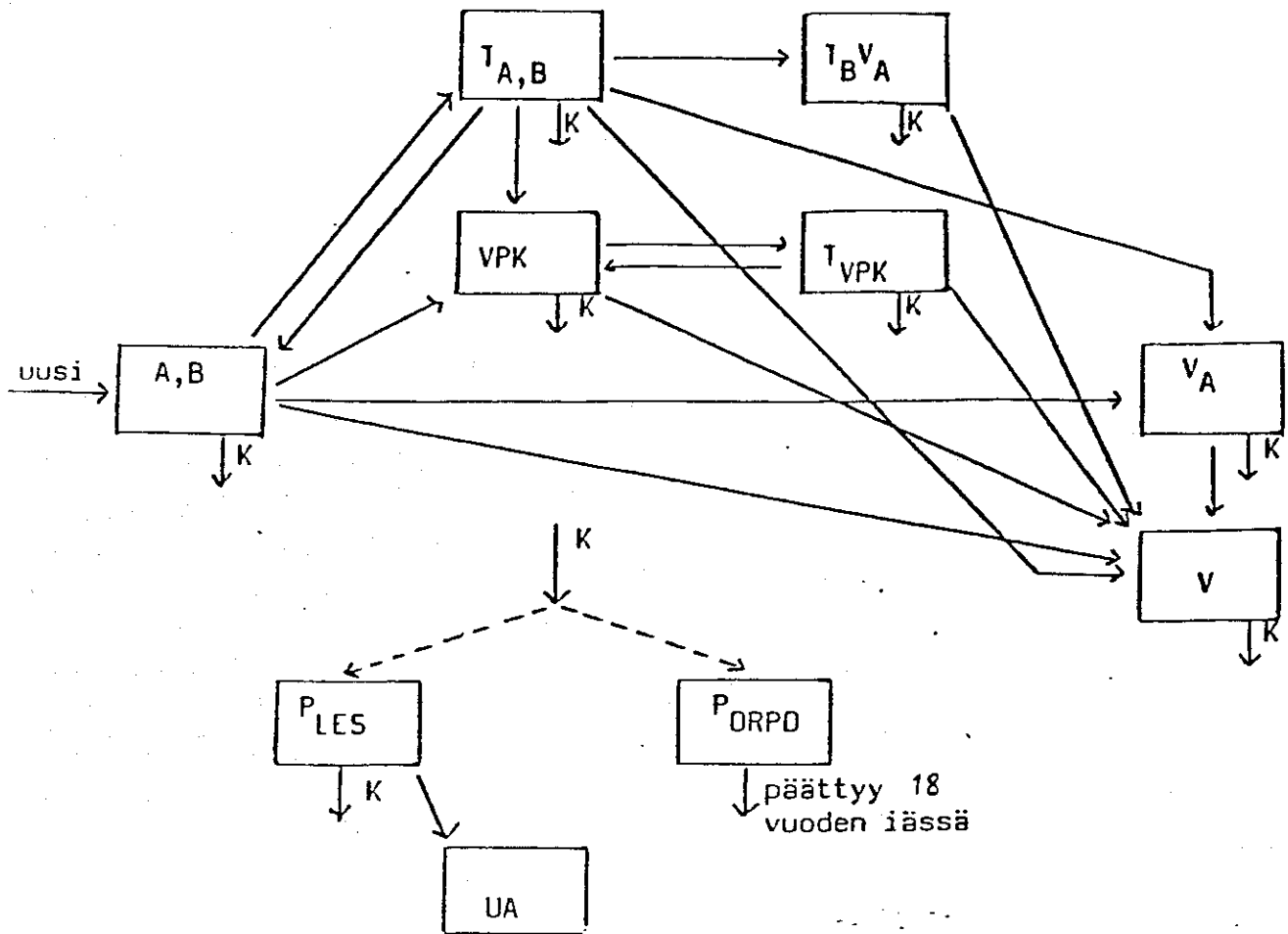
Kun henkilö kuolee saataa hänelle jäädä edunsaajiksi leski ja/tai lapsia. Leskeneläke (P_{LES}) päättyy joko lesken kuolemaan (K) tai uudelleenavioitumiseen (UA). Lapseneläke (P_{ORPO}) päättyy lapseneläkkeen päättymisikään (parametritieto, tässä tutkimuksessa 18). Lapsien kuolevuutta ei ole huomioitu.

Kun rekisterin yhden vuoden kaikkien henkilöiden edellä kuvatut "arvonnat" on suoritettu, arvotaan lisäksi systeemiin niin paljon uusia aktiiveja, että parametrina annettu tavoitemiehitys saavutetaan (tässä tutkimuksessa tavoitemiehityksenä säilytetään alkuperäinen aktiivikanta). Tavoitemiehityksen avulla simulaattorin tuloksia voidaan käyttää eläkemenon tutkimiseen eläkelaitoksen takana olevan yrityksen laajentamis- tai tervehdyttämissuunnitelmien mukaisesti.

SIMULOINTIMALLI



Kuva 2.1.



Kuva 2.2.

Simulointimallin periaate

Tilat: A,B = aktiivi (A-osasto ja B-osasto)

VPK = vapaakirja

T = työkyvytön

V = vanhuuseläke

P = perhe-eläke

UA = uudelleennavioituminen

K = kuollut

2.2. Eläkemenon ennustusmenetelmän lisäpiirteet

Tässä luvussa kuvataan uusia piirteitä, joita tutkimuksen tekijä on liittänyt eläkesimulointiohjelmistoon TEL:n mukaisen vakuutusmaksuprosentin arviomiseksi. Merkittävin lisäpiirre on simulaattorin rekisterin tietosisällön laajentaminen TEL:n mukaisella rahastoidulla eläkkeellä.

Käytännössä tämä merkitsee sitä, että simulaattorin lähtörekisteriä luotaessa on edellä mainittuun TEL-rahasto-kenttään siirretty eläkkeensaajilla eläkelaitoksen omalla vastuulla oleva osa maksettavista eläkkeistä ja aktiiveilla (sekä vapaakirjalaisilla) perustamishetken mennessä työsuhteesta kertynyt rahastoitu osa. Lisäksi eläkesimulointiohjelmisto lisää 23 - 54 vuotiaiden aktiivijäsenten rahastoitua osaa kullakin simulointikierröksellä 1.5 % henkilön palkkasummasta (tai vain 0.75 % , jos tila on muuttunut 1.7. käsittelyvuonna)

Kun kunkin henkilön rahastoidun eläkkeen osan määrä on simulaattorin ennustettavissa, voidaan myös ennustaa alkaneiden vanhuus-, työkyvyttömyys- ja perhe-eläkkeiden vastuut sekä vastaisten vanhuus- ja perhe-eläkkeiden vastuut eli ns. VIP-rahasto, jota sitten jatkossa käytetään hyväksi TEL-vakuutusmaksuprosentin arvioimisessa luvussa 7.

3. TUTKITTAVAN ELÄKELAITOKSEN KUVAUS

3.1. Eläkelaitoksen säännöt

Tutkimuksen kohteena olevassa eläkelaitoksessa on kaksi osastoa : B-osaston tarkoituksena on TEL:n mukaisen vähimmäiseläketurvan myöntäminen ; A-osaston tarkoituksena on myöntää työntekijöille lisäeläketurvaa, jota ei rekisteröidä TEL:n mukaiseksi lisäeduksi.

A-osaston toimintapiiriin kuuluvat kaikki eläkelaitoksen työntekijät, joiden eläkkeen karttuminen kuitenkin alkaa aikaisintaan 23-vuotiaina.

Vanhuuseläkeikä on miehillä 63 vuotta ja naisilla 60 vuotta. Täyteen vanhuuseläkkeeseen on oikeutettu työntekijä, jolla on 360 eläkkeeseen oikeuttavaa palveluskuukautta. Täyden vanhuuseläkkeen määrä on 60 % työntekijän eläkkeen perusteena olevasta palkasta, jolla tarkoitetaan TEL:ssa määriteltyä eläkkeen perusteena olevaa palkkaa.

Oikeus osaston A mukaiseen työkyvyttömyyseläkkeeseen on työntekijällä, jolla on oikeus osaston B mukaiseen työkyvyttömyyseläkkeeseen TEL 6 § 3 momentin mukaan. A-osaston työkyvyttömyyseläke määräytyy kuten vanhuuseläke ns. tuleva aika huomioiden.

Oikeus osaston A mukaiseen perhe-eläkkeeseen on leskellä ja alle 18-vuotiailla lapsilla. Perhe-eläkkeen jakautuminen eri eläkkeesääjien kesken määräytyy kuten TEL:ssa.

Osaston A jäsenillä ei ole oikeutta osaston A vapaakirjaan

Edellä mainitut A-osaston mukaiset erityispiirteet on tätä tutkimusta varten ohjelmoitu luvussa 2 kuvattuun eläkesimulaattoriin.

3.2. Eläkelaitoksen rakenne ja vakuutusteknillinen tila

Eläkesimulaattorin lähtörekisteriin kerättyjen eläkelaitoksen toimintapiiriin kuuluvien eläkeläisten, vapaakirjalaisten ja työsuhteessa olevien lukumäärät jakautuvat seuraavasti (tilanne 31.12.1983) :

- 923 työsuhteessa olevaa aktiivijäsentä
- 3007 vapaakirjalaista
- 100 työkyvyttömyyseläkkeellä olevaa
- 195 vanhuuseläkeläistä
- 85 perhe-eläkettä saavaa leskeä
- 11 perhe-eläkettä saavaa lasta

Eläkelaitoksen piiriin kuuluvat 923 aktiivia on tutkimuksessa eroteltu neljään ryhmään

- 278 miespuolista toimihenkilöä
- 253 miespuolista työntekijää
- 162 naispuolista toimihenkilöä
- 230 naispuolista työntekijää

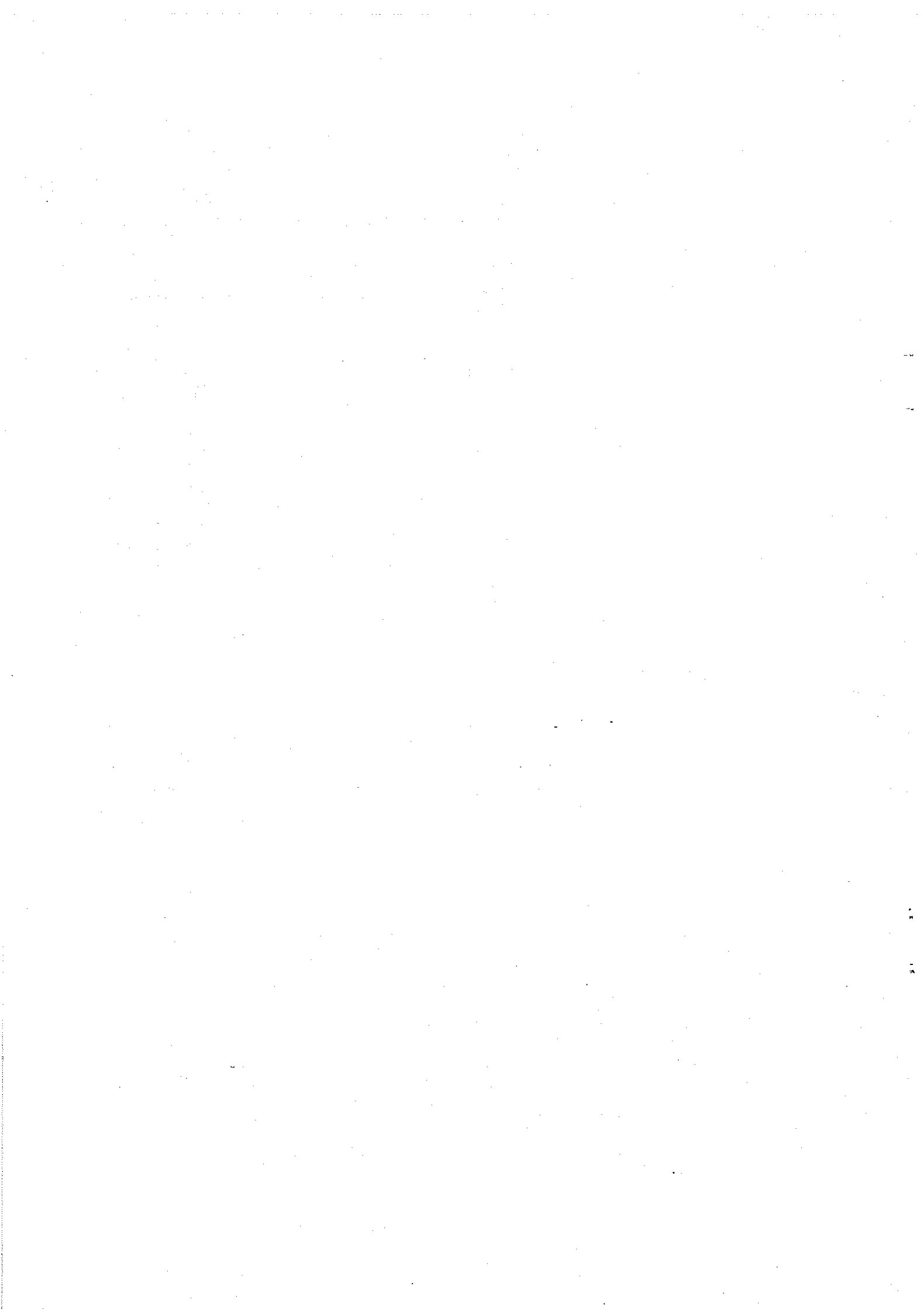
Kuten luvussa 2 todettiin, voidaan eläkesimulaattorille syöttää parametritaulukot henkilöryhmittäin. Tutkimuksen kohteena olevassa eläkelaitoksessa henkilöryhmien välisen eroavuuden kannalta merkittävin parametritaulukko on jäsenten palkkajakama- taulukko, joka vaihtelee voimakkaasti henkilöryhmästä toiseen kuvan 3.1 mukaisesti. Kyseisen palkkataulukon avulla määrätään myös uusien jäsenten palkka. Uusien jäsenten ikäjakauma on esitetty kuvassa 3.2.

Eronneen jäsenen palaavuus työsuhteeseen on asetettu nollassi. Muilta osin eläkelaitosta kuvaavat eläkesimulaattorin vaatimat parametritaulukot on laadittu valtakunnallisten tilastojen perusteella tai johdettu Oy Porasto Ab:n asiakästilastoista.

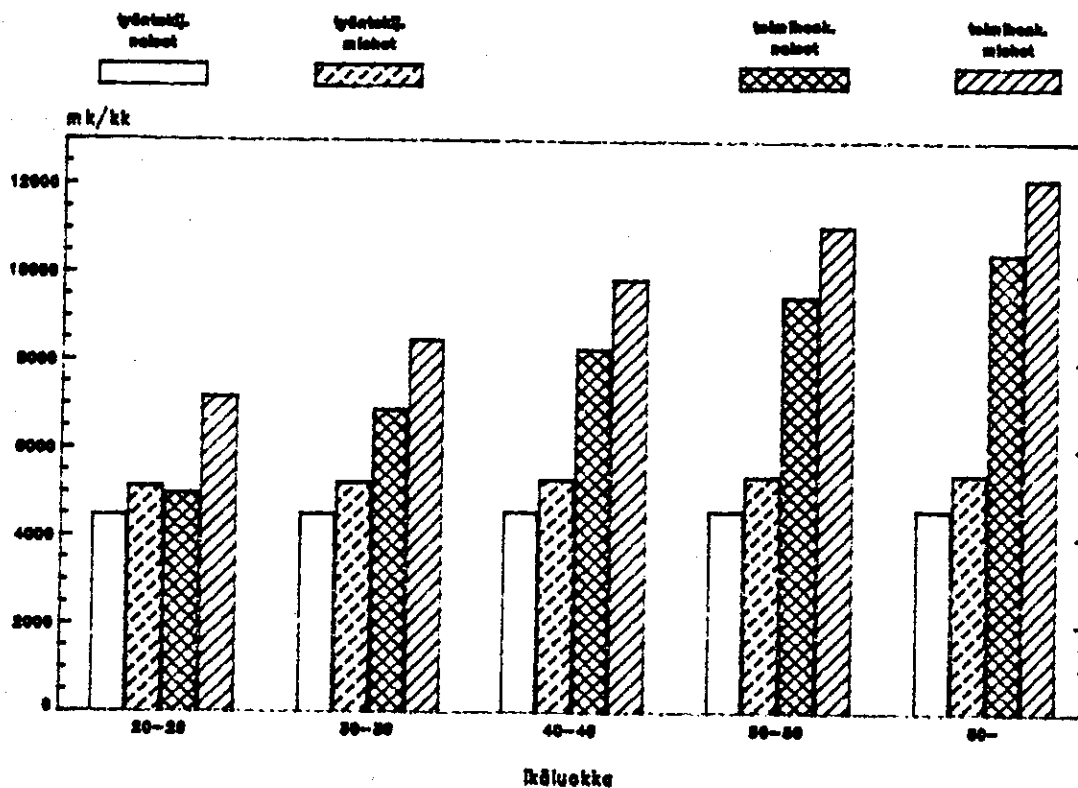
Myöhempiä tarvetta varten on tähän koottu joitakin lukutietoja tutkimuksen kohteena olevan eläkelaitoksen vakuutusteknillisestä tilasta per 31.12.1983 :

- TEL:n mukainen VIP-rahasto eli alkaneiden vanhuus-, työkyvyttömyys- ja perhe-eläkkeiden sekä vastaisten vanhuus- ja perhe-eläkkeiden eläkevastuu on 40.108 Mmk
- eläkelaitoksen TEL-osaston maksamien eläkkeiden suhde palkkasummaan on vuonna 1983 n. 8,9 %

- eläkelaitoksen maksamien omalla vastuulla olevien TEL-eläkkeiden suhde TEL:n kokonaiseläkemenoon on n. 25 %
- lisäedun eläkevastuu on 41 Mmk
- lisäedun mukaisia eläkkeitä maksettiin vuonna 1983 2,4 Mmk



PALKKAJAKUMA

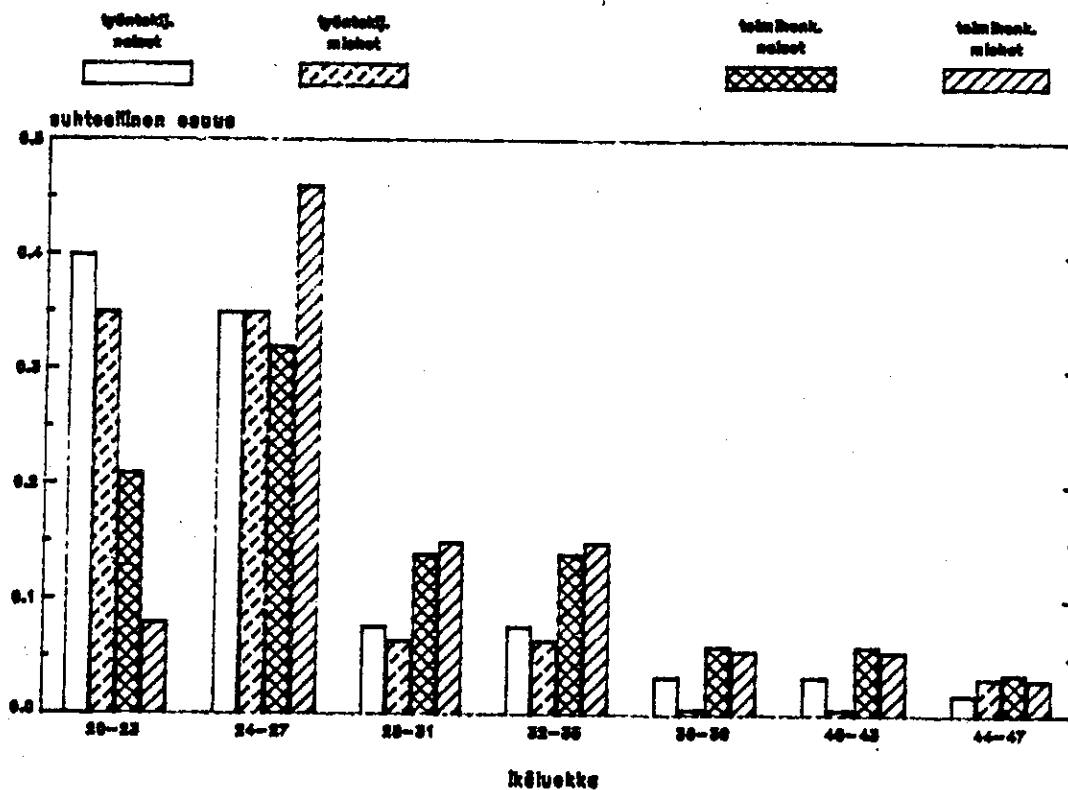


KUVA 3.1

ikäluokka

KUVA 3.1

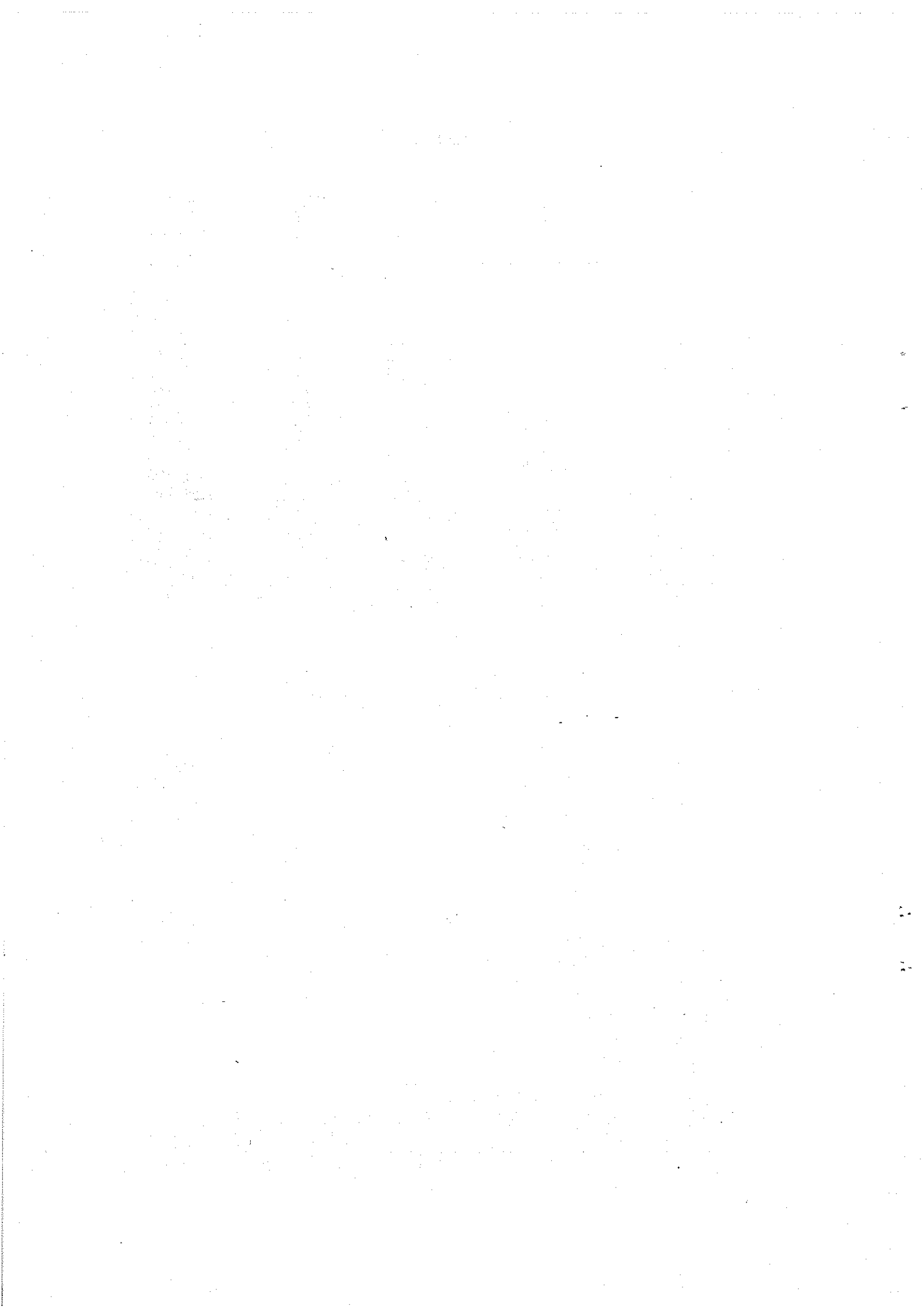
UUSIEN JÄSENTEN SUHTELLINEN IKÄJAKAUMA



KUVA 3.2

ikäluokka

KUVA 3.2



4. "SCALED PREMIUM" - MENETELMÄ

4.1. Yleistä eläkkeiden rahoitusmenetelmistä

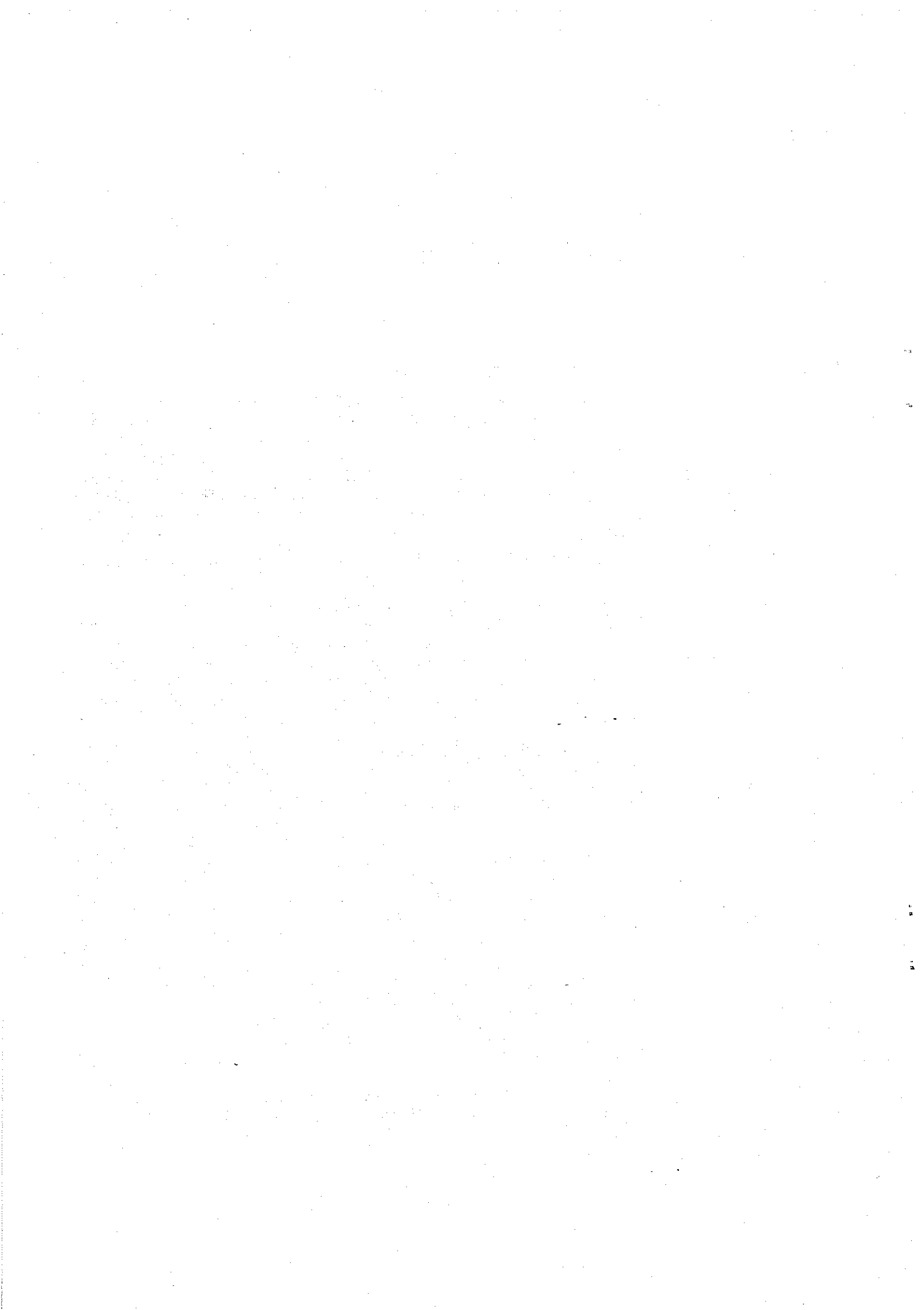
Tyypillinen ilmiö nuorille eläkejärjestelmille (kuten myös Suomen eläkejärjestelmälle) on, että eläkemeno on järjestelmän alkuaikoina erittäin pieni, mutta kasvaa voimakkaasti järjestelmän vanhetessa. Tämä eläkemenon kasvu, joka saataa kestää hyvinkin pitkän aikajakson ajan, aiheutuu sekä eläkeläisten lukumäärän kasvusta että eläkkeiden suuruustason kasvusta, sillä myöhemmin eläkkeelle siirtyvät ovat olleet kauemmin eläkejärjestelmän piirissä kuin heitä aikaisemmat eläkeläispolvet.

Seuraavassa esitetään yleisimpiä eläkejärjestelmän rahoitusjärjestelmiä.

"Pay-as-you-go" - systeemissä eläkejärjestelmässä kerätään lyhyen aikajakson - yleensä yhden vuoden - aikana niin paljon vakuutusmaksuja, että jakson aikana kertynyt eläkemeno saadaan katettua. Tyypillistä "pay-as-you-go" - menetelmälle on vakuutusmaksuprosentin kasvu lähes vuosittain pieneltä lähtötasoltaan. Myöskään suuruudeltaan merkittäviä rahastoja ei synny, joten eläkemeno on katettava yksinomaan perittävillä vakuutusmaksuilla.

"Keskimääräisen vakuutusmaksun" (the general average premium system) systeemissä asetetaan vakuutusmaksuprosentti siten, että tulevien tulojen ja tulevien menojen pääoma-arvot järjestelmän alussa asetetaan yhtäsuuriksi. Tällä tavalla saadaan tasainen vakuutusmaksuprosentti, mutta käytännössä vakuutusmaksuprosenttiin on kuitenkin myöhemmin tehtävä korjauksia lähtöoletuksissa tapahtuneiden muutosten vuoksi. "Keskimääräisen vakuutusmaksun" järjestelmä johtaa eläkemenoon nähden korkeaan vakuutusmaksuprosenttiin eläkejärjestelmän alkuaikoina, ja aiheuttaa siten merkittävän rahaston muodostumisen.

Edellä mainittujen rahoitusmenetelmien välimuotona esitetään luvussa 4.2. tarkemmin ns. "scaled premium" - menetelmä, jossa vakuutusmaksuprosentti pidetään vakiona aikajaksoittain. Aikajaksojen kestoajat voidaan valita myös keskenään eripituisiksi. Mitä lyhyemmiksi aikajaksot valitaan, sitä alhaisemmaksi muodostuu vakuutusmaksuprosentin lähtötaso ja sitä pienemmäksi muodostuvat rahastot, ääritapauksena "pay-as-you-go" - menetelmä. Mitä pitemmiksi aikajaksot valitaan, sitä korkeammaksi muodostuu vakuutusmaksuprosentin lähtötaso ja sitä suuremmaksi muodostuvat rahastot, ääritapauksena "keskimääräisen vakuutusmaksun" systeemi.



4.2. "Scaled premium" - menetelmän kuvaus

Edellä luvussa 4.1. karkeasti kuvattu "scaled premium" - systeemi kuvataan tässä luvussa tarkemmin Lähdeluettelo (1):n pohjalta.

"Scaled premium" - menetelmä soveltuu ja sitä on sovellettukin erityisesti kehitysmaiden eläkejärjestelmien rahoituksen suunnitteluun, mutta se on otettu käyttöön myös monissa Keski-Euroopan maissa, ja on myös käyttökelpoinen Suomen eläkejärjestelmälle.

"Scaled premium" - systeemin tärkeimpänä oletuksena on, että kertyneitä rahastoja ei saa käyttää eläkemenon kustantamiseen, vaan eläkemeno on katettava rahaston korkotuotoilla ja kerätyillä vakuutusmaksuilla. Rahaston määrä on siis oletuksen mukaisesti ei-vähenevä, ts. aikavälillä (n,m) on "scaled premium" - menetelmän mielessä optimaalinen vakuutusmaksuprosentti P , jos tällä vakuutusmaksuprosentilla saadaan katettua aikajakson (n,m) eläkemeno jokaisena jakson vuotena tarvitsematta käyttäen rahaston varoja, ja rahaston siirto hetkellä m on nolla eli $V'(m)=0$.

"Scaled premium" - menetelmällä saadaan siis ennustettua vakuutusmaksuprosentit P_1, P_2, P_3, \dots aikajaksoilla $(0, n_1), (n_1, n_2), (n_2, n_3), \dots$. Kunkin aikajakson vakuutusmaksuprosentti P_i saadaan laskettua samalla menetelmällä kuin seuraavissa kappaleissa johdettavan aikajakson (n,m) optimaalinen vakuutusmaksuprosentti P .

5. "RAHASTOINTIASTE" - menetelmä

Aivan uutena eläkejärjestelmän rahoitusmenetelmänä tutkitaan tässä Lähdeluettelon (2) pohjalta japanilaisen Minehiko Watanaben esittämää menetelmää (Congress of actuaries, 1984).

Menetelmä tuo esille uuden käsitteen, josta Watanabe (itsekin nimitystä kritisoiden) käyttää nimitystä "ratio of the funding level", tarkoittaen sillä rahaston korkotuoton suhdetta eläkemenoon. Koska em. käsitteellä ei ole tunnettua suomennosta käytetään tässä esityksessä suomenkielistä (yhtä huonoa) nimitystä "rahastointiaste".

Kun käytetään seuraavia merkintöjä

$V(t) = V_t$ = rahasto hetkellä t

$B(t)$ = eläkemenofunktio

$S(t)$ = palkkafunktio

$P(t)$ = vakuutusmaksuprosentti hetkellä t

δ = korkoutuvuus

$f(t)$ = rahastointiaste hetkellä t ,

on rahastointiaste määritelmänsä mukaan

$$f(t) = \delta V(t) / B(t) , \quad (B(t) \text{ erisuuri kuin } 0)$$

Rahastointiastefunktion $f(t)$ on oltava ajan t suhteen differentioituva ja jatkuva funktio.

Seuraavaksi pyritään ratkaisemaan vakuutusmaksuprosentti $P(t)$, kun rahastointiastefunktio $f(t)$ on tiedossa.

Oletetaan jatkossa, että sekä $f(t)$ että $B(t)$ ovat differentioituvia funktioita, kun $t \geq 0$.

Kun ryhmitellään eläkejärjestelmän tulot ja menot, saadaan seuraava perusyhtälö :

$$P(t) S(t) \Delta t + \delta V(t) \Delta t = B(t) \Delta t + \Delta V(t)$$

Kun on tiedossa ennusteet palkkasumman ja eläkemen kehityksestä (tässä tutkimuksessa ne saadaan eläkesimulaattorista), voidaan kaavan (5.4) avulla ennustaa vuosi kerrallaan vakuutusmaksuprosentti, jolla rahastointiaste $f(t)$ on vakio C .

6. PERUSSIMULOINTIAJON TULOKSET

Seuraavissa luvuissa tapahtuvan TEL:n ja lisäedun vakuutusmaksuprosenttien arvionnin pohjaksi ajettiin yksi perussimulointiajo.

Tutkimuksen perussimulointi on ajettu 0 % inflaatiolla, jolloin eläkemenon kasvu johtuu ainoastaan eläkeläisten lukumäärän ja yksittäisen eläkkeensaajan eläkkeeseen oikeuttavan palvelusajan kasvusta.

Perussimulointiajon eläke- ja palkkaennusteet on kirjattu taulukkoon 6.1, jonka pohjalta on piirretty myös graafiset esitykset eläkemenosta (kuva 6.1) sekä kokonaiseläkemenon suhteesta palkkasummaan (kuva 6.3).

Vertailun vuoksi ajettiin perussimulointiajosta täysin samalla lähtösiemenluvulla simulointiajo, jossa käytettiin inflaatioarviota 8 %. Eläkesimulaattorissa inflaatiolla tarkoitetaan sitä, että jokaisena simulointivuotena on kunkin eläkkeensaajan eläkettä, vapaakirjalaisen vapaakirjaeläkettä ja työsuhteessa olevan palkkaa korotettu ko. inflaatioprosentilla.

Edellä esitetyn 8 % inflaatioajan eläkemenoennusteet on esitetty graafisesti kuvassa 6.2. Lisäksi on kuvassa 6.4 kuvattu rahastoinnin asteen kehitystä eli on katsottu kuinka ko. inflaatio-oletuksella kehittyvät maksettujen omalla vastuulla olevien TEL-eläkkeiden suhde TEL:n kokonaiseläkemenoon; lähtötilanteena on luvussa 3.2 mainittu 25 %.

Taulukko 6.1.

vuosi	B	A	A+B	S
1984	7131	2498	9630	74653
1985	8070	2490	10560	73644
1986	8868	2385	11253	73195
1987	9602	2392	11995	73223
1988	10184	2452	12636	73507
1989	10816	2450	13267	74004
1990	11844	2512	14356	74076
1991	12774	2562	15337	73989
1992	13412	2492	15905	74008
1993	14364	2450	16814	73905
1994	15412	2498	17911	74162
1995	16574	2532	19106	74278
1996	18069	2545	20615	74154
1997	19355	2489	21845	73920
1998	20340	2460	22800	73580
1999	21125	2473	23598	73554
2000	21545	2424	23970	73737
2001	21743	2369	24113	74126
2002	21965	2306	24272	74507
2003	22536	2259	24796	74771
2004	23007	2215	25223	74843
2005	23317	2046	25363	74801
2006	23860	1929	25789	74940
2007	24595	1960	26555	74909
2008	24710	1931	26642	74871
2009	25274	1912	27186	74786
2010	25543	1870	27413	74550
2011	25741	1902	27643	74304
2012	25981	2082	28064	74130
2013	25881	2246	28127	74300
2014	26072	2196	28269	74244
2015	26313	2121	28435	73851
2016	25967	2247	28215	73787
2017	25515	2319	27834	74026
2018	25349	2451	27800	74031
2019	24865	2621	27486	74001
2020	24513	2461	26974	74119

B = B-osaston eläkkeet

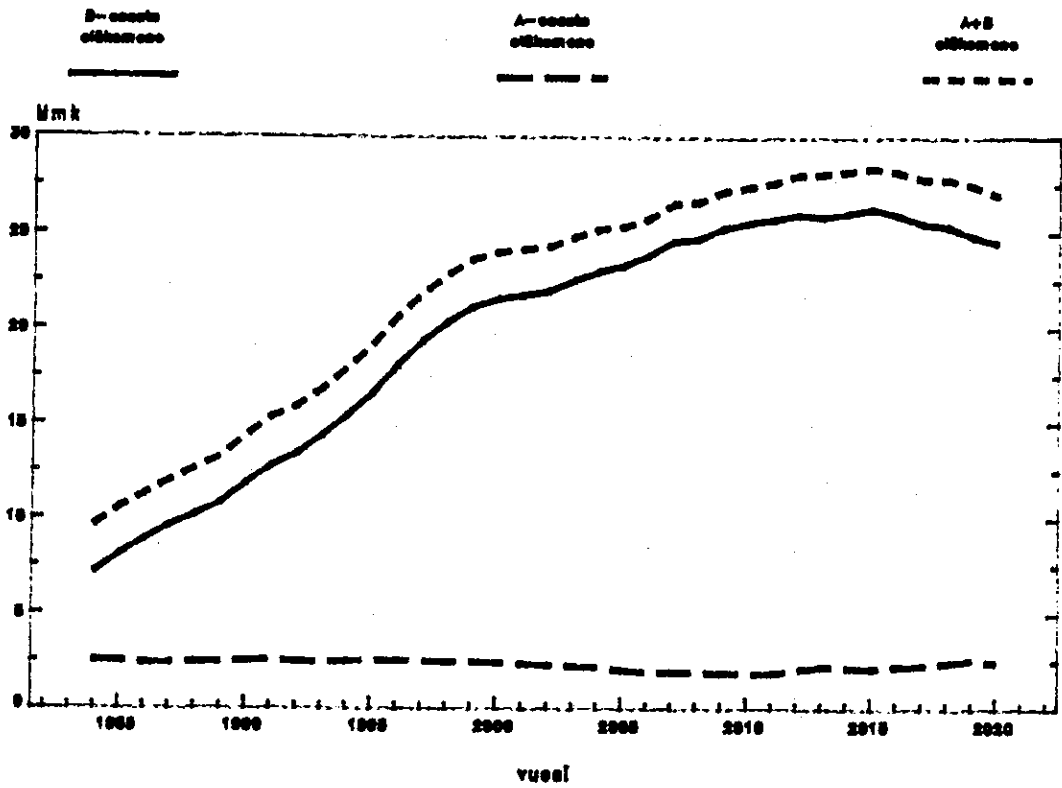
A = A-osaston eläkkeet

S = palkkasumma

Luvut ovat 1000 markkoina !

ELÄKEMENO 1984-2020

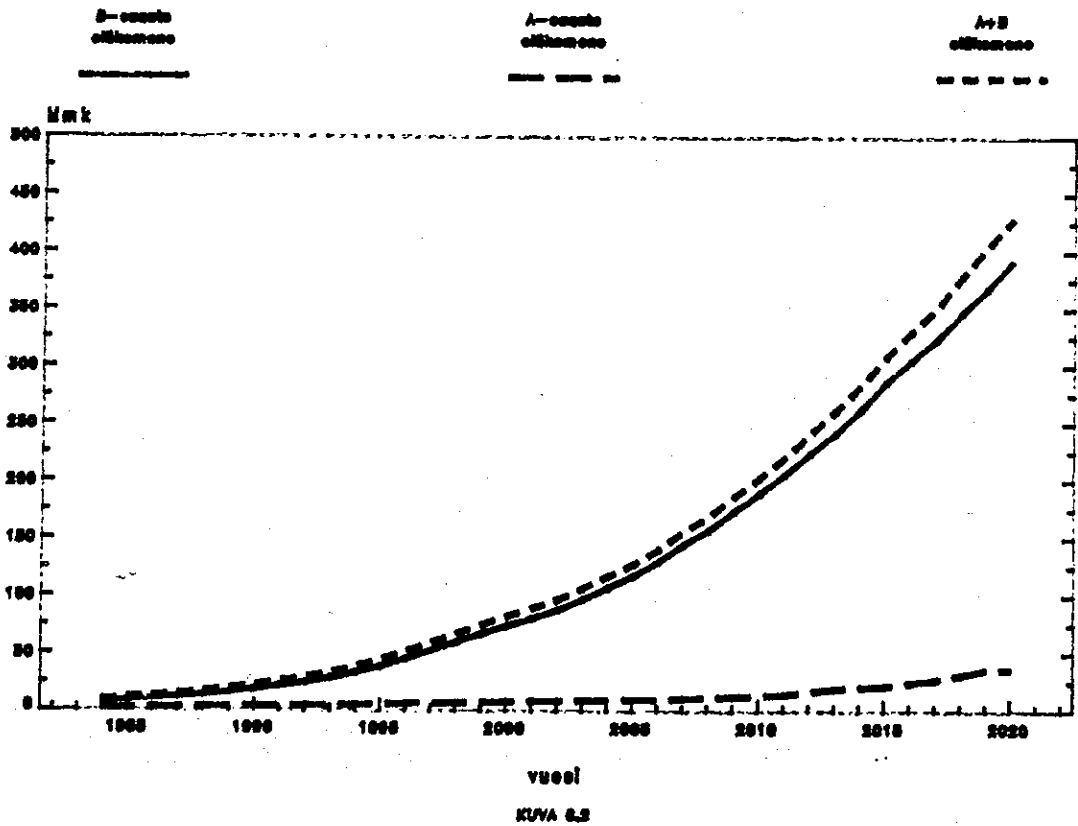
0 % inflaatio



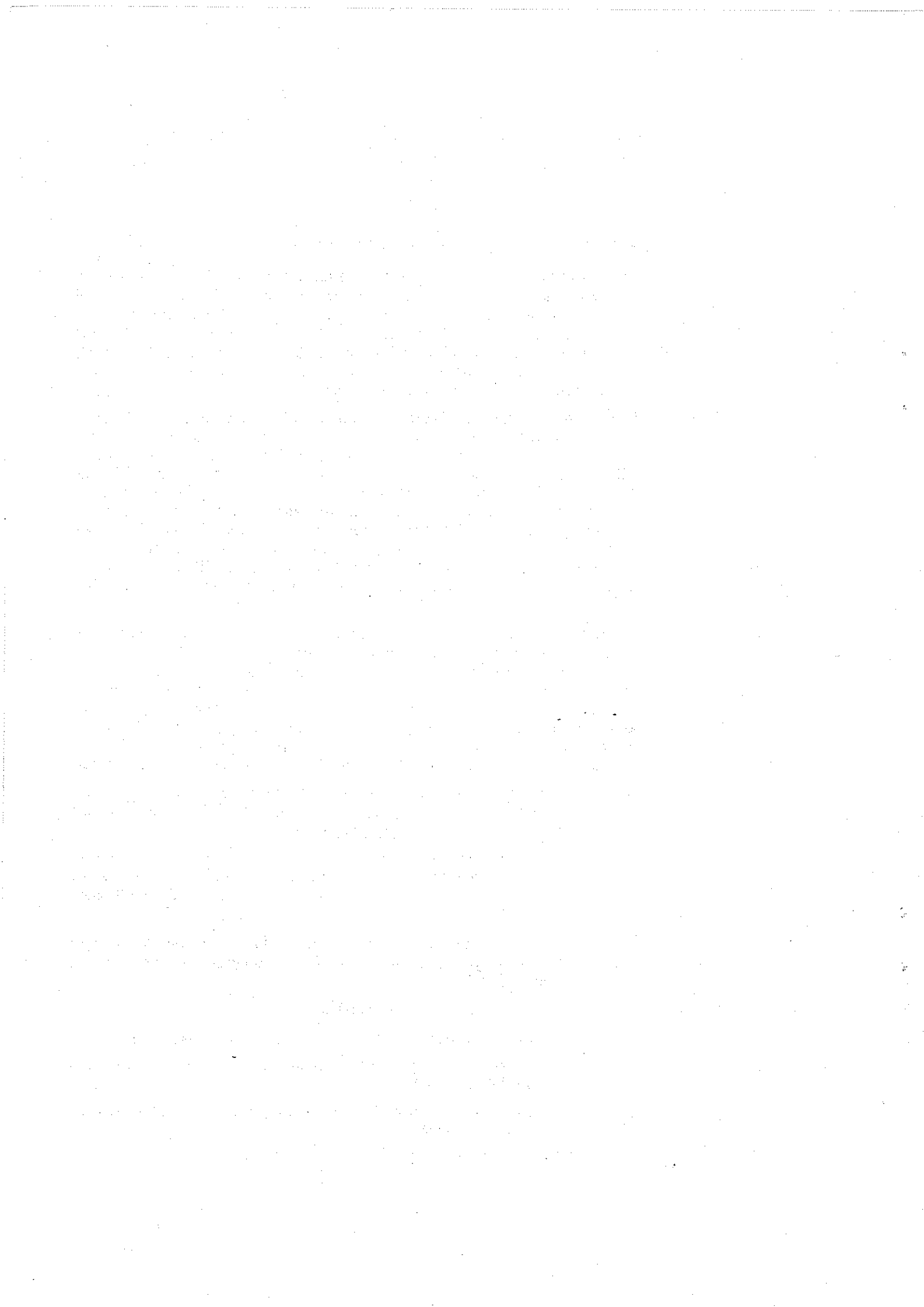
KUVA 6.1

ELÄKEMENO 1984-2020

8 % inflaatio



KUVA 6.2



Eläkevastuennusteet on laskettu viiden vuoden välein talletetuista eläkesimulaattorin välitiedostoista suorittamalla niille "vakuutusteknillinen tutkimus", jonka tuloksena saadaan ko. vuoden VIP-rahasto. "Vakuutusteknillisen tutkimuksen" laskentaohjelmassa on oletettu, että alenevasta kuolevuuskehityksestä johtuva rahastosiiirto tasausosien rahastosta rahastoitujen eläkkeiden kustantamiseksi on suoritettu vuoden 1986 lopussa (Työeläkemaksutyöryhmän raportti, Lähdeluettelo (5)). Vastuulaskentaohjelmassa on siten käytetty 31.12.1983 voimassa olleita laskuperusteita, mutta kuolevuuden osalta on toteutettu nykyisiin perusteisiin nähden yhden vuoden ikäsiirto.

Käytetään jatkossa taulukoissa pelkkää vuosilukua tarkoittamaan ajanhetkeä l.l. kyseisenä vuonna.

1. ennuste

Kun valitaan kaavassa (4.6) aikajakson (n,m) pituudeksi koko tarkasteluväli 35 vuotta, saadaan

n	m	enn-%	VIP-vastuu (Mmk)
	- 1984		40.108
1984	- 2019	21.73	181.425

2. ennuste

Valitaan seuraavaksi aikajakson pituudeksi 10 vuotta, jolloin 35 vuoden vakuutusmaksuprosenttiennusteiksi saadaan

n	m	enn-%	VIP-vastuu (Mmk)
	- 1984		40.108
1984	- 1994	18.30	105.513
1994	- 2004	24.10	149.926
2004	- 2014	25.35	175.345
2014	- 2019	24.35	181.425

Vuoden 1994 jälkeen on siis tarve selvästi korkeampaan vakuutusmaksuprosenttiin kuin mainittua vuotta edeltävinä aikajaksoina. Vakuutusmaksuprosentin 24 - 26 % taso tuntuu riittävän tarkastelujakson loppuun asti. On kuitenkin aihetta vielä tarkentaa aikajakso-oletusta :

3. ennuste

Valitaan aikajakson pituudeksi 5 vuotta

n	m	enn-%	VIP-vastuu (Mmk)
	- 1984		40.108
1984	- 1989	17.57	75.235
1989	- 1994	19.24	105.513
1994	- 1999	23.38	131.718
1999	- 2004	25.02	149.926

2004 - 2009	26.41	160.262
2009 - 2014	25.14	175.345
2014 - 2019	24.85	181.425

Vuoden 1994 jälkeen tapahtuvan selvemmän vakuutusmaksuprosentin nousun jälkeen prosentin vaihtelut näyttivät vaimentuvan. Huippu saavutettaisiin 2004 - 2009.

Tämän luvun alussa mainittua vastuulaskentaohjelmaa voidaan käyttää myös ennustettaessa eläkelaitoksen VIP-vastuun todellista kehitystä kauas tulevaisuuteen. Tähän tarvitaan ainoastaan ennusteet yksittäisen eläkkeen ja vapaakirjan määrän vuosittaisesta kehityksestä (TEL-indeksin kehitys) sekä ennuste yksittäisen työntekijän vuosittaisesta palkan kehityksestä (palkkaindeksi). Mainitut kaksi inflaatiotekijää voidaan syöttää parametritietoina eläkesimulaattorille, eikä niiden tarvitse olla vakioita koko ennustejakson ajan, vaan niille voidaan haluttuina vuosina kesken simuloinnin antaa uudet arvot. Kuvassa 7.2 on nähtävissä esimerkki VIP-rahaston ennusteesta, jossa on käytetty pohjana tuloksia luvussa 6 mainitusta perussimulointiajon rinnakkaissimulointiajosta, jossa sekä eläke- että palkkainflaatiot oli asetettu vakioksi 8 %.

Edellä esitetyt ennusteet tuottavat huomattavan korkeita vakuutusmaksuprosentteja, joten tuloksia on syytä hiukan analysoida.

Perussimulointiajo on ajettu 0 % inflaatiolla, jolloin maksettujen TEL-eläkkeiden omalla vastuulla olevien osien suhde kokonaiseläkkeeseen kasvaa todelliseen tilanteeseen nähden. Tämä herättää epäilyksen, että laskettu VIP-rahastoennuste aiheuttaa vääristymän vakuutusmaksuprosenttiin. Asian tutkimiseksi käytettiin apuna luvussa 6 mainittua perussimulointiajon rinnakkaissimulointiajoa, jossa käytettiin inflaatio-oletusta 8 %. Koska simulaattorin tuottamissa eläke- ja palkkaennusteissa on nyt mukana inflaatiotekijä, ei kaavassa (4.6) voi käyttää 1. - 3. ennusteiden pitkiä aikajakso-oletuksia, joten valittiin aikajakson pituudeksi yksi vuosi ($m=n-1$) ja laskettiin VIP-rahastoennusteet kymmenelle ensimmäiselle vuodelle. Tuloksena saatiin vakuutusmaksuprosenttiennuste kymmenelle vuodelle inflaatio-oletuksella 8 %. Jotta laskettu tulos saatiin vertailukelpoiseen muotoon 3. ennusteen kanssa, laskettiin vakuutusmaksuprosenttiennusteiden keskiarvot viiden vuoden jaksoissa :

n	m	enn-%	VIP-vastuu (Mmk)
	- 1984		40.108
1984	- 1989	18.05	80.770
1989	- 1994	20.07	135.046

Käytetty menetelmä antaa siis vieläkin suuremman, joskin samansuuntaisen, vakuutusmaksuprosenttiennusteen, joten syytä korkeisiin ennusteprosentteihin on etsittävä muualta.

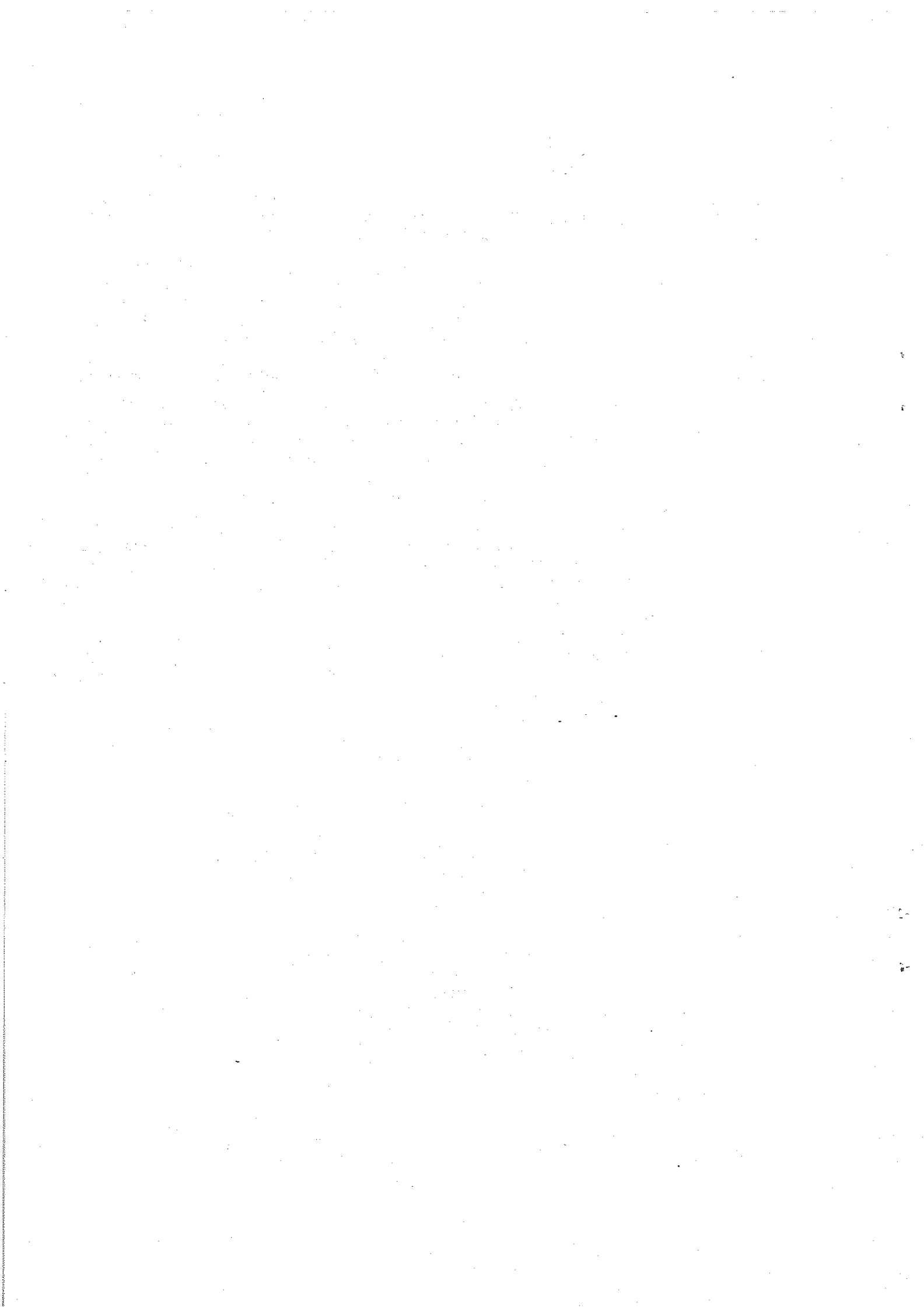
Kuten luvussa 3.2 mainittiin oli tutkittavan eläkelaitoksen TEL-osaston maksamien eläkkeiden suhde palkkasummaan vuonna 1983 n. 3.9 %, kun taas mainittu suhdeluku laskettuna Oy Porasto Ab:n koko asiakaskannasta on 5.4 %. Tutkittavan eläkelaitoksen saaminen tasauksesta vuodelta 1983 onkin suhteellisen suuri eli n. 1.7 kmlk, joten vastuunjakokorvausten huomiotta jättäminen on pääsyy 1. - 3. ennusteiden korkeisiin vakuutusmaksuprosentteihin.

Vaikka eläkelaitoksen maksu tai saaminen tasauksesta olisikin lähellä nollaa, saattaa se ikärakenteen vaihteluiden ja tasausjärjestelmän mahdollisten tulevien muutosten vuoksi kehittyä arvaamattomaan suuntaan, joten TEL:n vakuutusmaksuprosentin ennustaminen pitkällä tähtäimellä on lähes mahdotonta, mutta lyhyellä tähtäimellä käytetty menetelmä tuottaa suuntaa antavan kuvan.

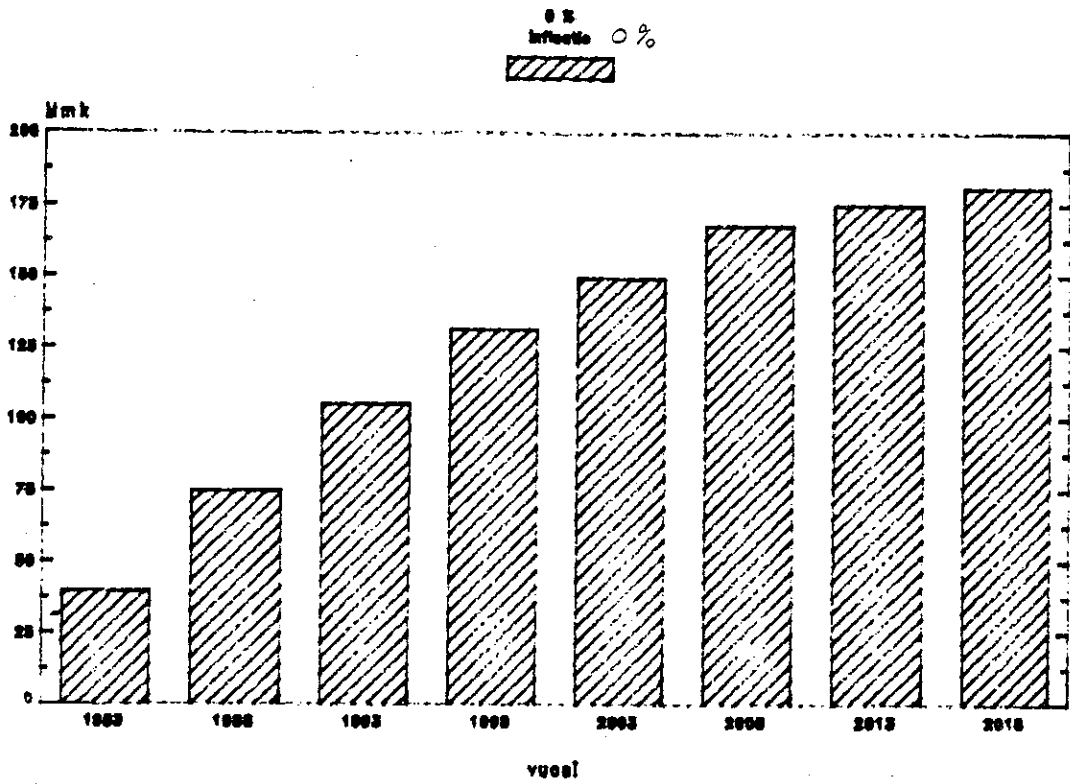
Tässä luvussa lasketuissa ennusteissa ei myöskään ole huomioitu vastuuvelan katteen laskuperustekorona ylittävää korkotuottoa, joka varsinkin eläkekassoilla muodostaa merkittävän tuloerän alentaen näin merkittävästi vakuutusmaksuprosentin tasoa.

Jotta eläkekassan tai eläkesäätiön TEL-vakuutusmaksuprosentti voitaisiin ennustaa edes keskipitkällä (esim. 10 v.) aikavälillä, esitetään tässä luvun lopuksi yksi ehdotus, jossa voitaisiin hyödyntää aikaisemmin esille tullutta tekniikkaa :

- ajetaan eläkesimulaattorilla eläkemenoennusteet halutulla inflaatio-oletuksella , jolloin tuloksena saadaan mm. ennuste eläkelaitoksen omalla vastuulla olevan eläkemenon määrästä
- samoin saadaan laskettua ennusteet VIP-rahaston kehityksestä
- edellä esitettyjen tietojen avulla saadaan laskettua vuosittainen vakuutusmaksuprosentti, jolla saadaan katettua omalla vastuulla olevat eläkkeet sekä VIP-rahaston muutos
- TEL:n vakuutusmaksuprosentin loppuosa, johon siis vaikuttavat ensi kädessä maksetut yhteisesti kustannettavat eläkkeet, vastuunjakokorvaukset ja tasausvastuun muutos, voitaisiin arvioida lähtien nykytilanteesta ja käyttäen Työeläkemaksutyöryhmän raportin (Lähdeluettelo (5)) johtopäätöksiä (eli 0.3 - 0.5 prosenttiyksikön vuotuinen nousu)



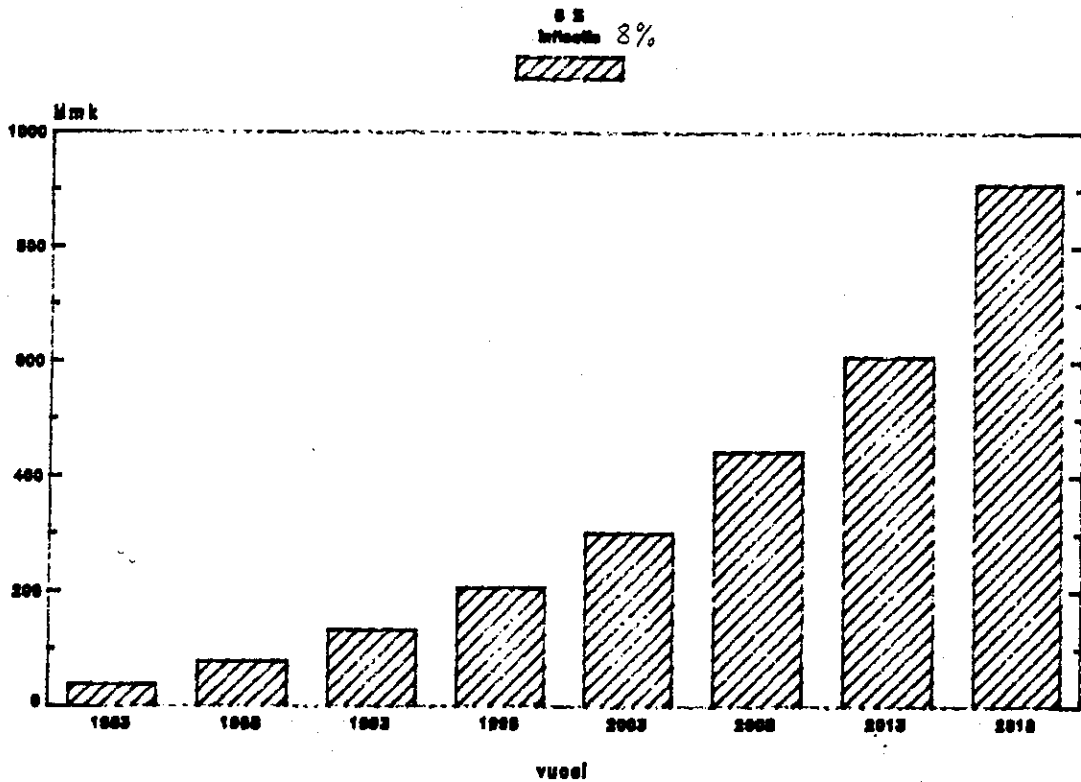
ELÄKEVASTUUENNUSTEET



KUVA 7.1

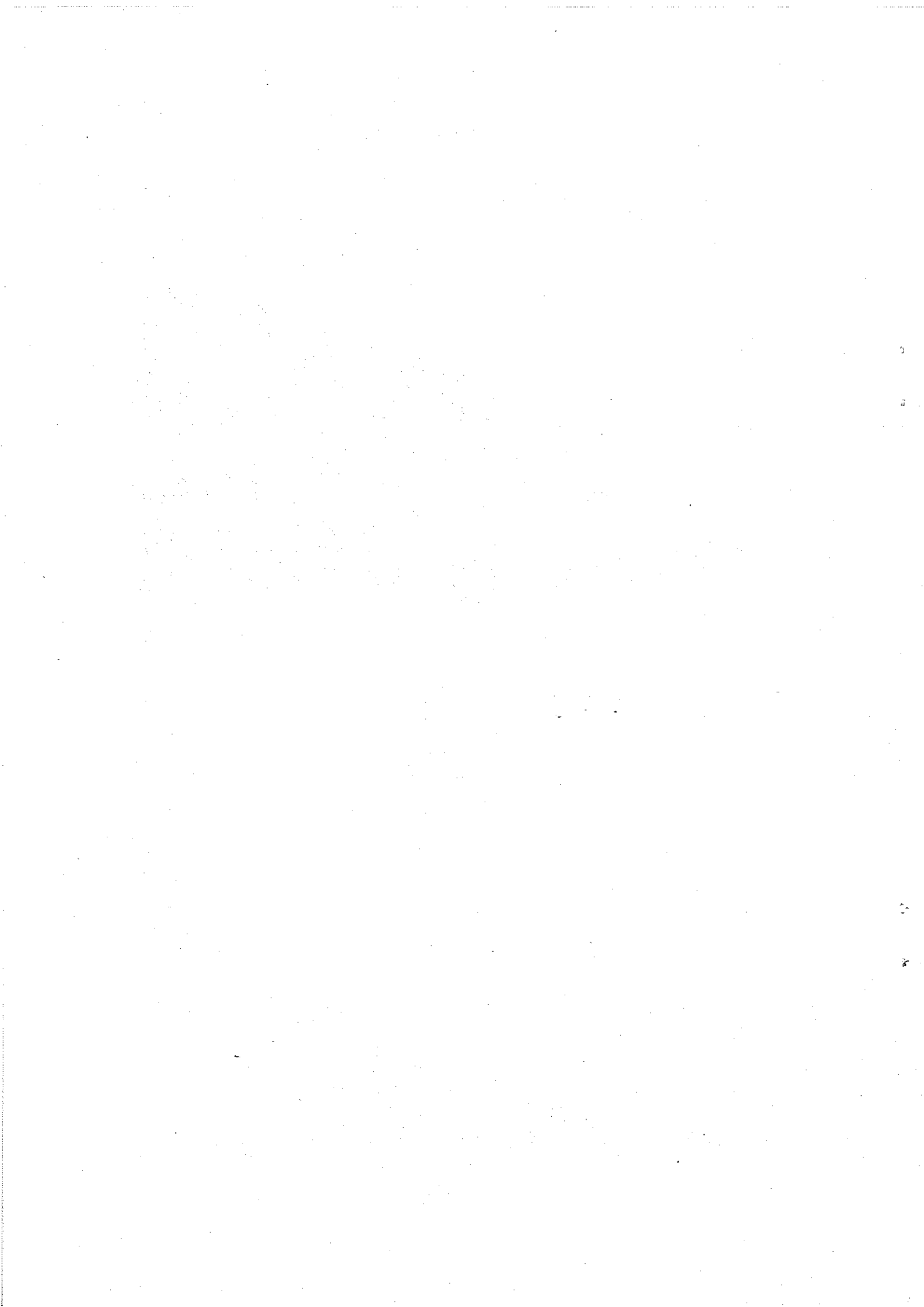
KUVA 7.1

ELÄKEVASTUUENNUSTEET



KUVA 7.2

KUVA 7.2



8. LISÄEDUN VAKUUTUSMAKSUPROSENTIN ENNUSTAMISESTA

Lisäedun vakuutusmaksuprosentin ennustaminen voitaisiin suorittaa aivan vastaavalla tekniikalla kuin edellisen luvun TEL:n vakuutusmaksuprosentin ennustaminen, eli lähtemällä eläkemeno-, palkkasumma- ja eläkevastuunnusteista.

Koska tässä on kuitenkin tarkoitus tutkia erilaisia rahoitusmenetelmiä, tyydytään tässä luvussa lähtötietoina ainoastaan eläkemeno- ja palkkasummaennusteisiin, jotka on myös A-osaston osalta esitetty taulukossa 6.1. (eläkemeno myös kuvassa 6.1). Näinollen rahastojen kehityksen määrää itse laskentamenetelmä. Tämä johtaa ristiriitaan, sillä Suomen oloissa myös lisäeduille on olemassa tietyt laskuperusteet, joiden mukaan lisäedun eläkevastuun määrä on laskettava. Menetelmät antavat kuitenkin viitteen suunnasta, johon vakuutusmaksuprosentti kehittyy. Varsinkin eläkesäätiöille, joiden A-osaston vastuun ei tarvitse olla kokonaan katettu, menetelmät voivat antaa pohjan sille tasolle, millä vakuutusmaksuprosentti ja vastuuvajaus pidetään.

Käytetään seuraavissa laskelmissa rahaston perustekorkona 4.25 %.

Tutkitaan aluksi "scaled premium" ennustetta eli sovelletaan luvussa 4 johdettua kaavaa (4.4).

1. ennuste

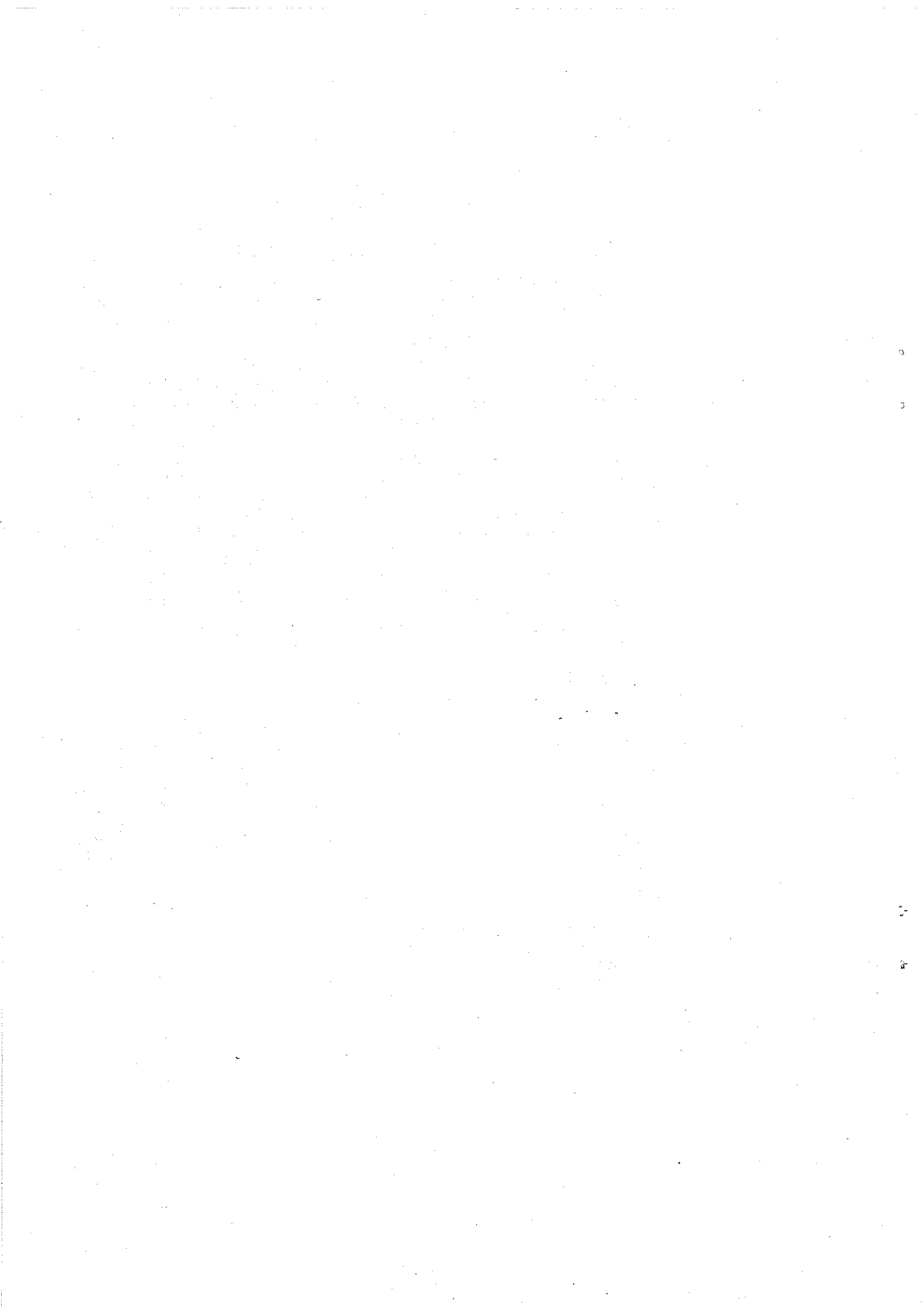
Kun valitaan kaavassa (4.4) aikajakson (n,m) pituudeksi koko tarkasteluväli 35 vuotta, saadaan

n	m	enn-%	rahasto (Mmk)
-	1984		41.000
1984	- 2019	0.94	44.297

Oletetulla perustekorkotuotolla riittäisi siis alle 1 % suuruusluokkaa oleva vakuutusmaksuprosentti kattamaan A-osaston eläkemenon.

2. ennuste

Valitaan seuraavassa kokeilun vuoksi ei-tasaväliset jaksot eli jaetaan tarkastelujakso kuuteen osaan pituuksiltaan 10,7,5,5,4 ja 4 vuotta.



n	m	enn-%	rahasto (Mmk)
	- 1984		41.000
1984	- 1994	1.04	41.043
1994	- 2001	0.96	40.474
2001	- 2006	0.47	39.308
2006	- 2011	0.35	39.147
2011	- 2015	0.70	39.374
2015	- 2019	1.16	40.314

3. ennuste

Valitaan vielä lopuksi aikajakson pituudeksi 5 vuotta

n	m	enn-%	rahasto (Mmk)
	- 1984		41.000
1984	- 1989	1.01	41.288
1989	- 1994	1.04	41.751
1994	- 1999	1.05	41.032
1999	- 2004	0.76	40.571
2004	- 2009	0.36	40.444
2009	- 2014	0.71	41.951
2014	- 2019	1.07	41.989

Kuten kuvasta 6.1 voidaan todeta, noudattaa A-osaston eläkemeno-ennuste vaimeaa huojuntaa aivan samoin kuin yllä ennustettu vakuutusmaksuprosenttikin.

"Scaled premium" - systeemin edellä sovellettua laskentamenetelmää voisi kritisoida ainakin niissä tapauksissa, joissa eläkemeno pienenee systeemin vanhetessa. Näinhän on kyse tutkittavan eläkelaitoksen A-osaston osalta, missä TEL:n osuus lisääntyy ja A-osaston kustannettaviksi jäävät tulevaisuudessa miltei yksinomaan alennetusta eläkeiästä aiheutuvat menot. Juuri tilanteissa, joissa eläkemeno pienenee, voidaan 2. ja 3. ennusteissa huomata vakuutusmaksuprosentin pieneminen ja miltei aina samanaikainen rahaston pieneminen, vaikka "scaled premium" - menetelmän perusolettamuksena onkin, ettei rahastoja saa käyttää eläkemenon kattamiseen.

Edellä mainittu rahastojen pieneminen saattaa osaltaan johtua käytetystä approksimaatiosta (eli siirtyminen kaavoista (4.2) ja (4.3) kaavoihin (4.4) ja (4.5)), mutta voitaneen vetää johtopäätös, että "scaled premium" - menetelmä on soveltuvin sellaiseen eläkejärjestelmään, jossa eläkemeno on kasvava.

Tutkitaan tämän luvun lopuksi miten luvussa 5 kuvattu "rahastointiaste"-menetelmä soveltuu tutkittavan eläkelaitoksen A-osaston eläkemenon rahoitukseen.

Kuten luvussa 3.2 lueteltiin, oli eläkelaitoksen A-osaston eläkevastuu per 31.12.1983 -1 Mmk ja vuonna 1983 maksettujen A-eläkkeiden määrä 2.4 Mmk. Kun noudatetaan aiemmin valittua perustekor-koa 4.25 %, on rahastointiaste määritelmänsä ja vuoden 1983 tietojen mukaan 0.711 eli rahastointiaste-vakio C = 0.711 .

Seuraavassa on esitetty vakuutusmaksuprosenttiennusteet, kun on valittu C:lle kolme eri arvoa.

Ennusteet on laadittu ainoastaan vuoteen 2000 asti, mutta niistä voidaan jo tehdä johtopäätöksiä menetelmän soveltuvuudesta :

Vakuutusmaksuprosenttiennusteet

vuosi	C=0.600	C=0.711	C=0.800
1984	3.24	3.22	3.21
1985	1.20	0.79	0.47
1986	-0.78	-1.52	-2.12
1987	1.45	1.12	0.85
1988	2.51	2.35	2.23
1989	1.29	0.92	0.62
1990	2.56	2.40	2.28
1991	2.36	2.16	2.00
1992	-0.01	-0.63	-1.13
1993	0.49	-0.03	-0.45
1994	2.29	2.09	1.93
1995	2.03	1.77	1.56
1996	1.61	1.28	1.01
1997	0.26	-0.31	-0.78
1998	0.77	0.29	-0.09
1999	1.59	1.26	1.00
2000	0.37	-0.17	-0.60

Menetelmä antaa vuosittain voimakkaasti heilahtelevan vakuutusmaksuprosentin. Varsin erikoisia ovat yllä esiintyvät negatiiviset "vakuutusmaksuprosentit" , jolloin rahaston korkotuotto ylittää eläkemenon. Ne esiintyvät tyypillisesti vuosina, jolloin eläkemeno on pienempi kuin edellisenä vuotena. Eli voitaneen vetää sama johtopäätös kuin "scaled premium" - menetelmän kohdalla, eli että "rahastointiaste" - menetelmää on järkevintä soveltaa eläkejärjestelmään , jossa eläkemeno on kasvava.

"Rahastointiaste" - systeemin käyttökelpoisuus voidaan ainakin Suomen oloissa asettaa kyseenalaiseksi, sillä tuloksena saadut vakuutusmaksuprosentit heilahtelevat voimakkaasti vuodesta toiseen.

Vakuutusmaksuprosentin heilahteluun saattaa osaltaan myös vaikuttaa rahastointiaste-funktion $f(t)$ valinta vakiofunktiksi, mutta tutkimuksen tekijä ei yrityksistä huolimatta löytänyt käytännön sovellutukseen paremmin soveltuvaa funktiota.

Yhteenvedona voitaisiin todeta, että varsinkin kun tavoitteena on tasainen vakuutusmaksuprosentin ennuste, on "scaled premium" -menetelmä ylivoimainen.

9. YHTEENVETO

Esitetään tässä luvussa yhteenveto aikaisemmissa luvuissa esitetyistä menetelmistä sekä tuloksista.

"Scaled premium" - menetelmä antaa mahdollisuuden ennustaa tasaisesti kehittyvä vakuutusmaksuprosentti. Menetelmän perusoletuksen mukaan kertyneitä rahastoja ei saa käyttää eläkemenon kustantamiseen, joten menetelmä soveltuu hyvin nuorelle eläkejärjestelmälle, jossa eläkemeno on vielä hyvin pitkään kasvava (kehitysmaat), ja jonka eläkemenon peittämiseksi tarvittavien rahastojen ja vakuutusmaksujen määrille halutaan saada ennuste. Luvussa 8 esitettyyn tutkittavan eläkelaitoksen A-osaston vakuutusmaksuprosentin ennustamiseen menetelmä ei täysin sovellu, sillä TEL:n osuuden lisääntyessä ei A-osaston eläkemeno enää kasva, eikä "scaled premium" - systeemin perusolettamus ole näin välttämättä täytetty.

"Rahastointiaste" - menetelmässä pyritään ennustamaan vakuutusmaksuprosentti, kun asetetaan tunnetuksi ns. rahastointiaste eli rahaston korkotuoton suhde eläkemenoon. Luvussa 8 esitettyjen kokeilujen perusteella menetelmä antaa hyvin voimakkaasti heilautelevan vakuutusmaksuprosentin kehitysennusteen, eikä sitä voi pitää ainakaan Suomen eläkejärjestelmän oloissa käyttökelpoisena ennustusmenetelmänä.

Luvussa 7 yritettiin aluksi ennustaa TEL:n vakuutusmaksuprosenttia lähtemällä liikkeelle eläkesimulaattorin palkka- ja eläke-ennusteista sekä simulaattorin välitiedostoista lasketuista VIP-rahastoennusteista (kaava (4.6)). Osoittautui kuitenkin, että yhteisesti kustannettavien eläkkeiden tasausjärjestelmän vastuunjakokorvausten huomiotta jättäminen aiheutti tutkittavan eläkelaitoksen kohdalla huomattavan korkeat vakuutusmaksuprosenttiennusteet. Koska vastuunjakokorvausten määrän ennustaminen pitkällä tähtäimellä on lähes mahdotonta ikärakenteen vaihtelujen ja tasausjärjestelmän mahdollisten tulevien muutosten takia, päädyttiin 7. luvun lopussa esitettyyn ehdotukseen TEL:n vakuutusmaksuprosentin ennustamiseksi eläkesimulaattorin avulla :

- ennuste laaditaan korkeintaan kymmeneksi vuodeksi
- tehdään inflaatio-oletus palkkojen ja eläkkeiden kehityksestä
- lasketaan vuosittainen vakuutusmaksuprosentti, jolla saadaan katettua omalla vastuulla olevat eläkkeet sekä VIP-rahaston muutos

- vakuutusmaksuprosentin loppuosan kehityksestä nykytilanteesta lähtien viitataan Työeläkemaksutyöryhmän raporttiin (Lähdeluettelo (5))

Kuten jo aikaisemmin on viitattu, on Kari Puustinen (Lähdeluettelo (4)) tutkinut eläkesimulaattorin tuottamien eläkemenoennusteiden luotettavuutta. Mainitun tutkimuksen yhteenvedon mukaan saadaan ennusteesta melko luotettava kuva, kun simulointeja suoritetaan useita erilaisilla lähtösiemenlukuvalinnoilla. Näinollen on myös vakuutusmaksuprosenttiennusteet laadittava useampien simulointiajien pohjalta.

Lopuksi on vielä syytä todeta, että perusedellytyksenä niin eläkemeno- kuin vakuutusmaksuprosenttiennusteiden luotettavuudelle on se, että eläkesimulaattorille parametrina annetut tilastot vastaavat todellisuutta, joten tilastojen keruuseen ja testaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

lääpi peräkkäisjärjestyksessä kunkin laskentavuoden kohdalla ja käsitellä alkioit intervaaliohjattuina kohorttimallien tapaan. Tällöin simulointimallin ajoitusmekanismi ja seuraavan toteuttavan tapahtuman etsintätekniikka /11. ss 31-33/ jäävät niin yksinkertaisiksi, että malli voidaan ohjelmoida yleisillä ohjelmointikielillä.

Näin päädytään simulointimalliin, joka koostuu dynaamisesta joukosta kohdassa 4.2 kuvattavia henkilömallia.

4.2 Henkilömalli

Yksittäisen eläkevakuutuksen eri vaiheita voidaan kuvata kuvion 4.2.1 mukaisella kaaviolla, jota tässä kutsutaan henkilömalliksi. Oikeampi nimi olisi ehkä vakuutuksen vaihemalli, mutta nimi henkilömalli korostaa enemmän sitä, että tarkastelun kohteena on yksittäinen vakuutettu ja kukin hänen mahdollinen edunsaajansa.

Tietue

Laskenta-alkio kuvataan taulukossa 4.2.1 luetelluilla tiedoilla, joita voidaan lisätä tarpeen mukaan. Näistä palkkatietoa muutetaan aktiiveilla vuosittain palkkakehitysmallin mukaan ja eläke- ja vapaakirjatietoa korjataan eläkeindeksisarjan mukaan. Jäsenyyden muutosvuodeksi V_0 asetetaan uudelle jäsenelle sekä jäsenyyteen palaavalle työhöntulovuosi ja jäsenyydestä eroavalle eroamisvuosi. Viimeinen tilan muutosvuosi P_0 asetetaan aina tilan vaihtuessa.

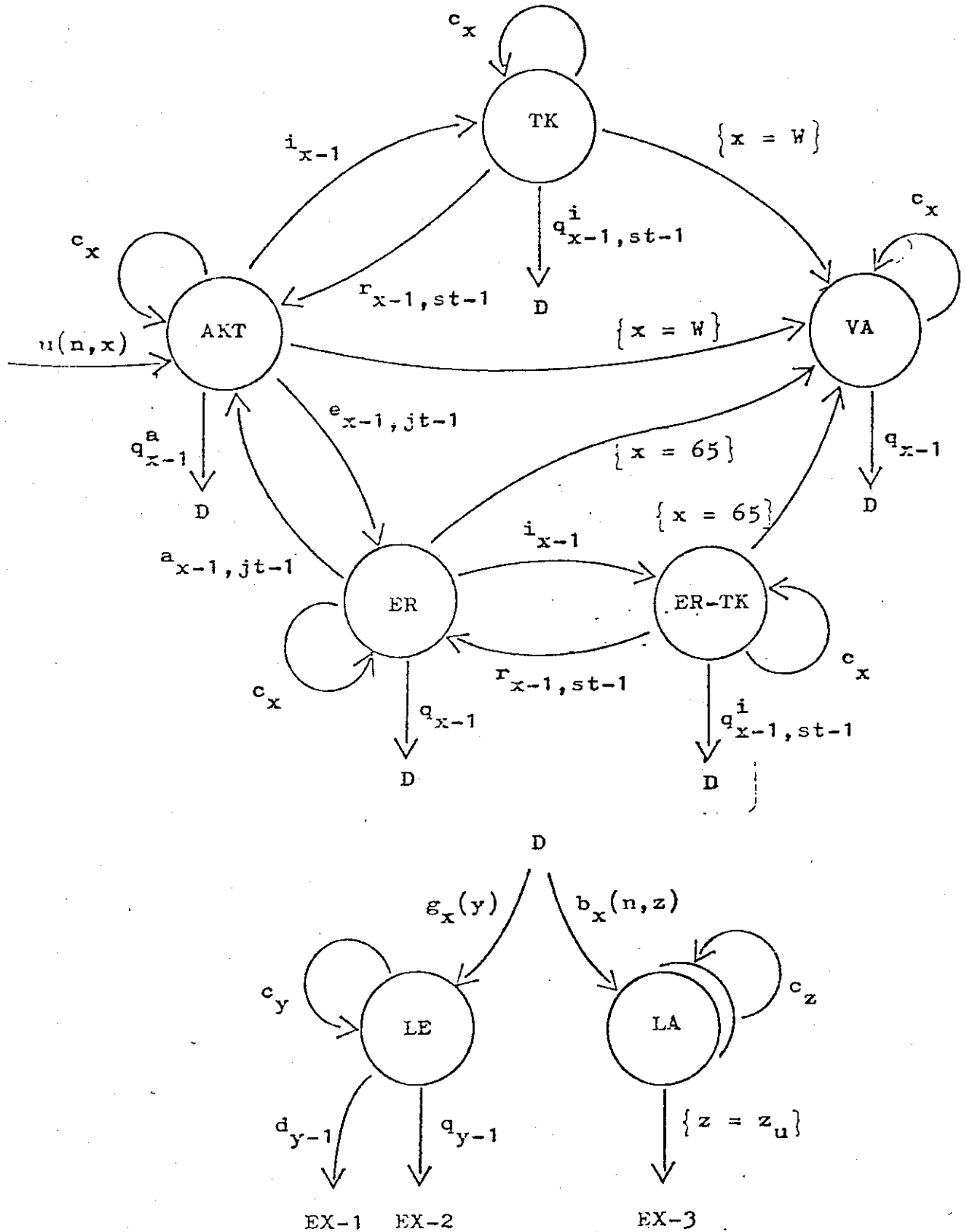
Taulukko
4.2.1

tunnus	selitys
POS	henkilöryhmän numero
JAS	jäsenyysskoodi
TIL	tilakoodi, joka yhdessä jäsenyysskoodin kanssa yksilöi kaaviossa 4.2.1 kuvatun tilan
X_0	syntymävuosi
V_0	viimeinen jäsenyydenmuutosvuosi
P_0	viimeinen tilanvaihdosvuosi
SUK	sukupuolikoodi
S	palkka mk/kk
E	eläke mk/kk
.	...
.	... muita laskennassa tarvittavia tietoja
.	

Laskenta-alkion perusteet

Kuvio 4.2.1

Henkilömallin tila- ja siirtymäkaavio



4.2.2 Tilat ja tilat suorit.

Taulukko
4.2.2

tunnus	laskusääntö	tiendon selitys
x	$v - X_0$	ikä vuonna v
jt	$v - V_0$	nykyisen jäsenyyden tai poissaolon ke to
st	$v - P_0$	nykyisen tilan kesto (lähinnä työkyvyttömyyden kesto)

Laskenta-alkion laskettavat ominaisuustiedot

Tilat

Tässä tutkielmassa rajoitumme tarkastelemaan taulukossa 4.2.3 lueteltuja vakuutetun ja edunsaajien tiloja. Tilajoukon valitseminen näin ei ole kuvattavan simulointitekniikan kannalta oleellista, vaan tilajoukko voidaan valita kulloinkin tarkasteltavien eläke- tai avustusetujen ja käsittelytarkkuuden mukaa

Kaaviossa 4.2.1 kuvattu tila D on poistumatila, johon siirtynyt laskenta-alkio poistetaan vakuutettujen joukosta ja alkiolle perustetaan edunsaajien joukkoon leski- ja lapsialkiot luvussa 3 kaavailtujen f_x - ja ikäjakaumaperusteiden mukaan.

Jos laskenta-alkion tila laajennetaan tarkoittamaan myös tiettyä henkilöryhmää, ikää, työsuhteen (jäsenyyden) tai poissaolon kestoä sekä taulukossa 4.2.3 tarkoitetun nykyisen tilan kestoä, joilla tilasiirtymät luvussa 3 pääasiassa selitettiin, ja vanhuuseläkkeelle siirtyminen käsitellään myös todennäköisyysfunktiona, voidaan henkilömallin vakuutettua koskeva osa ja vastaavasti leski- ja lapsialkiot tulkita ensimmäisen asteen Markov-malliksi. Tällä on kuitenkin merkitystä vain mallin perusteita ja tulkintaa ajatellen. Rajoittamalla käsittelemään vain taulukossa 4.2.3 lueteltuja tiloja säilytämme mallin havainnollisuuden ja kunkin laskenta-alkion osalta ratkaistavien siirtymien määrä tulee Markov-mallin siirtymämatriisiin verrattuna hallittavammaksi vaikkakin siirtymämallit monimutkaistuvat.

laskenta-
alkio
4.2.3

laskenta- alkio	tilan tunnus	tilan selitys
vakuutettu	AKT	aktiivi eli maksava jäsen
	TK	työkyvytön jäsen, saa yleensä tavoitavanhuus- eläkkeensä suuruista työ- kyvyttömyyseläkettä, ansaitse samalla vakuutusmaksuista vapautettuna vanhuuseläkettä
	ER	eronnut jäsen, on eläketapahtuman sattuessa oikeutettu vapaakirjojaan vastaavaan eläkkeeseen
	ER-TK	eronnut jäsen, joka on tullut työkyvyttömäksi ja saa vapaakirjojaan vastaan työkyvyttömyyseläkettä
	VA	vanhuuseläkeläinen, saa vapaakirjojaan ja mahdol- lista eläkkeellesiirtymistä välittömästi edeltäneenä jäsenyysjaksona ansaittua eläkettä
	D	kuollut vakuutettu
	leski	LE
EX-1		uudelleenavioitunut leski, saa kertasuorituksena kahden vuoden eläkkeen, jonka jälkeen poistetaan edunsaajien joukosta
EX-2		kuollut leski
lapsi	LA	lapsieläkkeensaaja
	EX-2	määräiän (18 vuotta) täyttän lapsieläkkeensaaja, poistetaan edunsaajien joukosta

Laskenta-alkioiden tilat

Siirtymät

Intervallipohjaisessa mallissa voidaan kullakin laskenta-alkiolla mallia vain yksi siirtymä, eli tilanvaihdos laskennan aikaväliä kohden. Jos näitä siirtymiä tapahtuu todellisuudessa useammin merkittävässä määrin, on laskennan aikaväliä lyhennettävä ja lasketut siirtymätodennäköisyydet korjattava tätä vastaaviksi.

Teoriassa intervallipohjaisen mallin siirtymätodennäköisyydet tulee estimoida tarkkailemalla kohdejoukkoa hetkinä

$t, t+1, t+2, \dots$

aina valitun aikavälin (mallissamme vuoden) kuluttua edellisestä tarkasteluhetkestä ja rekisteröiden vain näin havaitut siirtymät. Näin lasketut siirtymätodennäköisyydet vastaavat kohdejoukon "kehittymisnopeutta". Tätä siirtymätulkintaa vastaavia tilastoja ei kuitenkaan ole eläkevakuutuksen alalta saatavissa muista ilmiöistä kuin kuolleisuudesta. Muiden siirtymäilmiöiden tilastoja on sen vuoksi esim. tilastoimatta jääneiden kuolleiden osalta korjattava puolivuotiskuolevuudella.

Kaaviossa 4.2.1 ei esitetä eräitä merkitykseltään vähäisinä pidettyjä siirtymiä, joita ovat esimerkiksi siirtymät:

TK \rightarrow ER, AKT \rightarrow ER-TK, jne.

Kaaviossa 4.2.1 siirtymäfunktioiden argumenteissa merkintä "-1" osoittaa, että käytettävät yksivuotiset siirtymätodennäköisyydet lasketaan väestötieteessä ja vakuutusmatematiikassa omaksutun käytännön mukaan siten, että esimerkiksi kuolevuus q_x ilmoittaa x -ikäisen kuolintodennäköisyyden seuraavan ikävuoden kuluessa /12. s 9/.

Tilanvaihdoksen hetken t tilasta s_j hetken $t+1$ tilaan s_j käsittelemme tapahtuneeksi hetkellä $t+1/2$ siten, että laskenta-alkion katsotaan olleen tilassa s_j ajan $(t, t+1/2]$ laskentavuodesta v ja tilassa s_j ajan $(t+1/2, t+1]$, missä t tarkoittaa laskentavuotta edeltäneen vuoden loppua ja $t+1$ laskentavuoden loppua.

Vakuutusmatematiikassa käytetään jatkuville todennäköisyysfunktioille tunnuksina kreikkalaisia kirjaimia ja diskreeteille yksivuotistodennäköisyyksille latinalaisia kirjaimia. Tämän kanssa yhdenmukaisesti rajoitumme käyttämään todennäköisyysfunktioiden merkinnöissä tavallisia pieniä kirjaimia. Funktiomerkitöjen alaviitteet ovat argumentteja, yläviitteet osoittavat tietylle tilalle eriytettyä todennäköisyyttä ja sulkeisiin merkitään Erikseenin /8./ esimerkin mukaa funktion tulosparametrit.

Vakuutetun (diskreettiä) ikää merkitään tässä tutkimuksessa x :llä, lesken ikää y :llä ja lapsen ikää z :lle. Nämä lasketaan taulukossa 4.2.2 x :lle annetun säännön

mukaan. Merkintä w tarkoittaa eläkeiän ja 7₀ lapsi-
eläkkeen päättymisikää.

Kaavion 4.2.1 yksittäiset funktiomerkinnot on luoteltu selityksineen taulukossa 4.2.4. Yläviite a tarkoittaa tässä työkykyisille ja i työkyvyttömille eriytettyä funktioa. Funktiomerkinnot q on vakiintunut väestötieteeseen /21./ ja vakuutusmatematiikkaan /27, 29, 14 ja 12 / tarkoittamaan yksivuotista kuolevuutta tai -kuolleisuutta, mutta muille funktioille en ole löytänyt vakiintuneita yksivuotismerkintöjä.

Merkinnät e (tosin maastamuuttavuuden asemesta eroavuutena) ja r sekä perheellisyysperustemerkinnot b ja olen lainannut Erikseniltä /8./. Loput siirtymäfunktio-
merkinnot olen kehittänyt kohdetilojen (a ja i) sekä sopivien jäljellä olevien kirjainten (c ja d) mukaan.

Kaarisulkeisiin merkitty ehto kaaviossa 4.2.1 tarkoittaa muut siirtymät, paitsi kuoleman, voittavaa siirtymää silloin, kun ehto on tosi.

Funktiot määritetään yleensä taulukoina, joita on mahdollista muuntaa tai vaihtaa kesken simuloinnin. Siirtymäfunktioiden taulukot samoin kuin palkkakehitysmallin perustetaulukko laaditaan erikseen jokaiselle henkilöryhmälle.

ot vakuutetut

Laskentavuonna ensikertalaiset jäsenet generoidaan vakuutettujen kantaa sen jälkeen, kun muut laskenta-alkiot on ensin käsitelty ko. vuoden osalta. Mallille annetaan henkilöryhmäkohtaisesti aktiivien jäsenten tavoitemiehityksen aikasarja. Simulointiohjelma pitää kirjaa kunkin henkilöryhmän jäsenten määrästä ja uusia vakuutettuja generoidaan ryhmään sen verran, että ryhmän tavoitemiehitys tulee täytettyä. Uuden laskenta-alkion syntymävuosi ratkaistaan uusille jäsenille henkilöryhmittäin annettavan ikäjakauman mukaan ja palkaksi asetetaan ikää vastaava ko. henkilöryhmän keskipalkka.

Valintaongelma ratkaistaan ns. Monte Carlo metodilla, jota ovat kuvanneet mm. Beard et al /5. ss 91-97/, Ackoff /2. ss 350-354/ ja Martin /15. ss 31-33/.

Monte Carlo metodi

Monte Carlo metodi on numerinen, epäanalyttinen tekniikka, jolla voidaan ratkaista approksimatiivisesti erilaisia funktionaalisia yhtälöitä. Erityisesti korkeamman asteen osittaisia differentiaaliyhtälöitä ei käytännössä juuri muuten voida ratkaistakaan /3. s 33/.

Monte Carlo metodin toinen tärkeä sovellutusalue, josta tässä varsinaisesti olemme kiinnostuneita, on stokastisten mallien simulointitekniikka. Kohdesysteemin prosessien deterministisiä ja stokastisia piirteitä jäljitellään askel askeleelta. Kukin satunnaismuuttaja x kuvataan todennäköisyysjakaumalla, josta muuttujan arvot kulloinkin "poimitaan" Monte Carlo proseduurilla /15. s 33/.

Todennäköisyysjakauman kertymäfunktioille $y=F(x)$ muodostetaan käänteisfunktio $x=F^{-1}(y)$ ja jos analyttistä käänteisfunktiota ei ole, käytetään askeleittain lineaarista interpolatiota /11. ss 118-121, 2. s 354/. Proseduuuri edellyttää, että on käytettävissä sarja tasaisesti välille $(0, 1)$ jakautuvia satunnaislukuja $\{U\}$. Aina uutta satunnaismuuttajan x arvoa tarvittaessa otetaan seuraava satunnaisluku U ja ratkaistaan

$$x = F^{-1}(U)$$

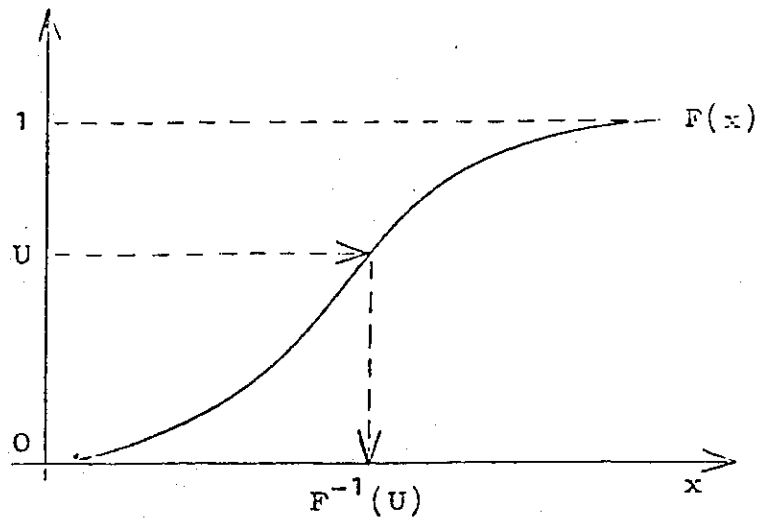
eli yhtälön $U = F(x)$ juuri x /5. s 91/ kuvion 4.3.1 mukaisesti.

Diskreettien tapahtumien E_1, \dots, E_k valintaongelmaan sovellettuna todennäköisyyksien p_i ($i=1, \dots, k$) kertymäfunktio on kuvion 4.3.2 mukainen porrask-funktio, josta uusi tapaus E ratkaistaan seuraavasti /15. s 33/:

jos $U \leq p_1$, niin valitaan E_1 ,
muuten valitaan sellainen E_j , että

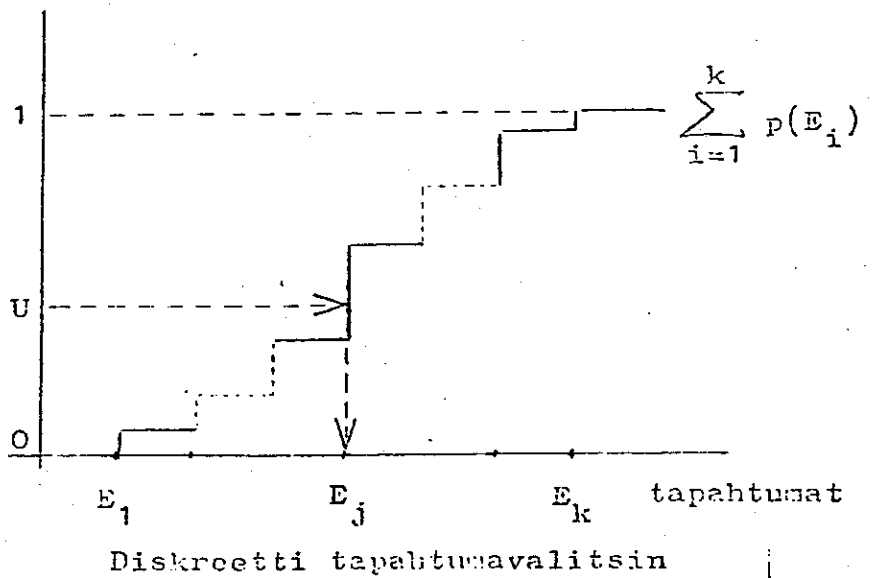
$$\sum_{i=1}^{j-1} p_i < U \leq \sum_{i=1}^j p_i \quad (j=2, \dots, k).$$

Kuvio 4.3.1



Käänteisfunktio menetelmä

Kuvio 4.3.2



Monte Carlo metodin tarvitsema satunnaislukusarja korvataan tietokonesimuloinnissa yleensä matemaattisella algoritmilla, jonka tuottamalla lukusarjalla on satunnaislukujen ominaisuudet muuten paitsi, että lukusarja on täysin määrätynyt, kun laskenta-algoritmille simulointiajon alussa annettava ns. siemenluku 1. satunnaislukusiemen (engl. random number seed) tunnetaan, ja että lukusarjassa on vain äärellinen määrä eri lukuja ja lukusarja on periodinen ts. sama lukusarja toistuu aina tietyn jakson jälkeen /11. s 112/.

Lokusarjan täydellisen ennaltamääräytyvyyden vuoksi algoritmilla muodostettavia satunnaislukuja kutsutaan pseudosatunnaisluvuiksi ja niiden laskenta-algoritmit pseudosatunnaislukugeneraattoriksi erotuksena varsinaisista satunnaisluvuista, joiden arvoja ei edeltäkään voida tietää /11. s 109/.

Käyttämällä pseudosatunnaislukugeneraattorille samaa siemenlukua simulointiajo voidaan samoilla lähtötiedoilla toistaa täydellisesti. Tämä pseudosatunnaislukujen piirre on tarpeellinen mallia testattaessa, mutta siitä voi olla hyötyä varsinaisen simulointitutkimuksen aikana haluttaessa selvittää jonkin satunnaiskäyttäytymiseen vaikuttamattoman parametrin muutoksen (mallissamme esimerkiksi eläkelaskusäännön muutoksen) vaikutusta mahdollisimman vähillä simulointikerroilla.

Erilaisia pseudosatunnaislukugeneraattoreita on käsitelty runsaasti kirjallisuudessa /esim. 11. ss 112-114 ja 3. s 273-277/. Muodostetun pseudosatunnaislukugeneraattorin generoimien lukusarjojen tilastollisia ominaisuuksia on testattava ennen kuin generaattori voidaan ottaa käyttöön. Lukusarjan on noudatettava tarkoitettua jakaumaa ja sen lukujen on aina yhden jakson sisällä oltava autokorreloimattomia. Jakson tulisi olla mahdollisimman pitkä. Yleensä satunnaislukugeneraattoreina käytetään valmiiksi testattuja yleisiä kirjasto-ohjelmia.

Kuvattavana olevan simulointimallin satunnaislukugeneraattorina käytetään kielivalinnan luonnollisena seurauksena Extended ALGOLin perusfunktiota RANDOM. Tämä generoi käyttökelpoisia tasaisesti välille $[0, 1)$ jakautuvia pseudosatunnaislukuja ja muuttaa nimiparametrina käsittelemäänsä argumenttia jokaisella funktion kutsulla /33. s 25/.

Onnen funktion RANDOM (arg) ensimmäistä kutsua argumentin arvoksi asetetaan satunnaislukusarjan siemenluku, jonka arvoksi Ruokosalmi /23. s 25/ suosittelee lukua 2^{19} , 2^{20} lähellä olevaa paritonta kokonaislukua. Simulointiohjelmassamme käytetään siemenlukuasetusta

$$\text{arg} := 2 ** 20 + \text{NO} * 1000 - 1$$

missä NO on ohjelmalle parametrina annettava kokonaisluku. Lukua NO olemme käyttäneet samalla ko. simulointiajon yksilöivänä tunnuksena simulointitulosten dokumentoinnissa.

LÄHDELUETTELO

- (1) Peter Thullen (Geneve) :
The Scaled Premium System for the financing
of Social Insurance Pension Schemes
- (2) Minehiko Watanabe (Japan) :
An Actuarial Method for the Determination
of the Contribution in a Pension System, 1984
- (3) Martti Laiho :
Työeläkevakuutuksen yksilöpohjainen simulointimalli
(pro gradu - tutkielma , 1977)
- (4) Kari Puustinen :
Eläkemenon ennustaminen (SHV-työ, 1984)
- (5) Työeläkemaksutyöryhmän raportti, 1983

