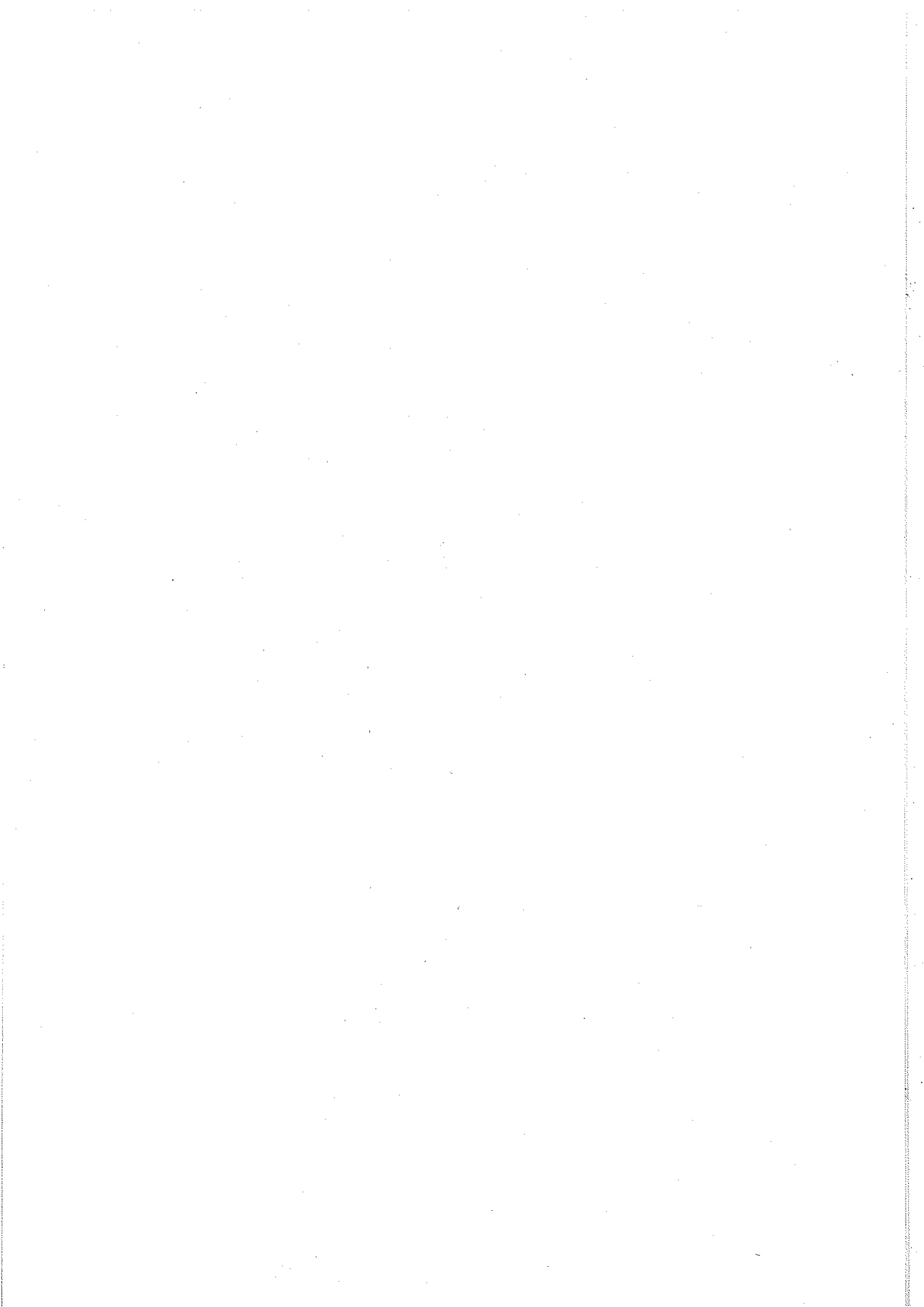
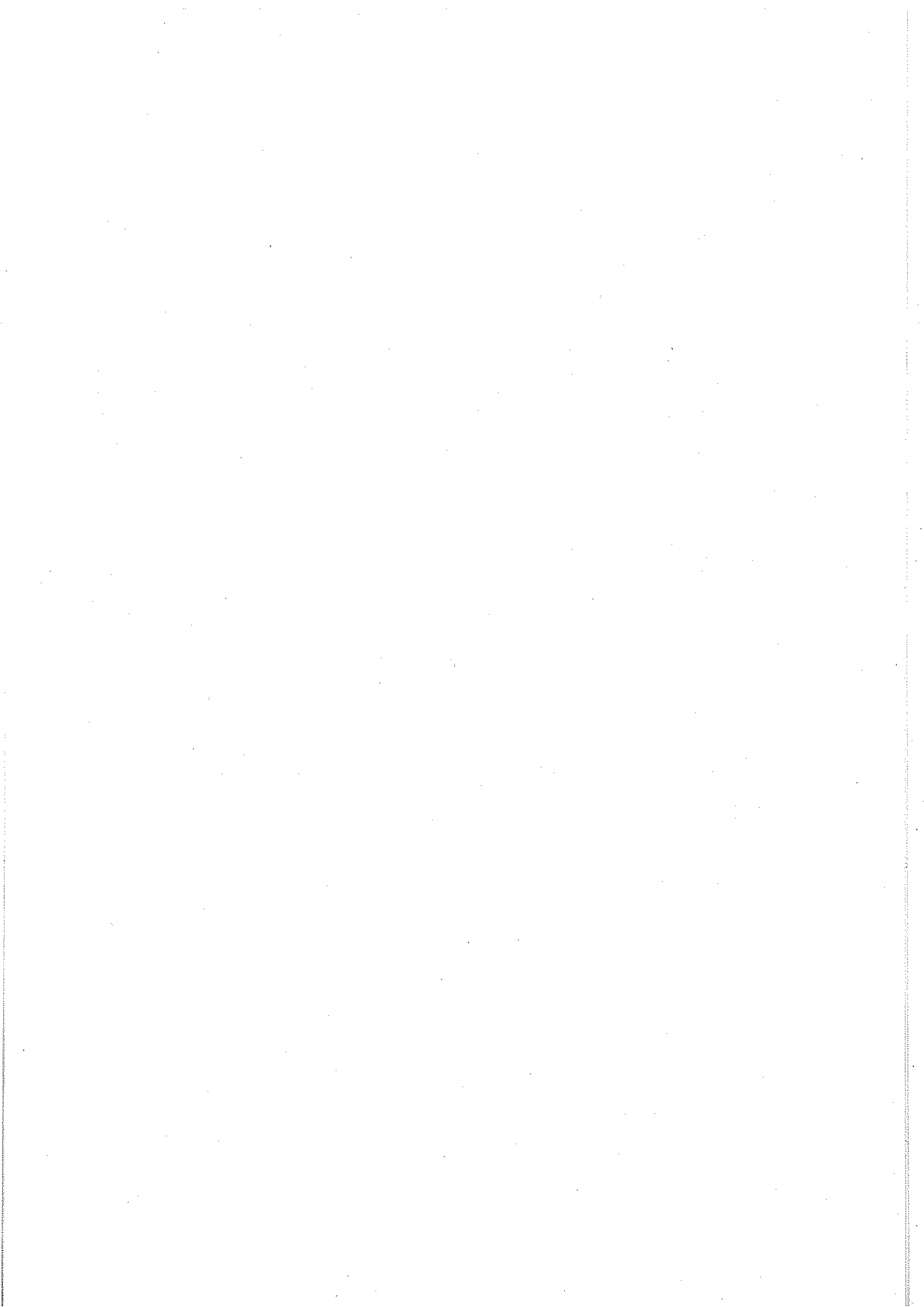


**Elinkorkojen turvaavuuden riittävydestä yksilöllisessä
eläkevakuutuksessa**

25.2.1998
SHV-työ
Jukka Kurki



0. Summary	1
1. Johdanto	1
2. Kuolleisuus	4
2.1. Vuoden 1987 laskuperusteiden mukainen kuolleisuus	4
2.2. Havaintoaineistosta mallinnettu kuolleisuus	4
2.2.1 Miesten mallinnettu kuolleisuus	4
2.2.2 Naisten mallinnettu kuolleisuus	8
3. Elinkorot	10
3.1. Laskuperusteiden mukaiset elinkorot	10
3.2. Mallinnetun kuolleisuuden mukaiset elinkorot	10
3.3. Elinkorkojen vertailua	12
4. Mallinnettua kuolleisuutta pienempi kuolleisuus	14
5. Vaikutus henkivakuutusyhtiöihin	15
5.1. Vaikutus vastuovelkaan	16
5.2. Vaikutus vakuutusmaksuihin	17
6. Henkikuolleisuudesta eläkekuolleisuuteen	18
7. Yhteenveto	23
Kirjallisuusluettelo	24



Elinkorkojen turvaavuuden riittävydestä yksilöllisessä eläkevakuutuksessa

0. Summary

In this paper, sufficient levels of safety margins in life annuities applied in individual pension insurance are studied.

The mortality rates used in pension insurance date from 1987. In the past ten years, the overall health of the Finnish population has shown a substantial improvement. From the safety margin point of view, the mortality rates applied in pension insurance should be lower than the actual mortality of the insurance portfolio. In case the health of the Finnish population continues to improve to the extent we have seen in 1970-1996 the present mortality rates will be insufficient in the future. As a result, the claims reserves of the pensions to be paid out and the premium reserves of other pension policies turn out to be insufficient. By lowering the level of the mortality rates, the possible problems with safety margins can be deferred further into the future. However, the mortality rates applied in pension insurance should not be set at unreasonably low levels in order to avoid unjust results.

As a conclusion, the insured person's age and sex as well as the year the person insured has been born should be taken into account in order to have both reasonable and sufficient mortality rates.

1. Johdanto

Yksilöllisten henki- ja eläkevakuutusten laskuperusteissa käytössä oleva kuolleisuus on peräisin vuodelta 1987. Kymmenessä vuodessa väestön kuolleisuus on pienentynyt merkittävästi, joten alunperinkin henkivakuutuksia ajatellen turvaavaksi valittu kuolleisuus on henkivakuutuksissa muuttunut entistä turvaavammaksi. Alla olevasta taulukosta ilmenee miesten ja naisten koko väestön havaittu kuolleisuus eri ikäluokissa vuosina 1970, 1985 ja 1996. Taulukosta nähdään, että havaittu kuolleisuus on laskenut huomattavasti useissa ikäluokissa sekä miehillä että naisilla. Miehillä kuolleisuuden lasku on ollut voimakkaampaa kuin naisilla.

ikä	Miesten havaittu kuolleisuus			Naisten havaittu kuolleisuus		
	1970	1985	1996	1970	1985	1996
20	0,001439	0,001063	0,001227	0,000502	0,000276	0,000184
25	0,001357	0,001086	0,001349	0,000436	0,000299	0,000330
30	0,002128	0,001635	0,001461	0,000499	0,000694	0,000496
35	0,002486	0,001998	0,001569	0,000833	0,000435	0,000696
40	0,004350	0,002796	0,002779	0,001604	0,001002	0,001548
45	0,007334	0,005477	0,004286	0,002669	0,001587	0,001819
50	0,011499	0,008223	0,006095	0,003711	0,002436	0,002602
55	0,017610	0,012189	0,007006	0,005902	0,004565	0,002680
60	0,024342	0,019829	0,013543	0,009804	0,006226	0,005003
65	0,039699	0,027869	0,023791	0,016505	0,010714	0,009508
70	0,059462	0,045933	0,035446	0,029819	0,023674	0,017344
75	0,084202	0,072877	0,056748	0,058306	0,039536	0,031026
80	0,129751	0,108682	0,090909	0,099399	0,072098	0,057633

Henkivakuutuksessa vakuutettujen kuolleisuus poikkeaa huomattavasti koko väestön kuolleisuudesta. Poikkeama johtuu henkivakuutusyhtiöiden suorittamasta terveydellisestä valinnasta. Myös vakuutettujen keskuudessa on kuolleisuus alentunut. Vuoden 1996 henkivakuutusyhtiöiden yhteisessä perusteanalyysissä henkivakuutusten korvausmenojen suhde vakuutuksista saatuun riskimaksutuloon olikin enää noin 47 %. Maksetuista vakuutusmaksuista kertynyttä riskiliikkeen ylijäämää vakuutusyhtiöt jakavat kohtuusperiaatteen nojalla vakuutuksenottajille joko alennuksina tai korotettuina riskisummina.

Yksilöllisissä eläkevakuutuksissa käytettävä kuolleisuus saadaan henkivakuutuksessa käytössä olevasta kuolleisuudesta ikäsiirtojen avulla. Ikäsiirtojen avulla lasketaan eläkevakuutuksessa käytetty kuolleisuus vakuutetun todellista ikää nuoremmalle iälle. Miehillä ikäsiirto on -6 vuotta ja naisilla -8 vuotta (henkivakuutuksessa olevan -7 vuoden ikäsiirron lisäksi) vakuutetun iästä. Henkivakuutuksen voimakkaasta riskiliikkeen ylijäämästä herää kysymys, onko eläkevakuutuksissa käytössä olevat ikäsiirrot riittävät. Eläkevakuutuksessa perusteiden mukaisen kuolleisuuden tulisi olla turvaavuuatta ajatellen pienempi kuin vakuutuskannan todellinen kuolleisuus. Tämän työn tarkoituksena on tutkia onko näin, toisin sanoen onko yksilöllisissä eläkevakuutuksissa käytössä olevat elinkorot vakuutusyhtiöiden kannalta turvaavia.

Yksilöllisiin eläkevakuutuksiin on useimmiten liitetty vakuutuksenottajan vakuutus- säästöt turvaava henkivakuutus, jonka perusteella vakuutussäästöt maksetaan vakuutetun kuollessa edunsaajille. Yksilöllisiin eläkevakuutuksiin liitettyissä henkivakuutuksissa käytetään samaa kuolleisuutta kuin vanhuuseläkettä laskettaessa. Tämä tarkoittaa sitä, että jos eläkevakuutuksen kuolleisuus on ei-turvaava, ts. havaittu kuolleisuus on pienempi kuin laskuperusteiden kuolleisuus, niin eläkevakuutukseen liitetty henkivakuutus on tällöin turvaava. Saman kuolleisuuden käyttäminen eläkevakuutuksessa ja siihen liitettyssä henkivakuutuksessa johtaa siihen, että toisen ollessa turvaava, toinen on aina ei-turvaava. 1.8.1995 lähtien myönnettyissä eläkevakuutuksissa henkivakuutuksen kattavuus eläkeaikana on alle 100 % vakuutussäästöistä. Ilman tätä rajoitusta eläkevakuutus, johon liitettyssä henkivakuutuksessa käytetään samaa kuolleisuutta kuin vanhuuseläkettä laskettaessa, ei eläkevakuutus kuulu Sosiaali- ja terveysministeriön määräys ja ohjekokoelman kohdan 5.1. nojalla henkivakuutusluokkiin 1-4. Lisäksi henkivakuutuksen kesto eläkeaikana on rajoitettu eläkevakuutusten ehdoissa. Useimmissa ehdoissa henkivakuutuksen keston ylärajaksi eläkeaikana on määrätty 10 vuotta tai henkivakuutus on määrätty päätymään viimeistään vakuutetun täyttäessä 80 vuotta. Näistä molemmista henkivakuutuksen rajoituksista johtuen mahdollinen eläkevakuutukseen liitetyn henkivakuutuksen turvaavuus ei riitä kattamaan eläkevakuutuksen mahdollisesta ei-turvaavuudesta syntyvää riskiliikkeen alijäämää.

Vaikka tässä työssä tutkitaankin elinkorkojen riittävyttä yksilöllisen eläkevakuutuksen näkökulmasta, on väestön tervehtyminen huomioitava myös vahinkovakuutusta harjoittavissa yhtiöissä sekä erityisesti lakisääteistä eläkevakuutusta harjoittavissa yhtiöissä. Lakisääteisen eläkevakuutuksen laskuperusteissa on väestön tervehtymiseen myös varauduttu. Lakisääteisen eläkevakuutuksen kuolleisuuksissa käytetyt ikäsiirrot ovat riippuvaisia sukupuolen lisäksi myös henkilön syntymävuodesta. Vahinkovakuutuksen lakisääteisen liikenne- ja tapaturmavakuutusten johdosta maksettavien eläkkeiden elinkoroissa ei sen sijaan ole huomioitu väestön tervehtymistä. Vahinko-

yhtiöiden käyttämä kuolleisuus on otettu käyttöön vuoden 1998 alkaessa ja se on pyritty valitsemaan siten, että se olisi turvaava ainakin seuraavan viidentoista vuoden ajan. Suomalaisilla vahinkovakuutusyhtiöillä eläkevastuut (elinkorkovastuut ja tapauskohtaiset varaukset) ovat yhteensä n. 10 Mrd mk, joten eläkevastuissa käytettävän kuolleisuuden rahallinen merkitys on vahinkovakuutusyhtiöissä suuri.

Tämän työn toisessa kappaleessa käsitellään yksilöllisen eläkevakuutuksen laskuperusteiden mukaista kuolleisuutta sekä mallinnetaan havaintoaineiston perusteella kuolleisuusfunktio. Mallinnettu kuolleisuusfunktio riippuu henkilön iän ja sukupuolen lisäksi myös henkilön syntymävuodesta. Havaintoaineistona on käytetty tilastokeskuksen koko väestön tilastoja vuosilta 1970-1996. Mahdollisesta eläkevakuutuskannan kuolleisuuden ja väestön kuolleisuuden poikkeamasta huolimatta tämän työn havaintoaineistona ei kuitenkaan ole käytetty vakuutusyhtiöiden omia tilastoja. Vakuutusyhtiöiden eläkevakuutuskanta ei ole riittävä, jotta sen avulla voitaisiin luotettavasti ennustaa kuolleisuutta. Toisaalta yksilöllisen eläkevakuutuksen yleistyessä voisi olettaa myös vakuutuskannan kuolleisuuden lähestyvän koko väestön kuolleisuutta. Tämä oletus väestön ja eläkevakuutettujen yhtäsuuresta kuolleisuudesta tuleekin muistaa tarkasteltaessa tämän työn tuloksia. Kappaleessa kaksi ei kuolleisuutta mallinnettaessa ole huomioitu ympäröivässä maailmassa tapahtuneita muutoksia, kuten esim. lääketieteen kehittymistä tai elinolosuhteiden parantumista. Kuolleisuuteen on suhtauduttu ympäröivästä maailmasta irrallaan olevana tilastollisena ongelmana.

Kolmannessa kappaleessa lasketaan mallinnetulla kuolleisuudella elämisentodennäköisyyksiä. Lisäksi tässä kappaleessa lasketaan elämisentodennäköisyyksien avulla myös mallinnetun kuolleisuuden mukaisia elinkorkoja. Saatuja miesten ja naisten elinkorkoja vertaillaan laskuperusteiden mukaisiin elinkorkoihin.

Neljännessä kappaleessa tutkitaan elinkorkojen turvaavuutta, mikäli oletus väestön ja vakuutettujen yhtäsuuresta kuolleisuudesta ei olisi totta. Luultavaa on, että vapaaehtois- eläkevakuutuksen vakuutettujen kuolleisuus on koko väestön kuolleisuutta alhaisempi. Väite perustuu siihen, että yksilöllisen eläkevakuutuksenottajien toimesta tapahtuu itse-valintaa, ts. vakuutettu tuntee ainakin vakuutusta ottaessaan itsensä siinä määrin terveeksi, että eläkeaikaan varautuminen on ajankohtaista. Varsinkin sellaisten vakuutettujen, jotka eivät liitä eläkevakuutukseen henkivakuutusta, voisi olettaa olevan keskimääräistä väestöä terveempiä. Lisäksi vakuutusyhtiöissä on vallalla uskomus, että eläkevakuutuksenottajat olisivat keskimääräistä korkeammin koulutettuja ja keskimääräistä parempituloisia. Etenkin koulutustasolla on tutkimusten perusteella merkittävä vaikutus ihmisen odotettavissa olevaan elinikään. Valkosen tutkimusten perusteella 30-49 vuotiaalla ei-erikoistuneella (mies) työntekijällä kuolleisuus on yli kolminkertainen ylempään (mies) toimihenkilöön nähden. Ikävälillä 50-64 kyseinen kuolleisuuksien suhde on hieman yli kaksi. Erikoistuneenkin työntekijän kuolleisuus on ikävälillä 30-49 vuotta n. kaksinkertainen ylempään toimihenkilöön nähden ja ikävälillä 50-64 yli 1,5-kertainen. Naisilla työntekijöiden kuolleisuus on ikävälillä riippumatta n. 1,4-kertainen ylempien toimihenkilöiden kuolleisuuteen nähden (ks. [V]).

Viidennessä kappaleessa on tutkittu kappaleessa kolme ja neljä käytössä olevien kuolleisuuksien vaikutusta henkivakuutusyhtiöiden alkaneiden eläkkeiden korvausvastuuseen sekä voimassaolevien sopimusten vakuutusmaksuvastuuseen. Lisäksi on tutkittu kuolleisuuksien vaikutusta yksilöllisen eläkevakuutuksen vakuutusmaksuihin.

Kuudennessa kappaleessa lasketaan vuoden 1996 väestökuolleisuuden ja mallinnetun kuolleisuuden perusteella ehdotus vapaaehtoisen eläkevakuutuksen kuolleisuusmalliksi. Tarkoituksena on löytää malli, jolla kuolleisuus saadaan turvaavaksi myös tulevaisuudessa. Pienentämällä kuolleisuutta saadaan aina siirrettyä kuolleisuuden turvaavuusongelmia kauemmas tulevaisuuteen. Toisaalta kuolleisuuden tulisi olla myös asiakkaiden kannalta kohtuullinen. Ehdotetulla kuolleisuusmallilla olisi tarkoitus saada kuolleisuuteen sekä turvaavuutta että kohtuullisuutta. Kappaleen kuusi kuolleisuus ei ole missään tapauksessa ehdotus vapaaehtoisen eläkevakuutuksen kuolleisuudeksi, johtuen väestön ja eläkevakuutettujen kuolleisuuksien mahdollisesta ja jopa todennäköisestä erilaisuudesta.

2. Kuolleisuus

2.1. Vuoden 1987 laskuperusteiden mukainen kuolleisuus (E87)

Vuoden 1987 laskuperusteiden mukainen eläkevakuutuksen kuolleisuus on

$$\mu(x) = 1,15 \cdot (0,00048 + 10^{0,055 \cdot (x+k-94,5)} \cdot 10^{-0,02 \cdot (x+k-72)^2}),$$

missä x on vakuutetun ikä ja miehillä ikäsiirto $k = -6$ ja naisilla ikäsiirto $k = -15$.

Johdannossa mainittu henkivakuutuksen kuolleisuus saadaan samasta kaavasta siten, että miesten ikäsiirtona on $k = 0$ ja naisten ikäsiirtona on $k = -7$.

2.2. Havaintoaineistosta mallinnettu kuolleisuus

Havaintoaineistona on käytetty tilastokeskuksen koko väestön kehitystä kuvaavia tilastoja vuosilta 1970-1996. Koska työn tarkoituksena on tutkia eläkevakuutuksen elin-korkojen riittävyyttä, on havaintoaineistosta poistettu ikäluokat 0-49 vuotta. Jäljelle jäävästä aineistosta on saatavilla ikäluokkien 50-100 kuolleisuus iän ja sukupuolen mukaisesti jaoteltuna. Tarkoituksena on matemaattisesti mallintaa kuolleisuusfunktio s.e. sen avulla saataisiin ennustettua kuolleisuutta iän ja sukupuolen lisäksi myös syntymävuoden perusteella. Tässä työssä ei ole tarkoitus pohtia syitä kuolleisuuden voimakkaaseen laskuun ajalla 1970-96. Epäilemättä kuolleisuuden laskuun vaikuttavat mm. lääketieteen kehittyminen, elintason ja kaikkalainen muukin elinolosuhteiden parantuminen. Tässä työssä havaittuun kuolleisuuteen suhtaudutaan kuitenkin sarjana numeroita, joita pyritään mallintamaan tulevaisuuteen pelkästään matemaattisin keinoin. Tuloksia tarkasteltaessa on hyvä muistaa myös se, että väestön kuolleisuus ja eläkevakuutuskannan kuolleisuus saattavat poiketa huomattavastikin toisistaan.

2.2.1 Miesten mallinnettu kuolleisuus

Kuolleisuutta on mallinnettu ja tutkittu kirjallisuudessa runsaasti. Lee ja Carter loivat vuonna 1992 ilmestyneessä artikkelissaan (ks. [LC]) erään mallin USA:n kuolleisuuden ennustamiseen. Mallissa on tarkoituksena löytää kutakin ikäluokkaa x koskevat vakiot a_x ja b_x sekä tarkasteltavaa vuotta koskeva vakio k_t . Saatujen vakioiden avulla kuolleisuutta ennustetaan kaavalla

$$\hat{q}(x,t) = e^{a_x + b_x \cdot k_t},$$

missä $\hat{q}(x,t)$ on x -vuotiaan henkilön todennäköisyys kuolla vuoden kuluessa, kun tarkasteluvuotena on vuosi t . Parametrien estimoimiseksi etsitään pienimmän neliösumman estimaatit parametreille a_x , b_x ja k_t yhtälöstä

$$\ln q(x,t) = a_x + b_x \cdot k_t,$$

missä $q(x,t)$ on USA:n väestötilaston mukainen x -ikäisen henkilön havaittu kuolleisuus vuonna t .

Mikäli vakiot a_x ja b_x määriteltäisiin jokaiselle ikäluokalle nolasta sataan ja lisäksi molemmille sukupuolille, tulisi vakioita yhteensä yli 400 kappaletta. Lisäksi tulisi vielä jokaista vuosilukua vastaavat parametrit k_t . Käytännön kannalta kuolleisuuden käsittely tulisi turhan hankalaksi.

Tässä työssä oli alunperin tarkoituksena löytää kuolleisuuden ennustamiselle malli, joka olisi sekä iän x että vuosiluvun t suhteen jatkuva funktio. Tällöin kuolleisuuden laskeminen oleellisesti helpottuisi Leen ja Carterin mallista. Ennustetaan siis kuolleisuutta kaavalla

$$\hat{q}(x,t) = e^{f(x)+g(t)},$$

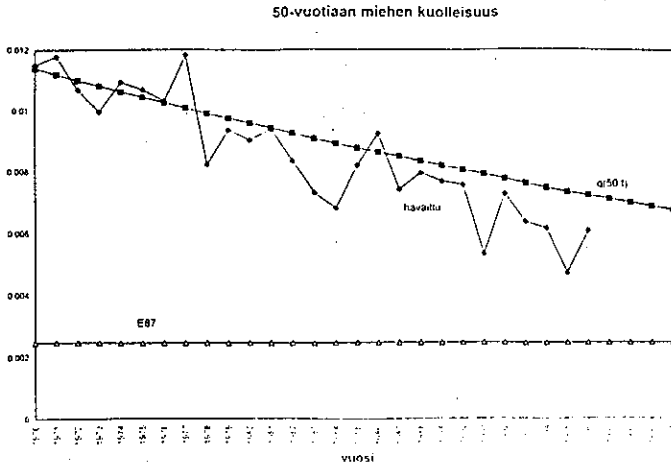
missä $f(x)$ on muotoa $a'+b'x$ ja $g(t)$ on muotoa $c'+d't$. Funktioissa f ja g esiintyvät parametrit ratkaistaan laskemalla pienimmän neliösumman estimaatit yhtälöstä

$$\ln q(x,t) = a + b \cdot t + c \cdot x,$$

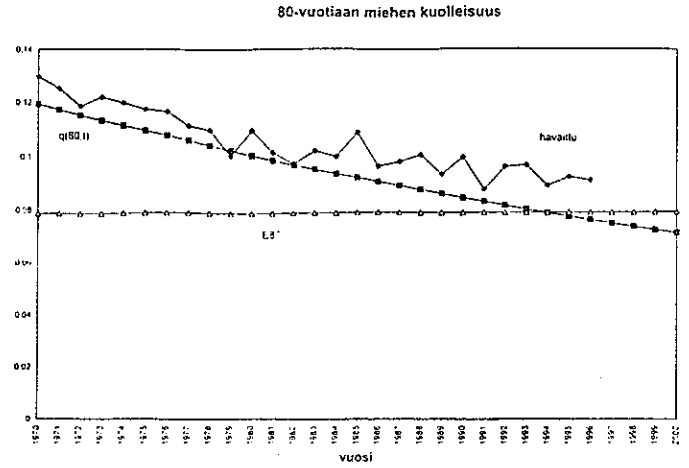
missä $q(x,t)$ on x -ikäisen henkilön havaittu kuolleisuus vuonna t ja missä x saa arvot 50–100 ja t saa arvot 1970–1996. Ratkaisut on laskettu Mathematica ohjelman käskyllä Fit, joka minimoi summan

$$\sum_{x=50}^{100} \sum_{t=1970}^{1996} (\ln q(x,t) - (a + b \cdot t + c \cdot x))^2.$$

Ratkaisuksi saadaan $\hat{q}(x,t) = e^{25,9299 - 0,0174211t + 0,0783073x}$. Saavutettu kuolleisuus-funktio näyttää sikäli hyvältä, että se on iän x suhteen kasvava funktio ja ajan t suhteen laskeva funktio. Toisaalta eri ikäluokissa on havaittu kuolleisuus muuttunut huomattavan eritavalla vuosien 1970–1996 aikana. Mm. 80-vuotiaan miehen kuolleisuus on laskenut vuodesta 1970 vuoteen 1996 mennessä n. 30 %. Vastaavasti joissakin nuoremmissa ikäluokissa laskua on saattanut tapahtua jopa 50–60 %. Seuraavat kuvat (kuva 1 ja 2) osoittavat, että saatu ratkaisu ei ole hyvä kaikissa ikäluokissa. 50-vuotiailla miehillä viimeiset kymmenen aineiston mukaista kuolleisuushavaintoa ovat kaikki pienempiä kuin mallinnettu kuolleisuus. 80-vuotiailla miehillä ainoastaan yksi havaintopiste 27:stä on mallinnetun kuolleisuuden alapuolella.



Kuva 1. 50-vuotiaan miehen havaittu, koko aineistosta mallinnettu ja yksilöllisen eläkevaikutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.



Kuva 2. 80-vuotiaan miehen havaittu, koko aineistosta mallinnettu ja yksilöllisen eläkevaikutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.

Jos taas ratkaistaan ikäluokittain parametrit a_x ja b_x s.e. summa

$$\sum_{t=1970}^{1996} (\ln q(x,t) - (a_x + b_x \cdot t))^2$$

minimoituu, saadaan jokaiselle ikäluokalle parametrit a_x ja b_x . Tällöin kuolleisuusfunktion "käyttäjäystävällisyys" ei oleellisesti Leen ja Carterin mallista parane. Lisäksi joillakin peräkkäisillä ikäluokilla ilmenee kuolleisuuksien "ristiin menemistä". Toisin sanoen riittävän suurella t pätee

$$q(x,t) = e^{a_x + b_x \cdot t} < e^{a_{x-1} + b_{x-1} \cdot t} = q(x-1,t).$$

Sen sijaan, jos ratkaistaan parametrit joillekin ikäväleille erikseen saadaan ko. ikävälän sisällä ajan t ja iän x suhteen jatkuva kuolleisuuden funktio. Valitsemalla ikäluokat riittävän pieniksi vältetään vastaavat ongelmat kuin mallinnettaessa kuolleisuutta koko aineistosta. Vastaavasti valitsemalla ikäluokat riittävän suuriksi vältetään liiallinen kuolleisuuden parametrusointi.

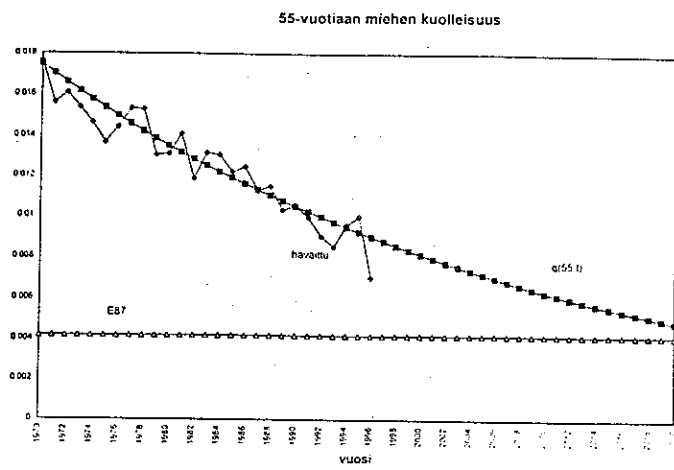
Tässä työssä on laskettu kuolleisuus yllä olevalla pns-menetelmällä ikäluokille 50-59, 60-69, 70-79, 80-89 ja 90-100 erikseen. Toisin sanoen minimoimalla kullekin ikävälille summat

$$\sum_{i=0}^9 \sum_{t=1970}^{1996} (\ln q(x+i,t) - (a + b \cdot t + c \cdot (x+i)))^2$$

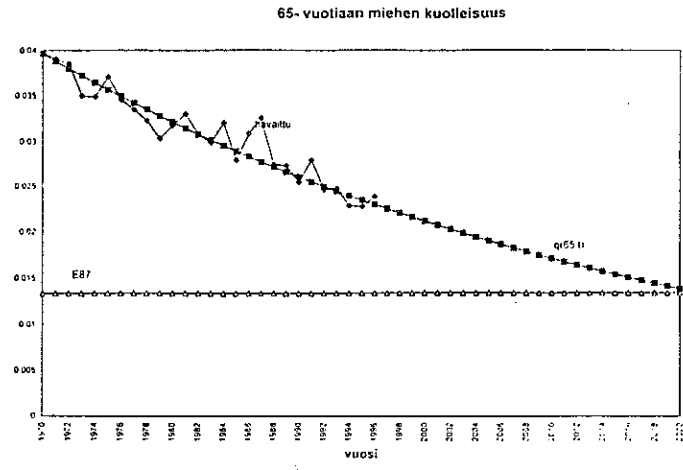
erikseen, missä x saa arvot 50, 60, 70, 80 ja 90 (kun $x=90$, niin ikäluokan yli tapahtuva summeeraus loppuu yhdeksän sijasta kymmeneen), saadaan kullekin ikävälille omat parametrit a , b ja c . Tällöin ikäluokkia koskeviksi parametreiksi a , b ja c saadaan seuraavan taulukon mukaiset arvot:

ikäväli	a	b	c
50-59	41,4692	-0,02556	0,087921
60-69	32,6663	-0,02105	0,085859
70-79	22,8462	-0,01595	0,081650
80-89	18,8217	-0,01351	0,071482
90-100	16,7110	-0,01161	0,053174

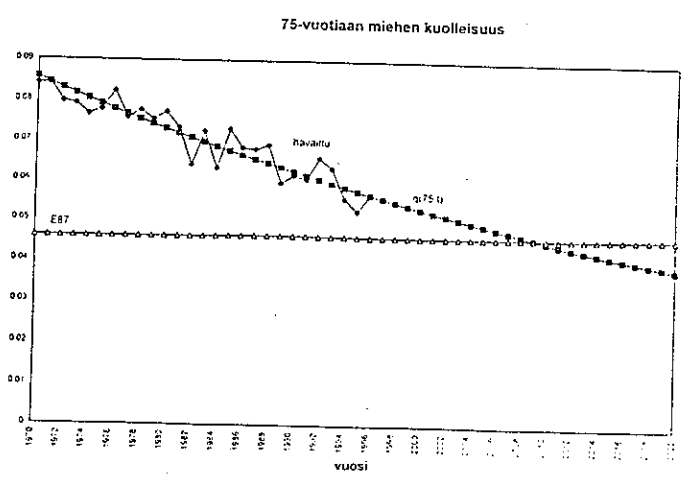
Kuvissa 3-6 on esitetty aineiston mukainen kuolleisuus sekä yllä olevan taulukon parametrien mukainen kuolleisuus ikäluokille 55, 65, 75 ja 85 vuotta. Havainnollisuuden vuoksi kuvissa on myös yksilöllisen eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus ko. iälle.



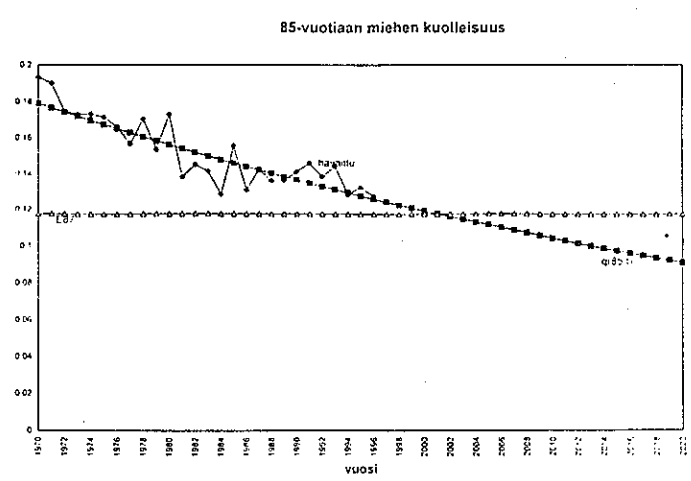
Kuva 3. 55-vuotiaan miehen havaittu, ikäväliltä 50-59 mallinnettu ja yksilöllisen eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.



Kuva 4. 65-vuotiaan miehen havaittu, ikäväliltä 60-69 mallinnettu ja yksilöllisen eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.



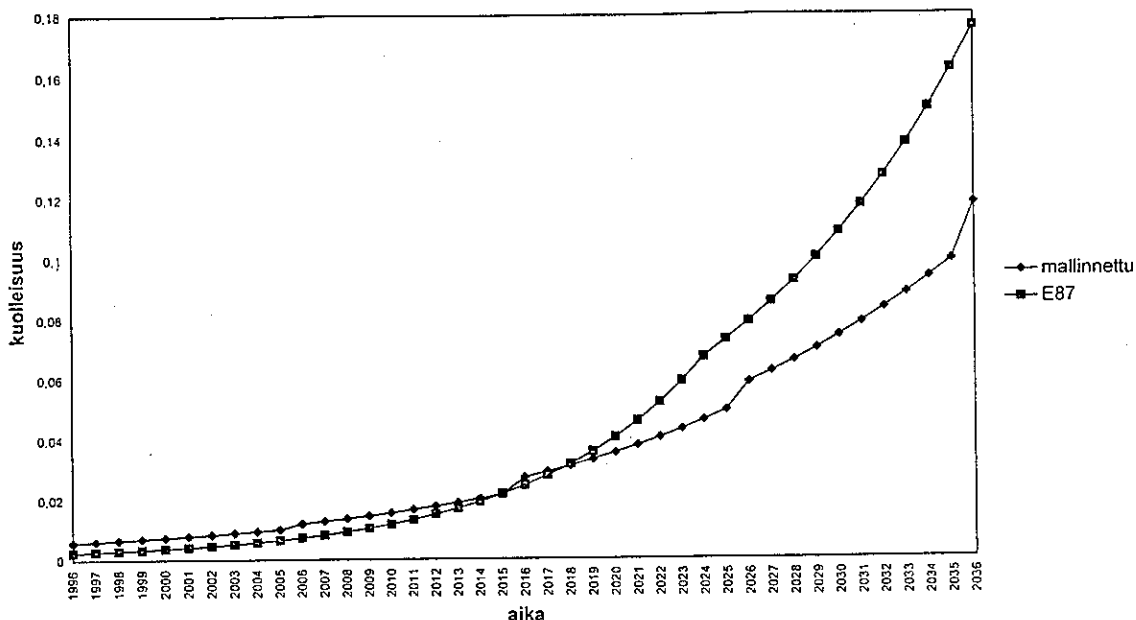
Kuva 5. 75-vuotiaan miehen havaittu, ikäväliltä 70-79 mallinnettu ja yksilöllisen eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.



Kuva 6. 85-vuotiaan miehen havaittu, ikäväliltä 80-89 mallinnettu ja yksilöllisen eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.

Yllä olevista kuvista nähdään, että mitä iäkkäämmästä henkilöstä on kyse sitä vähemmän turvaavalta eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus vaikuttaa. Alla olevassa kuvassa on kuvattuna vuonna 1996 50-vuotiaan miehen kuolleisuuden kehitys iän kasvaessa 90 vuoteen. Kuvasta 7 nähdään, että eläkevakuutuksen kuolleisuus on ko. tapauksessa turvaava ikään 71 asti (ts. vuoteen 2017 asti), muuttuen tämän jälkeen ei-turvaavaksi.

vuonna 1996 50-vuotiaan miehen kuolleisuuden kehitys iän kasvaessa



Kuva 7. Vuonna 1996 50-vuotiaan miehen kuolleisuuden kehitys ikään 90 (eli vuoteen 2036) asti.

2.2.2 Naisten mallinnettu kuolleisuus

Koko aineistosta mallinnettu iän x ja ajan t suhteen jatkuva kuolleisuus ei kuvaa naistenkaan osalta hyvin havaittua kuolleisuutta eri ikäluokissa. Ongelmat ovat vastaavat kuin miestenkin osalta kappaleessa 2.2.1.

Naisten osalta on päädytty mallintamaan kuolleisuus vastaaville ikäluokille kuin miestenkin osalta. Tällöin naisten mallinnettu kuolleisuus $\hat{q}(x,t)$ saadaan kaavasta

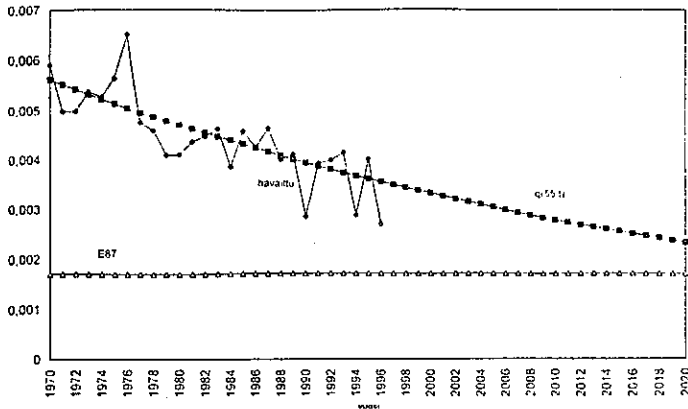
$$\hat{q}(x,t) = e^{a+bt+cx},$$

missä vakioiden a , b ja c arvot saadaan alla olevasta taulukosta ko. ikävälin kohdalta.

ikäväli	a	b	c
50-59	24,6475	-0,01762	0,088680
60-69	30,3327	-0,02110	0,109422
70-79	30,2899	-0,02136	0,117958
80-89	23,7357	-0,01721	0,097046
90-100	15,4112	-0,01109	0,054694

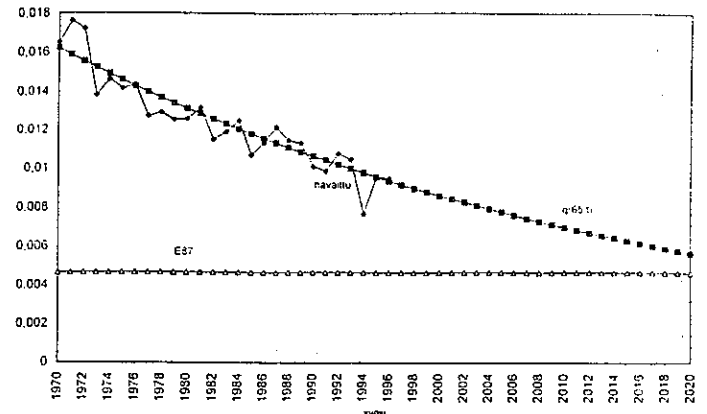
Havainnollisuuden vuoksi on alla esitetty joitakin naisten kuolleisuuksia graafisesti. Havaitun kuolleisuuden ja mallinnetun kuolleisuuden lisäksi kuvissa on esitetty myös eläkevakuutuksen laskuperusteiden mukainen kuolleisuus.

55-vuotiaan naisen kuolleisuus



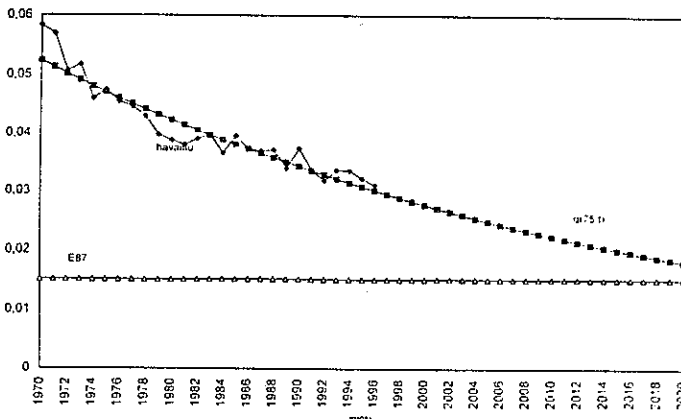
Kuva 8. 55-vuotiaan naisen havaittu, ikäväliltä 50-59 mallinnettu ja yksilöllisen eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.

65-vuotiaan naisen kuolleisuus



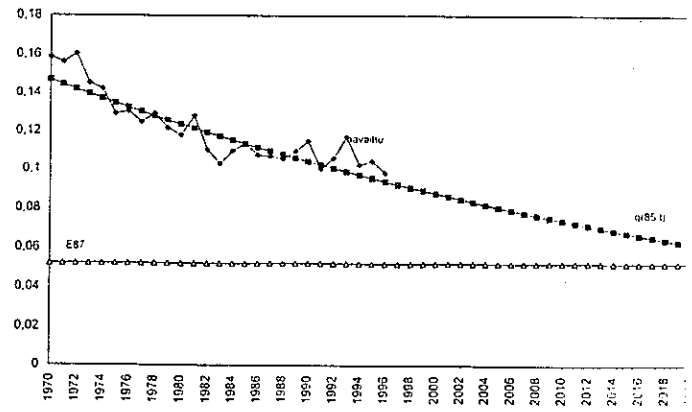
Kuva 9. 65-vuotiaan naisen havaittu, ikäväliltä 60-69 mallinnettu ja yksilöllisen eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.

75-vuotiaan naisen kuolleisuus



Kuva 10. 75-vuotiaan naisen havaittu, ikäväliltä 70-79 mallinnettu ja yksilöllisen eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.

85-vuotiaan naisen kuolleisuus



Kuva 11. 85-vuotiaan naisen havaittu, ikäväliltä 80-89 mallinnettu ja yksilöllisen eläkevakuutuksen perusteiden mukainen kuolleisuus.

Toisin kuin miesten vastaavissa kuvissa, naisten kuolleisuus vaikuttaa turvaavalla suhteessa eläkevakuutuksen perusteiden mukaiseen kuolleisuuteen. Tähän asiaan palataan kolmannessa kappaleessa.

3. Elinkorot

Tässä työssä on elinkorkoja laskettaessa käytetty korkona nykyistä STM:n määräämä laskuperustekoron enimmäismäärä 4,5 %, ts. $\delta = \ln 1,045$.

3.1 Laskuperusteiden mukaiset elinkorot

Yksilöllisessä eläkevakuutuksessa eläkkeitä maksetaan ennalta sovittuna aikana, mikäli vakuutettu on elossa. Elinikäisessä eläkevakuutuksessa eläkkeitä maksetaan niin kauan kun vakuutettu on elossa. Tästä johtuen vastaisten eläkkeiden korvausvastuuta laskettaessa tulee huomioida vakuutetun elämisen todennäköisyys ts. todennäköisyys sille, että vakuutettu on aikanaan vastaanottamassa eläkesuoritusta. Tällöin elinkorko saadaan diskonttaamalla laskuperustekorolla tulevat eläkesuoritukset, missä on huomioitu aikanaan maksettavan eläkesuorituksen todennäköisyys. Tällöin iästä x alkaen vuosittain etukäteen maksettavan yksikön suuruisen elinikäisen eläkkeen pääoma-arvo, ts. elinkorko $\ddot{a}_x(\mu)$, saadaan kaavasta

$$\ddot{a}_x(\mu) = \sum_{i=0}^{\infty} 1,045^{-i} \cdot {}_i p_x = \sum_{i=0}^{\infty} e^{-\int_0^i \delta + \mu(x+t) dt},$$

missä ${}_i p_x$ on iässä x elossa olevan henkilön todennäköisyys olla elossa i vuoden kuluttua. Määräaikaisen eläkevakuutuksen elinkorko lasketaan yllä olevasta kaavasta s.e. summaus tehdään äärettömän (käytännössä $n = 110$) sijasta sovitun eläkeajan keston mukaisesti.

3.2 Mallinnetun kuolleisuuden mukaiset elinkorot

Kuolleisuutta mallinnettaessa saatiin mallinnettua vuonna t x -ikäisen henkilön todennäköisyys kuolla vuoden aikana, eli mallinnettiin funktio $\hat{q}(x, t)$. Tällöin on selvää, että vuonna t x -ikäisen todennäköisyys olla elossa vuoden kuluttua on

$${}_1 \hat{p}_x^t = 1 - \hat{q}(x, t).$$

Selvää on, että vuonna t x -ikäisen henkilön todennäköisyys olla elossa n vuoden kuluttua on

$${}_n \hat{p}_x^t = \prod_{k=0}^{n-1} {}_1 \hat{p}_{x+k}^{t+k} = \prod_{k=0}^{n-1} 1 - \hat{q}(x+k, t+k).$$

Alla olevassa taulukossa on laskettu vuonna v eri-ikäisten miesten todennäköisyyksiä olla elossa 80 vuoden iässä. Lisäksi taulukossa on yksilöllisen eläkevakuutuksen (E87) kuolleisuudella lasketut vastaavat todennäköisyydet. Viimeisessä sarakkeessa on vuoden 96 havainnoista lasketut vastaavat luvut, ts. viimeisessä sarakkeessa oleva luku on

$${}_n p_x = \prod_{j=0}^{n-1} (1 - q(x+j, 1996)).$$

miehen ikä x vuonna v	n	mallinettu elämisen tod.näköisyys			E87	"havaittu"
		v = 1996	v = 2006	v = 2016		
50	30	53,5 %	59,5 %	65,0 %	51,1 %	41,7 %
55	25	52,2 %	58,2 %	63,7 %	51,9 %	43,1 %
60	20	52,0 %	57,8 %	63,2 %	53,4 %	45,5 %
65	15	53,8 %	59,4 %	64,5 %	56,2 %	49,3 %
70	10	58,9 %	63,8 %	68,3 %	61,6 %	56,7 %

Mielenkiintoista yllä olevassa taulukossa on se, että sen perusteella vuonna v 50-vuotiaan miehen todennäköisyys olla elossa vielä 80-vuotiaana on suurempi kuin vastaava todennäköisyys 60-vuotiaalla. Eli vaikka vuonna v 50-vuotta olleita miehiä tulee kuolemaan ennen 60 vuoden ikää, eli ennen vuotta v+10, niin kymmenessä vuodessa ikävälillä 60-80 tapahtunut tervehtyminen riittää nostamaan ${}_{30}\hat{p}_{50}^v$:n suuremmaksi kuin ${}_{20}\hat{p}_{60}^v$. Sama ilmiö on havaittavissa myös tutkittaessa havaittuja kuolleisuuksia havaintoaineistosta. Havaittujen kuolleisuuksien perusteella vuonna 1970 50-vuotiaan miehen todennäköisyys olla elossa vuonna 1996, eli 77 vuoden iässä, oli 46,4 % (ts. $\prod_{j=0}^{26} (1 - q(50 + j, 1970 + j)) = 46,4\%$). Vastaavasti vuonna 1970 55-vuotiaan miehen todennäköisyys olla elossa 77-vuotiaana (eli vuonna 1991) oli 43,4 % ja 60-vuotiaalla vastaava todennäköisyys (olla elossa 77-vuotiaana, eli vuonna 1986) oli 45,1 %.

Vastaavat eläisentodennäköisyyttä kuvaavat todennäköisyydet naisille löytyvät alla olevasta taulukosta.

naisen ikä x vuonna v	n	mallinettu elämisen tod.näköisyys			E87	"havaittu"
		v = 1996	v = 2006	v = 2016		
50	30	75,9 %	79,9 %	83,4 %	79,6 %	65,5 %
55	25	74,7 %	78,9 %	82,6 %	80,1 %	66,4 %
60	20	73,9 %	78,4 %	82,1 %	81,0 %	67,7 %
65	15	74,1 %	78,5 %	82,3 %	82,5 %	69,9 %
70	10	76,2 %	80,4 %	83,8 %	85,1 %	74,1 %

Mallinnetulla kuolleisuudella saadaan elinkorot laskettua vastaavasti kuin laskuperusteiden mukaisella kuolleisuudella laskettaessa kohdassa 3.1. Tällöin vuonna v iästä x alkaen vuosittain etukäteen maksettavan yksikön suuruisen elinikäisen eläkkeen pääoma-arvo $\ddot{a}_x^v(\hat{q})$ saadaan mallinnetulla kuolleisuudella $\hat{q}(x, t)$ laskettua kaavasta

$$\ddot{a}_x^v(\hat{q}) = \sum_{i=0}^{\infty} 1,045^{-i} \cdot \hat{p}_x^v = 1 + \sum_{i=1}^{\infty} 1,045^{-i} \cdot \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \hat{q}(x + j, v + j)).$$

Toisin sanoen mallinnetulla kuolleisuudella laskettu elinkorko riippuu iän ja sukupuolen lisäksi myös tarkasteltavasta vuodesta.

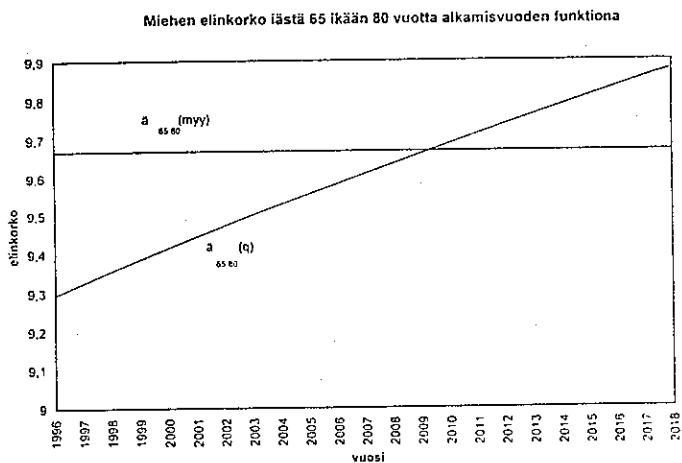
Määräaikaisen eläkevakuutuksen elinkorko lasketaan yllä olevasta kaavasta s.e. summaus tehdään äärettömän (käytännössä n. 110 riittää) sijasta sovitun eläkeajan pituuden mukaisesti.

3.3 Elinkorkojen vertailua

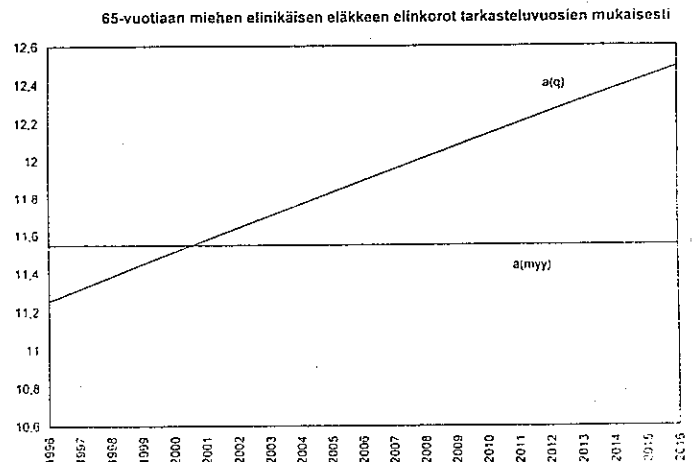
Alla olevassa taulukossa on laskettu kappaleissa 3.1 ja 3.2 määriteltyjä miesten vuosittain etukäteen maksettavien eläkkeiden elinkorkoja tietyille ikäväleille. Muistettava on, että tässä kappaleessa, kuten koko työssä, tulokset perustuvat oletukseen eläkevakuutettujen ja väestön yhtäsuuresta kuolleisuudesta.

Miehet						
elinkorkojen		Mallinnetun q :n mukaiset elinkorot				E87
alkuikä	loppuikä	$v=1996$	$v=2006$	$v=2016$		
58	65	5,92807	5,97478	6,01206	6,02803	
65	75	7,38148	7,53017	7,65498	7,62245	
65	80	9,29509	9,58336	9,83232	9,66945	
65	100	11,25540	11,89056	12,49133	11,54840	
70	100	9,49050	10,07890	10,65125	9,70199	
80	100	6,35189	6,82037	7,28857	6,47496	

Alla olevissa kuvissa on lisäksi esitetty joidenkin miehille laskettujen elinkorkojen kehitystä tarkasteluvuoden t funktiona.



Kuva 12. Miehen elinkorot 65 vuoden iästä 80 vuoden ikään alkamisvuoden mukaisesti.



Kuva 13. 65-vuotiaan miehen mallinnettu alkamisvuodesta riippuva ja laskuperusteiden mukainen elinikäinen elinkorko.

Vastaavat elinkorot naisille on esitetty alla olevassa taulukossa.

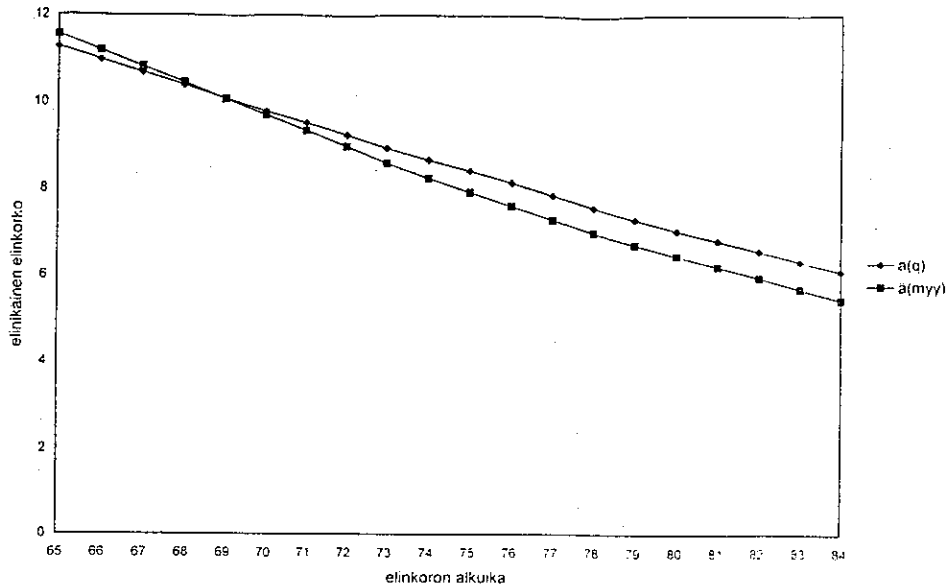
Naiset						
elinkorkojen		Mallinnetun q:n mukaiset elinkorot			E87	
alkuikä	loppuikä	v=1996	v=2006	v=2016		
58	65	6,06821	6,08388	6,09680	6,10940	
65	75	7,86878	7,94302	8,00380	8,03992	
65	80	10,28622	10,45561	10,59588	10,65301	
65	100	13,43268	13,99543	14,50816	14,52618	
70	100	11,47285	12,08119	12,64293	12,84239	
80	100	7,42260	7,96057	8,47791	9,08644	

Yksilöllisistä eläkevakuutuksista valtaosa on lakisääteistä eläkettä aientavia eläkkeitä. Aientavista eläkkeistä yleisin on ikävilille 58-65 otettu eläkevakuutus. Yllä olevasta taulukosta nähdään, että tälle ikävilille laskuperusteiden mukaisesti laskettu elinkorko on turvaava sekä miehille että naisille. Lakisääteistä eläkettä aientavat elinkorot näyttävät säilyvän myös tulevaisuudessa turvaavina.

Naisten taulukosta nähdään, että aientavien eläkkeiden lisäksi, myös muidenkin ikäväliden elinkorot näyttävät olevan naisilla turvaavasti laskettuja. Eli naisten osalla kuolleisuudessa käytetty 15 vuoden kokonaisikäsiirto näyttää olevan turvaavuutta ajatellen riittävä.

Miehillekin taulukossa olevat elinkorot ovat kaikki turvaavia, mikäli tarkasteluvuotena on vuosi 1996. Mitä pidempi eläkeaika on ja mitä vanhemmalle henkilölle elinkorko on laskettu sitä nopeammin mallin mukainen elinkorko kasvaa laskuperusteiden mukaista elinkorkoa suuremmaksi. Kuvasta 12 nähdään, että miehelle laskettu elinkorko 65 vuoden iästä 80 vuoden ikään on turvaavasti laskettu aina vuoteen 2009 asti. Sen sijaan 65-vuotiaalle laskettu elinikäinen elinkorko (kuva 13) on turvaava ainoastaan vuoteen 2000 asti. 75-vuotiaalle laskettu elinikäinen elinkorko ei ole enää edes vuonna 1998 turvaavasti laskettu. Miehillä ylimääräinen kolmen vuoden ikäsiirto tekisi kaikista sivulla 8 olevan taulukon miesten elinkoroista turvaavia, lukuunottamatta ikävilille 80-100 laskettua elinkorkoa, joka sekin olisi turvaava aina vuoteen 2015 asti. Tämäkään kolmen vuoden ylimääräinen ikäsiirto ei poistaisi alla kuvattua jaksotusongelmaa.

Vaikka yllä olevien taulukoiden ja kaavioiden perusteella vuonna 1996 65-vuotiaalle miehelle laskuperusteiden mukaisesti laskettu elinikäinen elinkorko on turvaava, niin tähänkin elinkorkoon sisältyy jaksotusongelmia. Toisin sanoen vuonna 1996 kyseisestä elinkorosta syntyy riskiliikkeen ylijäämää. Vakuutetun iän kasvaessa kyseisestä elinkorosta saatu riskiliikkeen ylijäämä pienenee vuosittain. Vuonna 2000 kyseinen ikäluokka on 69 vuotiaita. Tällöin 69-vuotiaalle miehelle laskettu laskuperusteiden mukainen elinikäinen elinkorko tuottaa riskiliikkeen alijäämää mallinnettuun elinkorkoon nähden. Tämä ja tulevina vuosina syntyvä riskiliikkeen alijäämä tulisi kattaa vuosilta 1996-1999 syntyneellä ylijäämällä ja niille kertyneillä sijoitustoiminnan tuottamilla tuotoilla. Alla olevassa kuvassa on kuvattu ko. jaksotusongelmaa. Kuvassa on siis kuvaajat $(x+i, \ddot{a}_{65+i}^{1996+i}(\hat{q}))$ ja $(x+i, \ddot{a}_{65+i}(\mu))$, missä i saa arvot $i=0,1,2,\dots$



Kuva 14. Vuonna 1996 65-vuotiaan miehen elinikäisen elinkoron kehitys iän ja tarkasteluvuoden kasvaessa.

4. Mallinnettua kuolleisuutta pienempi kuolleisuus

Tässä työssä on ollut lähtökohtana oletus, että vakuutettujen kuolleisuus noudattaisi koko väestön kuolleisuutta. Tulevaisuudessa eläkevakuutuksen yleistyessä näin voi olettaakin tapahtuvan. Tutkittaessa elinkorkojen riittävyttä ei ole kuitenkaan mahdollista sivuuttaa vakuutusyhtiöissä vallalla olevaa käsitystä, jonka mukaan eläkevakuutusasiakkaiden kuolleisuus on pienempi kuin koko väestön kuolleisuus. Ainakin eläkevakuutettujen aiheuttama itse-valinta johtanee siihen, että eläkevakuutetut ovat keskimääräisesti väestöä terveempiä. Ainakin vakuutusta ottaessaan vakuutetut tuntevat itsensä terveiksi ja uskovat olevansa elossa vielä eläkeaikanaan. Lisäksi tunnettua on, että eläkevakuutusasiakkaat ovat keskimääräistä parempituloisia. Lisäksi yleinen käsitys on, että tällä hetkellä eläkevakuutusasiakkaiden koulutustaso on keskimääräisesti verraten korkea. Koulutustason varsinkin on todettu tutkimuksissa vaikuttavan ihmisen odotettavissa olevan elinajan pituuteen (ks. johdanto ja [V]).

Tässä kappaleessa on laskettu mallinnettua kuolleisuutta hyväksikäyttäen elinkorkoja, mikäli eläkevakuutusasiakkaiden kuolleisuus olisi 90 %, 80 % tai 50 % mallinnetusta kuolleisuudesta.

Alla olevassa taulukossa on laskettuna vastaavat miesten elinkorot kuin kappaleessa kolme. Kappaleen kolme elinkoroista poiketen on alla olevassa taulukossa kaikki elinkorot vuonna 1996 alkavia elinkorkoja.

Miehet					
elininkorkojen		elinikossa kuolevuus on p% mallista			E87
alkuikä	loppuikä	p=90 %	p=80 %	p=50 %	
58	65	5,95057	5,97318	6,04163	6,02803
65	75	7,46415	7,54811	7,80793	7,62245
65	80	9,46368	9,63718	10,18882	9,66945
65	100	11,66257	12,10950	13,75955	11,54840
70	100	9,90644	10,36713	12,10178	9,70199
80	100	6,72462	7,14362	8,76825	6,47496

Määräaikaisissa taulukon mukaisissa elinkoroissa laskuperusteet ovat turvaavat mikäli vakuutettujen todellinen kuolleisuus olisi vähintään 80 % mallin mukaisesta kuolleisuudesta. Mitä vanhempi on elinkoron alkuikä ja mitä pidemmästä elinkorosta on kysymys, sitä nopeammin myös määräaikaiset elinkorot muuttuvat ei-turvaaviksi. Ikävälillä 65-80 elinkorko on 90 %:n mallin mukaisella kuolleisuudella turvaava vuoteen 2003 asti. 80 %:n kuolleisuudella ko. elinkoron turvaavuus vaarantuu jo vuonna 1998. Elinikäisissä elinkoroissa sen sijaan turvaavuus vaarantuu välittömästi, mikäli vakuutettujen kuolleisuus on yhtään alle mallinnetun kuolleisuuden.

Naisten vastaavat elinkorot löytyvät alla olevasta taulukosta.

Naiset						
elinkorkojen		elinkorossa kuolevuus on p% mallista			E87	
alkuikä	loppuikä	p=90 %	p=80 %	p=50 %		
58	65	6,07711	6,08602	6,11284	6,10940	
65	75	7,90757	7,94661	8,06537	8,03992	
65	80	10,37419	10,46338	10,73840	10,65301	
65	100	13,75232	14,09666	15,31196	14,52618	
70	100	11,82371	12,20493	13,57566	12,84239	
80	100	7,77948	8,17397	9,64345	9,08644	

Naisilla kuolleisuus saa laskea 60 %:in mallin mukaisesta kuolleisuudesta ennen kuin taulukon mukaisissa määräaikaisissa elinkoroissa turvaavuus vaarantuu vuoden 1996 osalta. Määräaikaisissa elinkoroissa 75 %:n osuus mallin mukaisesta kuolleisuudesta pitää nykyisin käytössä olevat elinkorot turvaavina vielä kymmenen vuoden ajan. Elinikäisissäkin elinkoroissa turvaavuus säilyy mikäli kuolleisuus on vähintään 70 % mallin mukaisesta kuolleisuudesta. 85 %:n osuudella mallinnetusta kuolleisuudesta taulukon mukaiset elinikäiset elinkorot säilyvät turvaavina vielä kymmenen vuoden ajan.

Useisiin tämän kappaleen turvaavilta näyttäviin elinkorkoihin sisältyy vastaava jaksotusongelma kuin kappaleessa kolme. Jaksotusongelmassahan oli kyse siitä, että tällä hetkellä vielä turvaavasti laskettu kuolleisuus muuttuu iän kasvaessa ei-turvaavasti lasketuksi. Ongelma havaitaan jo kuvista 3-6. Kuvien perusteella 55- ja 65-vuotiaille miehille laskettu kuolleisuus pysyy turvaavana vuoteen 2020 asti. Sen sijaan iän kasvaessa kuolleisuus muuttuu melko nopeasti ei-turvaavaksi ts. perusteiden mukainen kuolleisuus kasvaa mallinnettua kuolleisuutta suuremmaksi.

5. Vaikutus henkivakuutusyhtiöihin

Käytettävällä kuolleisuudella on vakuutusyhtiöissä erityisesti merkitystä vastuuelan laskentaan ja asiakkailta perittyjen vakuutusmaksujen suuruuteen. Tässä kappaleessa on tutkittu kappaleissa kolme ja neljä käytettyjen kuolleisuuksien vaikutusta yksilöllisen eläkevakuutuksen vastuuelan määrään ja asiakkaiden vakuutusmaksujen suuruuteen.

5.1 Vaikutus vastuovelkaan

Henkivakuutusyhtiöissä vastuovelka koostuu vakuutusmaksuvastuusta ja korvausvastuusta. Eläkevakuutusten, joissa eläkeajaksi ei ole vielä alkanut, vastuovelka sisältyy vakuutusmaksuvastuuseen. Alkaneiden eläkkeiden pääoma-arvo sisältyy korvausvastuuseen.

Vakuutusyhtiölain (VYL) 13 luvun 4 §:n mukaisesti voimassaolevien vakuutusten laskuperusteita ei kuolleisuuden muuttumisen johdosta saa muuttaa siten, että vakuutusten vapaakirja-arvo alenisi. Tämä tarkoittaa sitä, että sopimuksissa joissa vakuutettu on eläkkeellä ei kuolleisuutta voida alentaa s.e. vakuutettujen eläkkeet pienenisivät. Tällöin eläkkeitä vastaavaa korvausvastuuta on kasvatettava alennettua kuolleisuutta vastaavaksi. VYL:n nojalla sopimuksille, jotka eivät ole eläkeajalla, tulisi taata vähintään kertyneen vakuutusmaksuvastuun mukainen eläke. Tällöin voimassa oleviin sopimuksiin ei voitaisi soveltaa alennettua kuolleisuutta, ellei samalla kasvatettaisiin vakuutusten vakuutusmaksuvastuuta voimassaolevalla kuolleisuudella laskettua kertynyttä eläkettä vastaavaksi. Voimassa olevien sopimusten tulevia maksuja käsitellään kappaleissa 5.2.

Alla olevassa taulukossa on laskettuna se, kuinka paljon laskuperusteiden antamaa alkaneiden eläkkeiden korvausvastuuta tulisi korottaa, jotta korvausvastuu olisi riittävä vastaisten eläkkeiden maksamiseen. Laskuperusteiden antamaa korvausvastuuta on verrattu mallinnetun kuolleisuuden antamien elinkorkojen lisäksi elinkorkoihin, joissa kuolleisuutena on 90 %, 80 % tai 50 % mallinnetusta kuolleisuudesta. Taulukoiden elinkorot ovat vuonna 1996 alkavia elinkorkoja.

Miehet					
elinkorkojen		elinkorossa kuolevuus on p% mallista			
alkuikä	loppuikä	p=100 %	p=90 %	p=80 %	p=50 %
58	65	-1,7 %	-1,3 %	-0,9 %	0,2 %
65	75	-3,2 %	-2,1 %	-1,0 %	2,4 %
65	80	-3,9 %	-2,1 %	-0,3 %	5,4 %
65	100	-2,5 %	1,0 %	4,9 %	19,1 %
70	100	-2,2 %	2,1 %	6,9 %	24,7 %
80	100	-1,9 %	3,9 %	10,3 %	35,4 %

Naiset					
elinkorkojen		elinkorossa kuolevuus on p% mallista			
alkuikä	loppuikä	p=100 %	p=90 %	p=80 %	p=50 %
58	65	-0,7 %	-0,5 %	-0,4 %	0,1 %
65	75	-2,1 %	-1,6 %	-1,2 %	0,3 %
65	80	-3,4 %	-2,6 %	-1,8 %	0,8 %
65	100	-7,5 %	-5,3 %	-3,0 %	5,4 %
70	100	-10,7 %	-7,9 %	-5,0 %	5,7 %
80	100	-18,3 %	-14,4 %	-10,0 %	6,1 %

Selvästi yleisimmälle eläkeajalle (58-65 vuotta) lasketussa korvausvastuussa ei näyttäisi toistaiseksi olevan korotuspaineita, kuten kappaleissa kolme ja neljä on jo todettu. Kappaleiden 3 ja 4 mukaisesti korvausvastuun vajaus kasvaa eläkeajan pidentyessä ja alkuiän kasvaessa.

Vakuutetun, joka on tarkasteluhetkellä 50-vuotias ja jonka eläkeikä on 58 vuotiaasta 65 vuotiaaksi, vakuutusmaksuvastuussa ei ole korotustarvetta mikäli vakuutettujen kuolleisuus on vähintään 60 % mallinnetusta kuolleisuudesta. Alla olevassa taulukossa on 50-vuotiaalle laskettuja vakuutusmaksuvastuun korotustarpeita suhteessa laskuperusteiden mukaiseen vakuutusmaksuvastuuseen erilaisilla eläkeajoilla ja erilaisilla kuolleisuuksilla. Taulukoissa olevat vakuutusmaksuvastuut 50 vuoden iässä, ikävälillä $w-w'$ etukäteen maksettavalle yksikön suuruiselle eläkkeelle, saadaan kaavasta

$$V = 1,045^{-(w-50)} \cdot {}_{w-50}P_{50} \cdot \ddot{a}_{w:w'}$$

		Miehet			
		elinkorossa kuolevuus on p% mallista			
ikäväli		p=100 %	p=90 %	p=80 %	p=50 %
58-65		-3,7 %	-2,8 %	-1,9 %	0,7 %
65-80		-4,8 %	-2,0 %	0,9 %	10,1 %
65-100		0,1 %	4,8 %	9,9 %	28,1 %
		Naiset			
58-65		-1,5 %	-1,2 %	-0,8 %	0,3 %
65-80		-3,4 %	-2,2 %	-1,0 %	2,7 %
65-100		-4,1 %	-1,6 %	1,1 %	10,1 %

5.2 Vaikutus vakuutusmaksuihin

Kappaleessa 5.1 on todettu, että sopimuksille, jotka eivät ole eläkeajalla, tulisi taata vähintään nykyhetken vakuutusmaksuvastuun mukainen eläke. Tämä ei estä soveltamasta voimassaolevien sopimusten tuleviin maksuihin alennettua kuolleisuutta. Vakuutus sopimuslain (VSL) 3 luvun 20 §:n mukaan vakuutusmaksua voidaan muuttaa yleiseen vahinkokehitykseen vedoten, jos sopimuksen sisältö ei oleellisesti muutu alkuperäiseen sopimukseen nähden. Tämä tarkoittaa sitä, että VYL:n ja VSL:n nojalla voimassaolevien eläkevakuutusten tuleviin maksuihin voitaisiin soveltaa alennettua kuolleisuutta, ellei maksujen taso oleellisesti muutu alkuperäisestä. Jo maksettujen maksujen kohdalla tulee soveltaa alkuperäistä kuolleisuutta, ellei kuolleisuuden vaihtaminen paranna vakuutetun etuja. Käytännössä kuitenkin kahden kuolleisuuden käyttäminen samassa vakuutuksessa olisi, ainakin nykyisissä universal life-tyyppisissä vakuutuksissa, hankalaa. Tämä tarkoittaa sitä, että nykyisiin sopimuksiin, jotka eivät ole vielä eläkeajalla, tulevien maksujen korottaminen on hankalaa. Sen sijaan uusiin sopimuksiin maksujen muuttaminen kuolleisuuden muuttumisen perusteella ei ole ongelma.

Alla olevassa taulukossa on verrattu eri kuolleisuuksilla laskettua vuosimaksun korotustarvetta suhteessa eläkevakuutuksen laskuperusteilla laskettuun vuosimaksuun. Vuosittain etukäteen ikävälillä $x-w$ maksettava kuormittamaton vakuutusmaksu P , jolla saadaan yksikön suuruinen vuosittain etukäteen maksettava eläke ajalle $w-w'$ saadaan kaavasta

$$P = \frac{1,045^{-(w-x)} \cdot {}_{w-x}P_x \cdot \ddot{a}_{w:w'}}{\ddot{a}_{x:w}}$$

Taulukossa olevissa mallinnetuissa elinkoroissa $\hat{a}_{x,w}^v(\hat{q})$ on tarkasteluvuotena vuosi 1996 ja elinkoroissa $\hat{a}_{w,w}^v(\hat{q})$ on tarkasteluvuotena vuosi 1996+w-x.

				Miehet			
				korotustarve suhteessa E87:n mukaiseen maksuun			
ikä x	ikä w	ikä w'		elinkorossa kuolevuus on p% mallista			
				p=100 %	p=90 %	p=80 %	p=50 %
	50	58	65	-2,6 %	-2,0 %	-1,3 %	0,8 %
	50	65	80	-2,8 %	-0,4 %	2,1 %	9,8 %
	50	65	100	2,2 %	6,5 %	11,2 %	27,7 %

				Naiset			
				Korotustarve suhteessa E87:n mukaiseen maksuun			
ikä x	ikä w	ikä w'		elinkorossa kuolevuus on p% mallista			
				p=100 %	p=90 %	p=80 %	p=50 %
	50	58	65	-1,1 %	-0,9 %	-0,6 %	0,2 %
	50	65	80	-2,6 %	-1,6 %	-0,6 %	2,6 %
	50	65	100	-3,2 %	-0,9 %	1,5 %	10,0 %

Miehillä vakuutusmaksua tulisi korottaa taulukon mukaisessa elinikäisessä eläkkeessä käytetystä kuolleisuudesta riippumatta. Korotus vaihtelee 2,2 %:sta 27,7 %:iin. Taulukon mukaisissa miesten määräaikaisissa, ikäväleille 58-65 vuotta otetuissa, eläkkeissä maksua tulisi korottaa mikäli vakuutettujen kuolleisuus olisi 60 % tai vähemmän mallinnetusta kuolleisuudesta. Ikävälille 65-80 otetun eläkevakuutuksen maksua tulisi korottaa mikäli kuolleisuus on alle 88 % mallinnetusta kuolleisuudesta. Naisilla maksujen korotuspaineet ovat huomattavasti pienemmät, kuten aikaisemmissa luvuissa jo on todettu. Mikäli naisvakuutettujen kuolleisuus on vähintään 87 % mallinnetusta kuolleisuudesta, ei korotuksiin ole tarvetta missään taulukon mukaisessa eläkevakuutuksessa.

6. Henkikuolleisuudesta eläkekuolleisuuteen

Vapaaehtoisessa eläkevakuutuksessa käytössä oleva kuolleisuus saadaan henkivakuutuksen kuolleisuudesta ikäsiirtojen avulla. Henkivakuutuksen kuolleisuutta muutetaan noin 15 vuoden välein vastaamaan paremmin tervehtyneen vakuutuskannan kuolleisuutta. Myös voimassaolevat henkivakuutukset, joissa on positiivinen riskisumma voidaan muuttaa alennettua kuolleisuutta vastaavaksi, koska kuolleisuuden pienentäminen alentaa vakuutuksenottajan vakuutusmaksua. Sen sijaan vakuutuksissa, jotka ovat otettu vakuutetun elämisenvaralta, erityisesti eläkevakuutuksissa, alennetun kuolleisuuden käyttöönotto ei ole ongelmattonta. Tällöin vapaaehtoisen eläkevakuutuksen kuolleisuutta valittaessa tulisi pyrkiä siihen, että kuolleisuus pysyisi turvaavana koko vakuutusten elinkaaren ajan. Toisaalta kohtuullisuuden nimissä kuolleisuutta ei aivan nollaankaan saisi alentaa. Ongelmaksi muodostuu se, että tänä vuonna 20-vuotiaan henkilön kuolleisuus on iässä 70 vuotta luultavasti huomattavasti nykyisten 70-vuotiaiden kuolleisuutta alempi. Jotta kuolleisuus olisi nykyisille 20-vuotiaille turvaava koko vakuutuksen elinkaaren ajan ja jotta kuolleisuus olisi myös kohtuullinen nykyisille 70-vuotiaille, täytyy kuolleisuutta laskettaessa huomioida vakuutetun iän ja sukupuolen lisäksi myös vakuutetun syntymävuosi. Tässä kappaleessa on tarkoitus

löytää väestötilastoista ja tulevaisuuteen mallinnetusta kappaleen 2.2 kuolleisuudesta vaaditunlainen Makehamin kuolleisuus eläkekuolleisuudeksi.

Ensiksi etsitään muotoa $a + e^{b+cx}$ oleva pns-estimaatti vuoden 1996 väestötilaston havaitulle kuolleisuudelle ikävälille 20-80. Estimaatti saadaan laskettua Mathematica ohjelman käskyllä NonlinearFit. NonlinearFit iteroi Makehamin kuolleisuudessa olevat vakiot annetuista alkuarvoista lähtien. Pns-estimaatiksi saadaan miesten osalta

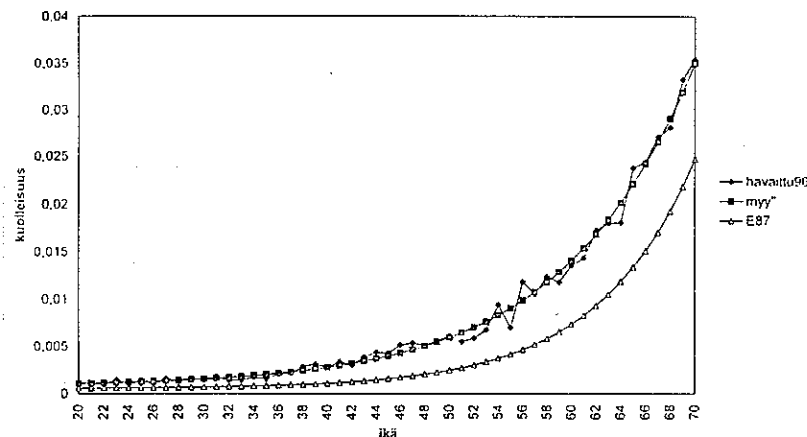
$$\mu'(x) = 0,000757 + e^{-9,983+0,0944 \cdot x} \approx 0,000757 + e^{0,0944 \cdot (x-105,75)}$$

Ikäväliä 0-19 ei ole tässä kuolleisuudessa pyritty estimoimaan koska ko. ikävälillä ei ole eläkevakuutuksessa merkitystä. Sen sijaan ikävälille 81-100 kuolleisuus μ' antaa liian suuria arvoja. Tästä johtuen kuolleisuuden kasvua joudutaan "vaimentamaan" korkeissa i'issä. Tällöin lopulliseksi vuoden 1996 aineiston perusteella estimoiduksi miesten kuolleisuudeksi saadaan

$$\mu''(x) = 0,000757 + e^{0,0944 \cdot (x-105,75)} \cdot e^{-0,02 \cdot (x-80)^+}$$

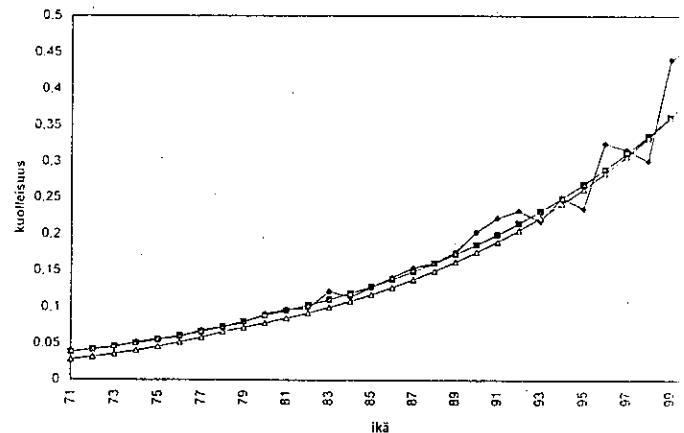
Alla olevissa kuvissa on kuvattu vuoden 96 havaittua, laskuperusteiden ja yllä olevan kuolleisuuden μ'' mukaista kuolleisuutta.

Miesten kuolleisuus ikävälillä 20-70



Kuva 15. Miesten havaittu kuolleisuus vuodelta 1996 sekä laskuperusteiden mukainen että μ'' :n mukainen kuolleisuus ikävälillä 20-70 vuotta.

Miesten kuolleisuus ikävälillä 71-100



Kuva 16. Miesten havaittu kuolleisuus vuodelta 1996 sekä laskuperusteiden mukainen että μ'' :n mukainen kuolleisuus ikävälillä 71-100 vuotta.

Kuolleisuus μ'' ei kuitenkaan poista laskuperusteiden mukaisessa kuolleisuudessa μ olevia ongelmia, sillä kuolleisuus μ'' ei huomioi mitenkään syntymävuotta. Tästä johtuen tehdään kuolleisuuteen μ'' syntymävuodesta riippuvat ikäsiirrot, joiden avulla saadaan kuolleisuuteen turvaavuutta sekä nyt että myös tulevaisuudessa. Miesten osalta ikäsiirrot k ovat seuraavat:

$$k = \begin{cases} -2, & \text{jos syntymävuosi} \leq 1929 \\ -3, & \text{jos } 1930 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1939 \\ -4, & \text{jos } 1940 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1949 \\ -6, & \text{jos } 1950 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1959 \\ -8, & \text{jos } 1960 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1969 \\ -10, & \text{jos } 1970 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1979 \end{cases}$$

Tällöin kuolleisuus on muotoa

$$\mu_2(x) = 0,000757 + e^{0,0944(x+k-105,75)} \cdot e^{-0,02(x-(80+k))^+},$$

missä laskuperusteiden mukaisesta kuolleisuudesta poiketen ikäsiirto k aiheuttaa ”vaimennus”-termissä sen, että vaimennustermi loiventaa kuolleisuuden kasvua sitä nuoremasta iästä alkaen mitä suurempi on ikäsiirto.

Yllä olevat ikäsiirrot on valittu s.e. kuolleisuus μ_2 olisi kohtuullinen eikä nousisi missään vaiheessa millään sukupolvella oleellisesti kappaleessa 2.2.1 mallinnettua kuolleisuutta suuremmaksi. Alla olevissa taulukoissa on laskettu eri ikäisille ja eri vuosikymmeninä syntyneille miehille kuolleisuuden μ_2 suhde kappaleessa 2.2.1 mal-

linnettuun kuolleisuuteen. Toisin sanoen taulukossa oleva luku on $\frac{\mu_2(x,k)}{q(x,v+x)}$, missä

v on vakuutetun syntymävuosi. Vertailun vuoksi taulukossa on myös laskuperusteiden mukaisen kuolleisuuden suhde mallinnettuun kuolleisuuteen.

syntymä- vuosi v	ikä	myy_2/malli	E87/malli
1921	75	82 %	81 %
1931	65	74 %	58 %
1941	55	72 %	46 %
1951	45	63 %	38 %
1961	35	66 %	41 %
1971	25	77 %	51 %
1921	85	93 %	107 %
1931	75	87 %	95 %
1941	65	83 %	72 %
1951	55	79 %	60 %
1961	45	67 %	46 %
1971	35	67 %	45 %
1921	95	111 %	136 %
1931	85	95 %	122 %
1941	75	93 %	112 %
1951	65	86 %	89 %
1961	55	87 %	77 %
1971	45	71 %	55 %
1931	95	111 %	152 %
1941	85	97 %	140 %
1951	75	89 %	131 %
1961	65	89 %	110 %
1971	55	96 %	100 %
1941	95	111 %	171 %
1951	85	89 %	160 %
1961	75	84 %	154 %
1971	65	92 %	136 %

Taulukosta nähdään, että ikäsiirrot eivät tee kuolleisuudesta μ_2 kohtuuttoman turvaavaa vuonna 1996. Pienimmilläänkin μ_2 on 63 % mallinnetusta kuolleisuudesta, kun laskuperusteiden mukainen kuolleisuus on pienimmillään 38 % mallinnetusta kuolleisuudesta. Ajan kuluessa μ_2 säilyttää turvaavuutensa mallinnettuun kuolleisuuteen nähden kaikissa muissa taulukon i'issä paitsi iässä 95 vuotta. Sen sijaan laskuperusteiden mukainen kuolleisuus muuttuu ajan kuluessa ja väestön tervehtyessä selkeästi eiturvaavaksi kaikissa ikäluokissa.

Vastaavalla tavalla laskien saadaan naisten kuolleisuudeksi

$$\mu_2^N(x) = 0,000601 + e^{0,125(x+k-103)} \cdot e^{-0,03(x-(83+k))^+},$$

missä ikäsiirto k saa arvot

$$k = \begin{cases} -3, & \text{jos syntymävuosi} \leq 1929 \\ -4, & \text{jos } 1930 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1939 \\ -5, & \text{jos } 1940 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1949 \\ -6, & \text{jos } 1950 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1959 \\ -7, & \text{jos } 1960 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1969 \\ -8, & \text{jos } 1970 \leq \text{syntymävuosi} \leq 1979 \end{cases}$$

Alla olevassa taulukossa on yllä olevaa miesten taulukkoa vastaavat kuolleisuuksien μ_2^N ja μ suhteet mallinnettuun kuolleisuuteen nähden naisten osalta.

syntymä- vuosi v	ikä	myy_2/malli	E87/malli
1921	75	69 %	50 %
1931	65	62 %	50 %
1941	55	54 %	48 %
1951	45	57 %	54 %
1921	85	77 %	66 %
1931	75	76 %	62 %
1941	65	68 %	61 %
1951	55	59 %	57 %
1961	45	61 %	60 %
1921	95	90 %	74 %
1931	85	79 %	78 %
1941	75	83 %	77 %
1951	65	75 %	76 %
1961	55	65 %	69 %
1971	45	65 %	66 %
1931	95	87 %	82 %
1941	85	80 %	93 %
1951	75	92 %	95 %
1961	65	83 %	94 %
1971	55	72 %	82 %
1941	95	83 %	92 %
1951	85	82 %	111 %
1961	75	101 %	118 %
1971	65	92 %	116 %

Taulukosta nähdään, että naisilla kuolleisuuksien μ_2^N ja μ erot eivät ole niin merkittävät kuin miehillä. Tämä johtuu siitä, että naisilla laskuperusteiden mukainen kuolleisuus on valittu turvaavammin kuin miehillä ja naisten kuolleisuus ei mallinnetun kuolleisuuden perusteella alene yhtä voimakkaasti kuin miesten kuolleisuus.

Yllä olevat kuolleisuudet johtavat siihen, että eri vuosikymmeninä syntyneillä asiakkailla on erisuuret vakuutusmaksut. Myöhemmin syntyneillä ikäluokilla ikäsiirrot ovat suuremmat, joten heidän vakuutusmaksut ovat suuremmat kuin aikaisemmin syntyneillä ikäluokilla. Alla oleviin taulukoihin on laskettu esimerkkejä vakuutusmaksuista eri vuosikymmeninä syntyneille vakuutetuille. Taulukossa oleva vakuutusmaksu on iästä x ikään w maksettava etukäteinen vuosimaksu, joka oikeuttaa 1.000 markan etukäteen vuosittain maksettavaan eläkkeeseen iästä w ikään w' . Taulukossa oleva vuosimaksu saadaan kaavasta

$$P = 1.000 \cdot \frac{D_w(\mu_2)}{D_x(\mu_2)} \cdot \frac{\ddot{a}_{w:w'}(\mu_2)}{\ddot{a}_{x:w}(\mu_2)}$$

alkuikä x	eläkeikä w	loppuikä w'	syntymävuosi- sikymmen	Miehet vuosimaksu P	Naiset vuosimaksu P
30	58	65	1920 tai alle	96,90	105,10
30	58	65	1930	97,80	105,40
30	58	65	1940	98,70	105,70
30	58	65	1950	100,10	106,00
30	58	65	1960	101,40	106,20
30	58	65	1970	102,40	106,40
50	65	80	1920 tai alle	391,80	464,00
50	65	80	1930	401,00	469,30
50	65	80	1940	409,60	474,10
50	65	80	1950	425,30	478,40
50	65	80	1960	439,10	482,20
50	65	80	1970	451,10	485,70
50	65 elinikäinen		1920 tai alle	474,30	614,00
50	65 elinikäinen		1930	494,00	634,30
50	65 elinikäinen		1940	513,80	654,30
50	65 elinikäinen		1950	553,20	674,00
50	65 elinikäinen		1960	592,00	693,10
50	65 elinikäinen		1970	629,50	711,50

Ikävälille 58-65 otetuissa eläkevakuutuksissa ikäsiirron merkitys ei ole kovin merkittävä. Vuosikymmenen vaihtuminen syntymävuodessa tietää naisilla alle 0,3 %:n ja miehillä alle 1,5 %:n maksujen kasvamisesta. Sen sijaan eläkeajan pidentyessä myös ikäsiirtojen merkitys kasvaa. Vuosikymmenen vaihtuminen syntymävuodessa taulukon elinikäisissä eläkkeissä saattaa tarkoittaa miehillä jopa yli 7 %:n korotusta vuosimaksuun. Naisillakin vastaava korotus voi olla yli 3 %. Toisaalta vakuutuksiin pääsääntöisesti liitettävä henkivakuutus tasoittaa vuosimaksujen vaihtelua eri ikäsiirtojen välillä. Mitä suurempi ikäsiirto on sitä kalliimpi on vanhuuseläkkeen maksu. Vastaavasti vakuutukseen liitettävä henkivakuutus on tällöin edullisempi.

7. Yhteenveto

Yksilölliset eläkevakuutus sopimukset ovat pitkäaikaisia. Sopimusten muuttaminen mm. kuolleisuuden pienentämisen osalta on vakuutus sopimuslain ja vakuutusyhtiö lain nojalla hankalaa. Tällä hetkellä samaa sukupuolta oleville vakuutetuille on kaikille käytössä sama kuolleisuusfunktio. Tämä tarkoittaa sitä, että tänä vuonna eläkevakuutus sopimuksen tehneen 20-vuotiaan miehen kuolleisuus on neljäkymmenen vuoden kuluttua sama kuin tälläkin hetkellä 60-vuotiaan miehen kuolleisuus. Mikäli väestön tervehtyminen jatkuu entisellään ja mikäli eläkevakuutettujen tervehtyminen seuraa väestön tervehtymistä, niin ko. 20-vuotiaiden miesten kuolleisuus on oleellisesti pienempi 40 vuoden kuluttua kuin tämän päivän 60-vuotiaiden miesten kuolleisuus. Koska voimassaoleviin sopimuksiin kuolleisuuden alentaminen on hankalaa, tulisi väestön tervehtymisestä johtuva kuolleisuuden aleneminen pyrkiä huomioimaan kuolleisuusfunktiossa. Koska kuolleisuuden tulisi olla turvaavan lisäksi myös kohtuullinen, tulisi kuolleisuuden huomioida iän ja sukupuolen lisäksi myös henkilön syntymävuosi. Mikäli syntymävuotta ei huomioida, muuttuu tällä hetkellä kohtuullinen kuolleisuus tulevaisuudessa ei-turvaavaksi ja jos taas pyritään löytämään tulevaisuudessakin turvaava kuolleisuus, tulee tälle päivälle ongelmia kuolleisuuden kohtuullisuusvaatimuksen kanssa.

Kirjallisuusluettelo

- [LC] Lee, R.D. ja Carter L.R. (1992): *Modelling and Forecasting U.S. Mortality. Journal of the American statistical association* Vol. 87.
- [PST] Pesonen M., Soininen P. Ja Tuominen T. (1994): *Henkivakuutusmatematiikka*. Helsingin yliopiston matematiikan laitoksen luentomuistiinpanoja.
- [V] Valkonen T., Martelin T. Ja Rimpelä A. (1990): *Eriarvoisuus kuoleman edessä. Sosioekonomiset kuolleisuuserot Suomessa 1971-1985*. Tilastokeskus tutkimus 172.