

Olli-Pekka Lehmussaari

Suomen Pankin kirjasto



0000077515 IVA5a Kirjasto: alaholvi  
SUOMEN PANKKI D  
Valuuttakurssiepävarmuus ja keskuspankin valuutta  
Suomen Pankki  
D:064 1987

# Valuuttakurssiepävarmuus ja keskuspankin valuuttavarannon sijoittaminen

Suomen Pankki

1987

D:64

Olli-Pekka Lehmussaari

# **Valuuttakurssiepävarmuus ja keskuspankin valuuttavarannon sijoittaminen**



## ESIPUHE

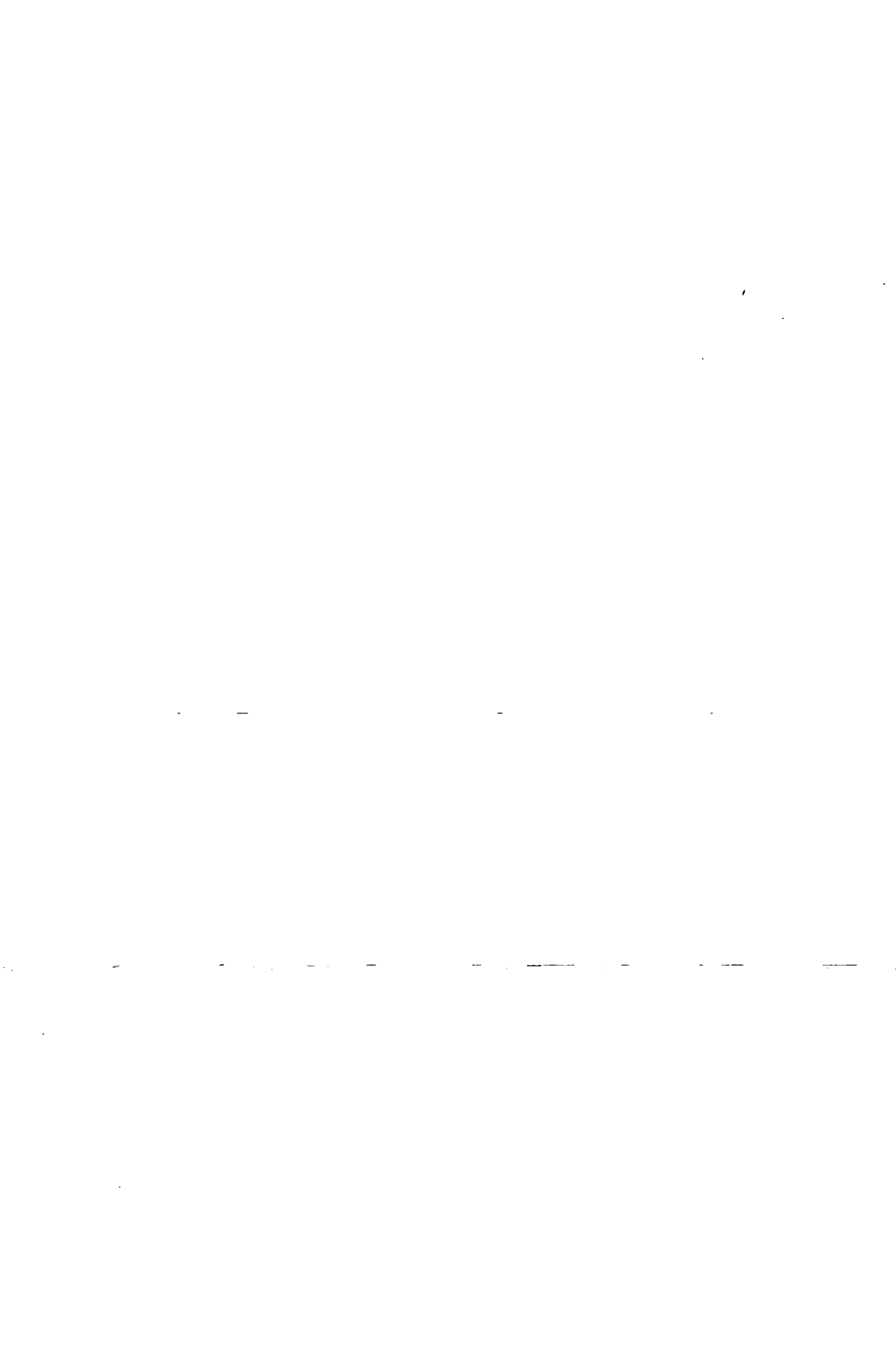
Kiinnostus tämän tutkimuksen aiheeseen juontuu vuodelta 1983, jolloin laadin Suomen Pankin valuuttapolitiikan osastolla suppean katsauksen valuuttavarannon sijoittamiseen liittyvistä näkökulmista. Käsillä oleva tutkimus perustuu suurelta osin Suomen Pankin tutkimusosastolla 1985 suoritettuun projektiin ja sittemmin Suomen Pankissa valuuttapolitiikan osastolla ja valuuttaosastolla muun työn ohessa suorittamiini täydennyksiin. Tutkimus on hyväksytty lisensiaatintyönä Helsingin yliopistossa lähes nyt julkaistavassa muodossa.

Kiitokseni haluan kohdistaa erityisesti tutkimusohjaaja Urho Lempiselle, jonka rakentavat kommentit edistivät tutkimukseni valmistumista ratkaisevasti. Osoitan kiitokseni myös Juhani Hirvoselle, Heikki Koskenkylälle, Juha Tarkalle ja Matti Virénille, joilta saamani neuvot olivat kannustavia. Tutkimuksen virallisista tarkastajista haluan kiittää professori Seppo Honkapohjaa. Lisäksi kiitän Ari Aaltosta lukuisista tietokoneajoista sekä Marita Castrénia ja Päivi Lindqvistiä tutkimukseni useiden versioiden konekirjoittamisesta.

Yrjö Jahnssonin säätiötä kiitän saamastani apurahasta.

Washington D.C:ssä heinäkuussa 1987

Olli-Pekka Lehmuksaari



SISÄLLYSLUETTELO

		SIVU
1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimuksen tausta ja tavoite	7
1.2	Tutkimuksen rakenne	11
2	KESKUSPANKIN VALUUTTAVARANNON SIOJITTAMISEN TALOUSTEOREETTISIA PERUSTEITA	13
2.1	Portfolioteorian keskeisimpiä kehityspiirteitä (keskiarvovarianssianalyysi)	13
2.2	Keskuspankin valuuttamääräisten sijoitusten kysyntä	16
2.2.1	Valuuttavaranto ja hintadynamiikka	18
2.2.2	Keskuspankin valintaongelma ja optimaalisuus	21
2.3	Jatkuvan ajan optimointiongelman suhde staattiseen keskiarvovarianssianalyysiin.	29
3	OPTIMAALINEN SIOJITUSPOLITIIKKA JA RAHAILLUUSIO	35
3.1	Rahailtuusion vaikutus valuuttaportfolion kompositioon	35
3.1.1	Nimellinen ja reaalin tehokkaiden valuuttaportfoli- oiden ura	37
3.1.2	Reaalituottojen mittaaminen	44
3.2	Valuutan ostovoima, Kouri - Macedo-indeksi	46
4	EMPIIRISIÄ TULOKSIA	49
4.1	Portfolioteorian empiirisiä ongelmia	49
4.2	Valuuttakurssien odotushypoteesien testaus	56
4.2.1	Terminikurssiennuste	60
4.2.2	Random walk -hypoteesi	73
4.2.3	Korkopariteetti (avoin)	79
4.2.4	ARIMA-ennuste	85
5	PORTFOLIOSTRATEGIOIDEN TEHOKKUUS	94
5.1	Valuuttadiversifointi kelluvien valuuttakurssien ai- kana	94
5.2	Aitojen sijoitussääntöjen operationaalinen suoritus- kyky	104
5.3	Portfolioiden operationaalinen voima naiveihin sijoit- tussääntöihin verattuna	113

YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	121
KIRJALLISUUSLUETTELO	125
LIITTEET	137
SUMMARY	163

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoite

Kansainvälinen valuuttajärjestelmä<sup>1</sup> muuttui tuntuvasti vuosina 1971-1973, kun toisen maailmansodan jälkeen voimassa olleesta nk. Bretton Woodsin kiinteiden mutta sopeutettavissa olevien pariarvojen valuuttajärjestelmästä<sup>2</sup> luovuttiin ja valuuttakurssien annettiin määräytyä vapaammin kysynnän ja tarjonnan mukaan.

Pariarvojärjestelmässä, jossa valuuttojen perusarvot ilmaistiin kullana, päivittäisten valuuttakurssien sallittiin vaihdella hyvin ahtaissa rajoissa.<sup>3</sup> Keskuspankkien tehtävänä oli valuuttainterventioiden sekä valuutansäännöstelyn keinoin huolehtia valuuttojen pariarvoista. Valuuttojen suhteellisia hintoja voitiin kuitenkin aika ajoin muuttaa niissä tapauksissa, joissa maan vaihtotase oli "perustavaa laatua olevassa tasapainottomuustilassa". Bretton Woods -aikakauden valuuttakurssien käyttäytymistä voidaankin luonnehtia suurehkojen aika ajoin toteutettujen yksittäisten valuuttojen devalvaatioiden ja vähäisten revalvaatioiden ajanjaksoksi.

1960-luvun loppupuolella ja 1970-luvun alussa kiinteäkurssijärjestelmä koki voimakkaita muutospaineita. Yhdysvaltojen ekspansiivisen talous-

---

<sup>1</sup>Kansainvälisen valuuttajärjestelmän kehityksestä ks. esim. Haaparanta (1984), Mars & Pekonen (1980), Salomon (1977) ja The International Monetary System: Forty Years After Bretton Woods (1984).

<sup>2</sup>Bretton Woodsissa vuonna 1944 neuvotellun sopimusartiklan pohjalta perustettiin mm. Kansainvälinen valuuttarahasto, jonka ensisijaiseksi tehtäväksi määritettiin vakaiden valuuttakurssien vaaliminen ja kansainvälisen rahoitusjärjestelmän luominen. Järjestön toiminta käynnistyi vuonna 1946. Suomi liittyi rahaston jäseneksi vuonna 1948.

<sup>3</sup>Valuuttojen dollarinoteeraukset saivat poiketa pariarvonsa molemmin puolin  $\pm 1$  prosenttia.



politiikan, suuren vaihtotasealijäämän ja dollarin erityisaseman (varantovaluutta) johdosta, dollareiden tarjonta kansainvälisillä rahoitusmarkkinoilla kasvoi merkittävästi. Koska kullan, joka oli dollarin ohella tärkein "reserviväline", tarjonta kansainvälisillä markkinoilla kasvoi vain marginaalisesti, luottamus Yhdysvaltojen takaamaan dollareiden ja kullan kiinteähintaiseen vaihdettavuuteen heikkeni vähitellen. Dollari irroitettiin kullasta elokuussa 1971. Epäluottamus dollariin huipentui dollarin ulkoisen arvon alentamiseen joulukuussa 1971 vajaalla kahdeksalla prosentilla. Devalvaation yhteydessä solmittiin myös ns. Smithsonian sopimus<sup>4</sup>, joka kuitenkin osoittautui varsin lyhytaikaiseksi rahajärjestelmäksi. Kasaantuneiden muutospaineiden johdosta dollari devalvoitiin uudelleen helmikuussa 1973, mikä käytännössä merkitsi kelluvien valuuttakurssien järjestelmään siirtymistä.<sup>5</sup>

Kelluvien valuuttakurssien aikakautena valuuttakurssien suuretkin muutokset ovat lisänneet huomattavasti päätöksentekoon liittyvää epävarmuutta ja siten luoneet uusia liike- ja kansantaloudellisia ongelmia. Ulkomaantoimintoihin liittyvää kurssiepävarmuutta on pyritty vähentämään uusien finanssi-instrumenttien avulla. Tunnetuimpia näistä lienevät termiini-, futuuri- ja optiosopimukset, joiden välityksellä valuuttakurssiriski voidaan siirtää sopimuksetekijältä toiselle osapuolelle tietyn hintamekanismin avulla. Nyttemmin yritykset ja yhteisöt ovat vähentäneet kurssiriskejä myös tehostamalla voimakkaasti valuuttahallintoa.

---

<sup>4</sup>Sopimusta on luonnehdittu keskuskurssijärjestelmäksi, jossa pariarvojen vaihtelurajat olivat  $\pm 2 \frac{1}{4}$  %.

<sup>5</sup>Kanadan dollari kellui jo toukokuusta 1970 ja Englannin punta vuoden 1972 kesäkuusta (ks. esim. Shafer & Loopesko 1983). Uudessa tilanteessa eri maiden keskuspankit joutuivat valitsemaan vaihtoehtoisten valuuttajärjestelmien väliltä. Niiden oli joko annettava valuuttansa kellua tai kytkettävä valuuttansa arvon kehitys jonkun yksittäisen valuutan tai valuuttakorin kehitykseen. Omaksutut valuuttakurssijärjestelyt vahvistettiin muodollisesti valuuttarahaston toisen sääntöuudistuksen yhteydessä 1.4.1978.

Lisääntynyt valuuttakurssiepävarmuus on heijastunut myös valtioiden ulkomaisen velan ja keskuspankkien valuuttavarantojen hoitoon. Perinteisissä rahoituksen teorian teoreettisissa ja empiirisissä tutkimuksissa valtion ja keskuspankin kohtaama kurssiepävarmuus on kuitenkin lähes täysin sivuutettu, vaikka julkisessa sektorissa avoimet valuuttapositionot ovat suuruudeltaan useimmiten huomattavasti suurempia kuin traditionaalisissa tutkimuksissa käsiteltyjen yritysten tai kansallisten sijoittajien.<sup>6</sup>

Pohjoismaissa, Tanskaa lukuunottamatta valuuttakurssien noteeraukset perustuvat indeksiteknikkaan.<sup>7</sup> Tämän johdosta talouden kohtaama valuuttakurssiepävarmuus voidaan dekomponoida toisaalta kansainvälisten kurssiheilahtelujen ja toisaalta valuuttaindeksin muutosten avulla. Kansainvälisten kurssiheilahtelujen osalta valuuttakurssiriskit voidaan eliminoida diversifioimalla ulkomaan rahan määräiset saatavat tai velat valuuttaindeksin painojen mukaisessa suhteessa, mikä on kuitenkin järkevää ainoastaan tapauksessa, jossa taloudenpitäjän preferenssit on määritelty nimellisin Suomen markoissa ilmaistuin termein. Valuuttaindeksin pisteluvun vaihteluiden synnyttämää kurssiepävarmuutta diversifiointi ei kuitenkaan poista. Valuuttaindeksin muutoksia vastaan taloudenpitäjä voi suojautua esimerkiksi terminimarkkinoilla.

Käytännössä valuuttaindeksin painojen mukainen diversifiointi on useimmiten mahdotonta indeksissä mukana olevien valuuttojen suuren lukumäärän johdosta. Niinpä esimerkiksi Suomessa yritykset ovat pyrkineet konstruoimaan suppeampia valuuttakoreja, joiden käyttäytyminen noudattaa mahdollisimman paljon virallista valuuttaindeksiä.

Keskuspankin mahdollisuudet suojautua valuuttakurssiriskeiltä poikkeavat jossain määrin muiden taloussubjektien keinoista. Tehtäviensä joh-

---

<sup>6</sup>Rahoituksen teoriassa tarkastelunäkökulmaksi on useimmiten valittu sijoittajan näkökulma, vaikka tutkimusmetodia (esim. portfolioteoria) voidaan yhtä hyvin soveltaa yrityksen ja julkisen sektorin velkaportfolioiden tarkasteluun.

<sup>7</sup>Suomen valuuttajärjestelmästä ks. esim. Nars & Pekonen 1980 ja Puro 1984.

dosta keskuspankki ei mm. valuuttakurssien muutosodotustilanteissa voi siirtää valuuttapositioneja muille markkinaosapuolille esimerkiksi termiinimarkkinoiden välityksellä. Tästä seuraa, että keskuspankin näkökulmasta kurssiepävarmuuden hallinta rajoittuu ensisijassa valuuttojen nettoposition järkevään allokointiin.

Vaikka eri maiden valuuttavarantojen koostumuksista ei ole olemassa julkisia yksityiskohtaisia tilastoja, keskuspankkien tiedetään viime vuosien kuluessa diversifioineen valuuttasaataviaan huomattavasti aktiivisemmin kuin 1960-luvulla ja 1970-luvun alkuvuosina (ks. esim. Heller & Knight 1978 ja Mendelsohn 1982). Erityisesti varantojen dollariosuus on pienentynyt. Halukkuus varantojen diversifioimiseen on näkynyt myös Kansainvälisen valuuttarahaston pyrkimyksenä luoda toimiva nk. substituuttilijärjestelmä, jonka avulla rahaston jäsenet voisivat vaihtaa dollarisataviaan SDR-määräisiksi saataviksi (ks. Ben-Bassat 1982, Kenen 1983 ja Polak 1979). Suunnitelmia ei kuitenkaan voitu toteuttaa, vaikka ne otettiin pariin kertaan esille rahastossa 1970-luvulla.

Tämän tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on tutkia kansainvälisen rahajärjestelmän riskejä keskuspankin valuuttavarannon sijoittamispäätösten näkökulmasta. Analyysissä pyritään lähinnä selvittämään, kuinka keskuspankin preferenssit huomioon ottaen valuuttavarannon valuuttajakauma tulisi määrittää. Koska käytännön sijoitustoiminnan kannalta kansainväliset pääomamarkkinat ovat riittävän likvidit ainoastaan viiden päävaluutan osalta, rajoitetaan analyysi neljän ja viiden valuutan sijoitussalkkujen tarkasteluun. Tämän seurauksena diversifiointi valuuttaindeksin painojen suhteessa ei, triviaaliratkaisuna, ole mielenkiintoinen. Lisäksi vaihtoehtoisia sijoituskohteita tietyssä valuutassa ei oteta huomioon ja sijoitusten maturiteettijakaumaan liittyvät ongelmat sivuutetaan.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup>Vaikka käytännössä päävaluutoissa useat sijoituspaperit ovat erittäin likvidejä, liittyy maturiteetiltaan pitempiaikaisiin sijoituskoh-teisiin aina suurempi korkoriski.

Metodologisesta näkökulmasta tutkimusta voidaan ensisijassa luonnehtia normaalitieteeksi. Analyysin tarkoituksena ei ole asettaa rahoituksen teoriassa vallitsevaa paradigmaa kyseenalaiseksi, vaan soveltaa paradigman antamia tuloksia tutkimusongelman ratkaisussa.

## 1.2 Tutkimuksen rakenne

Luontevin tarkastelukehikko optimaalisen valuuttavarannon sijoituspolitiikan määrittämiseksi on portfolioteoria, jonka avulla sijoitustoiminnan tavoitteet voidaan pelkistetysti kuvata. Varsinaiset sijoitussääntöjen ratkaisut sekä eri politiikkavaihtoehtojen vertailut on suoritettava matemaattisen optimoinnin avulla.

Portfolioteoriaan pohjautuvan kansantaloustieteellisen tutkimuksen ensisijaisena motiivina on ollut rahoitusvaateiden hintateorian kehittäminen sekä vaihtoehtoisten finanssivaateiden rationaalisten kysyntämallien määrittäminen. Koska keskuspankin valuuttavarannon sijoitusongelmaa, kuten päätöksenteko-ongelmia kansantaloustieteessä yleensäkin, voidaan tarkastella yhtäältä dynaamisessa kehikossa ja toisaalta klassisen, staattisen portfolio-optimoinnin keinoin, esitetään tutkimuksen teoreettisessa osassa näiden kahden lähestymistavan avulla johdetut tulokset molempien vaihtoehtojen taustaolettamukset huomioon ottaen.

Tutkimusongelman selvittämiseksi tarvittavan tarkastelukehikon rakentaminen sekä tutkimusongelman teoreettisten perusteiden selvittäminen muodostavat pääosan luvun 2 sisällöstä. Luvun alussa tarkastellaan keskuspankin valuuttavarannon sijoitusongelmaa jatkuvan ajan intertemporaalisen portfolion sopeuttamismallin avulla. Keskuspankin oletetaan maksimoivan tavoitefunktion odotettua arvoa yli ajan, kun varannon arvo jokaisella päätöksentekohetkellä on annettu. Päätöksenteko-ongelmana on sijoittaa valuuttavaranto ulkomaisiin vaihtoehtoisiin finanssisaataviin siten, että asetettu tavoite toteutuisi parhaalla mahdollisella tavalla sijoitussääntöihin liittyvät epävarmuustekijät huomioon ottaen.

Ennen sijoituskohteiden varsinaisten kysyntäyhtälöiden johtamista arvioidaan valuuttavarannon ja sijoitusten tuoton dynamiikkaan vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi luvussa pohditaan valuuttakurssien kehitystä kuvaavan stationaarisuusoletuksen merkitystä sijoituspolitiikan kannalta ja johdetaan eksplisiittiset kysyntäyhtälöt kahden sijoituskohteen tapauksessa.

Luvun lopussa tarkastellaan klassisen portfolioanalyysin avulla johdettuja rahoitusvaateiden kysyntäyhtälöitä ja esitetään analyysin taustalla olevat oletukset sekä osoitetaan, että tiettyjen oletusten voimassa ollessa jatkuvan ajan stokastisen optimoinnin avulla johdetut kysyntäyhtälöt palautuvat klassisen portfolioteorian avulla johdettuihin vastaaviin yhtälöihin.

Luvussa kolme analysoidaan rahailluusion merkitystä optimaalisen päätöksenteon kannalta ja osoitetaan, että reaali-termin määritetyt preferenssit huomioon ottava tehokas kokonaisvaluuttapositio voidaan muodostaa nimellisen ja nk. suojautumisportfolion avulla. Lisäksi analysoidaan reaalitytuottojen mittausongelmia sekä esitetään eräs valuuttojen reaalista ostovoimaa kuvaava ja kansainvälisen rahoituksen kirjallisuudessa hyvin tunnettu nk. Kouri - Macedo-indeksi.

Tutkimuksen empiirisessä osassa kohdistetaan mielenkiinto portfolio-teorian antamien teoreettisten tulosten operationalisointiin keskuspankin näkökulmasta. Vaikka useimmissa portfolioteorian empiirisissä sovellutuksissa on tyydytty sijoitustoiminnan tehokkuuden ex post analysointiin, tarkastellaan tässä tutkimuksessa teorian operationaalista voimaa aidoissa päätöksentekotilanteissa. Nämä tilanteet edellyttävät sijoittajalta subjektiivista näkemystä valuuttakurssien määräytymisestä, jota analysoidaan luvun alussa yksinkertaisten hypoteesien avulla. Empiirisen osan lopussa verrataan teorian avulla johdetun sijoituspolitiikan tuloksia tyypillisten naivien sijoitussääntöjen tuloksiin ja arvioidaan positioiden uudelleen allokoinnin tuottamia etuja nk. "buy and hold" -strategioihin. Luvussa kuusi tehdään yhteenveto saaduista tutkimustuloksista.

## 2 KESKUSPANKIN VALUUTTAVARANNON SJOITTAMISEN TALOUSTEOREETTISIA PERUSTEITA

Tämän luvun tavoitteena on tutkimusongelman selvittämiseksi tarvittavan tarkastelukehikon rakentaminen sekä tutkimuksen lähtökohdan teoreettisten perusteiden selvittäminen. Portfolioteorian kehitystä kuvaavan johdannon jälkeen luvun alussa analysoidaan valuuttavarannon sijoitusongelmaa keskuspankin näkökulmasta nk. jatkuvan ajan intertemporaalisen portfolion sopeuttamismallin avulla. Lisäksi tarkastellaan finanssisaatavien tuottojen dynamiikkaan vaikuttavia tekijöitä. Luvun lopussa arvioidaan saatuja tuloksia klassisen portfolioanalyysin keinoin.

### 2.1 Portfolioteorian keskeisimpiä kehityspiirteitä (keskiarvovariansianalyysi)

Portfolioteorian asema rahoituksen teoriassa ja kansantaloustieteen teoriassa yleensäkin on vakiintunut. Tyypillinen portfolioteoreettinen ongelma on, kuinka tietty varallisuus allokoidaan rationaalisesti n vaihtoehdoisen investointikohteen kesken. Toisin sanoen portfolioteoria, klassisessa muodossaan, liittyy läheisesti taloussubjektien rationaaliseen päätöksentekoon. Teorian kehittymistä voidaan tarkastella monesta näkökulmasta. Tämän tutkimuksen tavoitteen kannalta rajoitetaan seuraavassa luonnehtimaan portfolioteorian kehitystä lähinnä mikrotaloustieteen alueella, vaikka viime vuosien kuluessa portfolioteoriaa on sovellettu myös runsaasti kansainvälisen talouden makrotalousteorian analyysissa. Mainittakoon näistä tutkimuksista ainoastaan mm. Branson (1979), Dornbusch (1983a) ja Kouri & Porter (1974).

Portfolioteorian matemaattisen ja tilastollisen välineistön pioneeri-tutkija oli Markowitz (1952, 1959), jonka tutkimusten tavoitteena ei niinkään ollut luoda analyyttistä teoriakehikkoa, vaan pikemminkin nu-

meerinen menetelmä päätöksenteko-ongelman ratkaisemiseksi. Markowitz lieneekin ensimmäisenä osoittanut, että portfolion valinta keskiarvo-varianssilähestymistavassa on perimmiltään kvadraattinen optimointiongelma. Kuten kaikki klassiseen teoriaan kuuluvat portfoliotutkimukset, myös Markowitzin tutkimukset olivat luonteeltaan staattisia ja kansallisiin rahoitusmarkkinoihin keskittyviä.

Talousteorian kannalta analyttisemmän portfoliovalintatarkastelun esitti Tobin (1958), joka mm. osoitti, keynesiläisestä traditiosta poiketen, että yksittäisen taloudenpitäjän on rationaalista tietyissä olosuhteissa diversifioida varallisuutensa rahan ja korkoa tuottavan rahoitusvaateen kesken (konsoli).

Markowitzin ja Tobinin tutkimustulokset johtivat nopeasti tuotoiltaan epävarmojen rahoitusvaateiden hintateorian kehittymiseen. Nk. Sharpe (1964) ja Lintner (1965) hintamalleissa oletettiin, että sijoittajat ovat riskinkarttajia, sijoitusvaateiden tarjonta on eksogeeninen ja vaateiden lukumäärä "varsin" suuri. Mallien avulla mm. osoitettiin, että vaateiden odotettu tuotto voidaan esittää riskittömän sijoituskohteen tuoton ja nk. systemaattisen riskikomponentin avulla. Tästä mm. seurasi, että jos päätöksentekokohteena olevan riskillisen rahoitusvaateen tuoton korrelaatio nk. markkinaportfolion kanssa on vähäinen, tulee se helpommin otetuksi portfolioon (ceteris paribus) sen portfolion tuoton kokonaisvarianssia vähentävän vaikutuksen johdosta.<sup>1</sup>

Kansainvälisen talouden rahoitusteoria on suoraviivaisesti johdettu kansallisia markkinoita koskevasta teoriasta. Pääasiallinen ero kansallisiin rahoitusmarkkinoihin on, että kansainvälisessä tarkastelussa ei ole olemassa kaikkien sijoittajien kannalta riskitöntä rahoitusvaadetta, vaan valuuttakurssikehityksen epävarmuus aiheuttaa numerairemaan ulkopuolisten sijoituskohteiden tuottojen stokastisuuden. Tyypillinen piirre avoimen talouden rahoitusteorialle onkin, että mallittamisen yhteydessä kansainvälisten sijoittajien "osajoukot" on määritelt-

---

<sup>1</sup>Hyvän esityksen portfolioalgebrasta on kirjoittanut Szegö 1980.

tävä tietyin kriteerein.<sup>2</sup> Viime vuosien kuluessa tehdyissä teoreettisissa tutkimuksissa on usein omaksuttu käytäntö, jossa sijoittajat luokitellaan ryhmiin odotettuja reaalityttöjä laskettaessa käytettyjen hintadeflaattorien mukaan.

Reaalityttökäsitteen mukaanottoa analyysiin sekä jatkuvan ajan optimointitekniikan soveltamista voidaan pitää selvänä käännepiirteenä portfolioteorian kehityksessä. Solnikin (1973, 1974) tutkimuksissa, jotka edustavat uuden suunnan pioneeritöitä, molemmat edellä mainitut elementit olivat keskeinen osa avoimen talouden rahoitusmallia. Tutkimuksissaan Solnik mm. osoitti, että termiininteeraus on harhainen estimaattori tulevalle avistakurssille.

Alun perin Mertonin (1969, 1971, 1973)<sup>3</sup> kansallisten rahoitusmarkkinoiden analyysiin soveltama jatkuvan ajan metodi vapautti monet klassisen keskiarvovarianssiparadigman kiusalliset taustaolettamukset. Olisihan globaalisti kvadraattisten tai normaalisuusolettamukset täyttävien (reaali) tuottojakaumien motivointi käytännössä hankalaa. Keskeisimpinä avoimen talouden jatkuvan ajan intertemporaalisista tarkasteluista, Solnikin tutkimusten lisäksi, mainittakoon Breeden (1979), Grauer & Litzenberger & Stehle (1976), Hodrick (1981) ja Kouri (1977).

Portfolioteorian empiirinen kirjallisuus on laaja. Valtaosaa portfolioteorian sisältämistä hypoteeseista on pyritty testaamaan kansallisilla osakemarkkinoilla (ks. esim. Levy 1983 ja Kroll & Levy & Markowitz 1984). Ensimmäisen kansainvälistä diversifikaatiota analysoivan empiirisen tutkimuksen lienee suorittanut Grubel (1968). Viime vuosina tehdyistä tutkimuksista on syytä mainita vielä Levyn ja Sarnatin (1978) sekä Furstenbergin (1981) empiiriset analyysit, joiden motiivina on lähinnä ollut selvittää diversifoinnin merkitystä kurssiriskisuojaan ja tuottojen kohottamisen näkökulmasta.

---

<sup>2</sup>Näitä voivat olla esim. yhteinen valuutta, teknologia tai makutottumukset. Erinomaisen katsauksen kansainvälisen rahoitusteorian perusteisiin on esittänyt Adler & Dumas 1983.

<sup>3</sup>Myös Samuelson (1969) kiinnitti huomiota klassisen paradigman puutteisiin.



Useimpien portfolioteoriaan perustuvien empiiristen selvitysten heikkoutena on ollut niiden ex post luonne. Käytännössä sijoittaja kuitenkin muodostaa subjektiivisen näkemyksen tulevasta markkinakehityksestä kaiken käytettävissä olevan informaation avulla. Kuten Cuddington ja Gluck (1983) ovat huomauttaneet aitojen portfoliopäätösten tekeminen edellyttää sijoittajalta implisiittisesti tietyn odotusmekanismin käyttöä. Tämän tutkimuksen empiirisen osan eräänä keskeisenä tavoitteena on aitojen sijoituspäätösten formulointi keskuspankin kannalta ja niiden toimivuuden testaaminen käytännössä.

## 2.2 Keskuspankin valuuttamääräisten sijoitusten kysyntä

Valuuttavarannon optimaalisen sijoittamisen talousteoreettisia perusteita voidaan luontevasti tarkastella Mertonin esittämän jatkuvan ajan intertemporaalisen optimointiongelman avulla, joka palautuu tiettyjen oletusten vallitessa, joihin palataan myöhemmin, klassiseen Markowitzin ja Tobinin esittämään staattiseen keskiarvovarianssianalyysiin (ks. Merton 1969, 1971, 1973, Markowitz 1959, Tobin 1958).<sup>4</sup>

Jatkuvan ajan intertemporaalisen portfolion sopeuttamismallin valintaa keskuspankin valuuttavarannon sijoittamisongelman analyysissä klassiseen lähestymistavan sijasta voi perustella ensinnäkin sillä, että vaihtoehtoisten finanssivaateiden kysyntäyhtälöiden johtaminen ei edellytä yksityiskohtaisia oletuksia tavoitefunktion muodosta tai finanssivaateiden tuottojen jakaumasta. Keskuspankin oletetaan ainoastaan käyttäytyvän epävarmuuden vallitessa kuten riskinkarttaja, mikä lienee useimpien taloussubjektien taloudellista käyttäytymistä kuvaava varsin kohtuullinen hypoteesi. Onhan esimerkiksi erilaisten vakuutuksien ostaminen hyvä osoitus riskin karttamisen olemassaolosta ja erityisesti käsillä olevan tutkimusongelman kannalta olisi oletttamus riskin rakastamisesta tai riskineutraalisuudesta vaikeasti motivoitavissa

---

<sup>4</sup>Mm. Fama & Farber (1979), Fisher (1975) ja Poncet (1983) ovat käyttäneet Mertonin esitystapaa kansallisten pääomamarkkinoiden analyysissä.

keskuspankin osalta. Voidaan myös ajatella, että keskuspankki maksimoi yhteiskunnallisen hyvinvointifunktion arvoa, jolloin hyötyfunktio voidaan määritellä edustavan agentin hyötyfunktioiksi. Riskin karttamisesta mm. seuraa että keskuspankin tavoitefunktion muoto on konkaavi. Toiseksi, jatkuvan ajan lähestymistavassa keskuspankilla on mahdollisuus sopeuttaa valuuttasalkun koostumusta jatkuvasti eikä sijoitusten maturiteeteista tarvitse a priori tehdä rajoittavia oletuksia, kuten klassisessa portfolioanalyysissä.

Vaikka Mertonin esittämää tarkastelukulmaa on alun perin sovellettu kansallisiin rahoitusmarkkinoihin, ovat mm. Kouri, Macedo ja Solnik soveltaneet jatkuvan ajan analyysia myös kansainvälisiin pääoma- ja valuuttamarkkinoihin (ks. Kouri 1977, Kouri & Macedo 1978, Macedo 1982, 1983, Solnik 1974). Ennen jatkuvan ajan intertemporaalisessa analyysissä keskeisen varantodynamiikan sekä analyysin tavoitteeksi asetettujen vaihtoehtoisten sijoituskohteiden kysyntäyhtälöiden johtamista on välttämätöntä tehdä muutama mm. Solnikin (1974) esille ottama keskuspankin toimintaympäristöä täsmentävä oletus. Oletetaan, että

- a) kansainväliset pääoma- ja valuuttamarkkinat ovat täydellisesti integroituneet, eikä markkinoilla toimimiseen liity transaktiokustannuksia eikä veroja. Valuutansäännöstelyä ei ole ja hinnat on sijoittajille annettu,
- b) lyhyet positiot ovat sallittuja,<sup>5</sup>
- c) sijoitusportfoliota voi sopeuttaa jatkuvasti ajassa,
- d) valuuttakurssien kehitys voidaan kuvata jatkuvan ajan stokastisena prosessina.

Ensimmäiset kaksi oletusta ovat tavanomaisia täydellisten rahoitusmarkkinoiden oletuksia, joiden merkitystä on tarkastellut laajasti mm.

---

<sup>5</sup>Lyhyellä positioilla tarkoitetaan tässä yhteydessä velkaantumista tietyssä valuutassa.

Fama (1970). Kolmas oletus seuraa ensimmäisestä oletuksesta, koska transaktio- tai muilla kustannuksilla ei ole merkitystä portfolion sopeuttamisen kannalta.<sup>6</sup> Viimeinen oletus, joka liittyy valuuttojen vaihtokurssien dynamiikkaan on keskeinen arvioitaessa jatkuvan ajan optimointimallin teoreettisten tulosten operationalisointia käytännön sijoituspolitiikan avuksi.

### 2.2.1 Valuuttavaranto- ja hintadynamiikka

Deterministisissä portfoliomalleissa budjettidynamiikan kuvaus on yleensä tavanomainen differentiaaliyhtälö. Epävarmuuden huomioon ottaminen satunnaismuuttujien avulla muuttaa kuitenkin myös budjettiyhtälön stokastiseksi differentiaaliyhtälöksi. Käsillä olevan tutkimuksen teoreettisen lähtökohdan kirkastamiseksi erityisesti keskuspankin jatkuvassa ajassa tapahtuvan avoimien positioiden sopeuttamisen kannalta, tarkastellaan seuraavassa budjettidynamiikkaa hiukan lähemmin yleisessä muodossa Mertonin (1969, 1971) esittämällä tavalla.<sup>7</sup> Keskuspankin valuuttavarannon liikeyhtälö määritellään myöhemmin luvussa 2.2.2. yksityiskohtaisesti.

Ajatellaan seuraavassa periodimallia, jossa ajanjaksojen pituus on  $h$ , ts. periodeja voidaan merkitä  $\dots t-h, t, t+h \dots$ . Käytetään merkintöjä:

$W(t)$  = varallisuus ajanjakson  $t$  alussa

$P_i(t)$  = rahoitusvaateen  $i$  hinta ajanjakson  $t$  alussa,  $i=1, \dots, n$ <sup>8</sup>

<sup>6</sup>Käytännössä näin myös tapahtuu esimerkiksi valuuttamarkkinoilla, joilla valuuttakauppoja voi tehdä vuorokauden ajankohdasta riippumatta.

<sup>7</sup>Yleinen tapa on johtaa budjettiyhtälö ensin diskreetissä muodossa ja antaa sen jälkeen ajanjakson pituuden lähestyä nollaa.

<sup>8</sup>Tässä vaiheessa rahoitusvaateen spesifioinnilla ei ole merkitystä. Käytännössä kansainvälisillä rahoitusmarkkinoilla esiintyvät sijoituskohteet ovat yleensä joko nk. diskonttopapereita tai kupongillisia papereita.

$N_i(t)$  = ajanjakson  $t$  aikana ostettujen vaateiden  $i$  lukumäärä  
 $C(t)$  = kulutuksen määrä aikayksikköä kohti ajanjakson  $t$  kuluessa.

Ajatellaan nyt, että ajanjakson  $t$  alkuun saavuttaessa sijoittajan koko varallisuus on finanssivaateissa, jotka on hankittu edellisellä ajanjaksolla  $t-h$  ja jotka arvostetaan ajanjakson  $t$  hintaan  $P_i(t)$ . Tällöin ajanjakson  $t$  alussa olevaa varallisuutta voidaan merkitä

$$(1) \quad W(t) = \sum_i N_i(t-h)P_i(t)$$

Jos oletetaan, että periodin  $t$  kulutuksen määrä  $C(t)h$  ja uusi portfolio  $N_i(t)$  valitaan simultaanisesti ja että kaikki transaktiot tehdään periodin  $t$  hinnoilla  $P_i(t)$ , saadaan periodin  $t$  päättyessä varallisuuden arvoksi

$$(2) \quad \sum_i N_i(t)P_i(t) = \sum_i [N_i(t-h)P_i(t)] - C(t)h,$$

josta edelleen viivästettyjen termien eliminoimiseksi varallisuusyhtälö voidaan kirjoittaa aikaistamalla yhdellä periodilla.

$$(3) \quad -C(t+h)h = \sum_i [N_i(t+h) - N_i(t)]P_i(t+h)$$

Jos nyt yhtälön (3) oikealle puolelle lisätään ja vähennetään  $\sum_i N_i(t+h)P_i(t)$  ja  $\sum_i N_i(t)P_i(t)$  sekä annetaan  $h$ :n lähestyä nollaa, saadaan<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup>Ts. esim.  $\lim_{h \rightarrow 0} N_i(t+h) - N_i(t) = dN_i(t)$  ja  $\lim_{h \rightarrow 0} C(t+h)h = C(t)dt$

$$(4) \quad -C(t)dt = \sum_i dN_i(t)dP_i(t) + \sum_i dN_i(t)P_i(t)$$

Kun varallisuusyhtälöä (1) niin ikään aikaistetaan yhdellä periodilla ja annetaan  $h:n$  lähestyä nolaa, päädytään

$$(5) \quad W(t) = \sum_i N_i(t)P_i(t)$$

Jatkuva-aikaisessa analyysissä joudutaan määrittämään jokin finanssi-vaateiden hintojen  $P_i(t)$  kehitystä ajassa kuvaava stokastinen prosessi. Tavanomainen oletus on, että vaateiden hinnat  $P_i(t)$  käyttäytyvät kuten nk. Ito-prosessit. Tällöin niiden differentiaalit voidaan kirjoittaa muotoon

$$(6) \quad dP_i = \mu_i P_i dt + \rho_i P_i dz_i \quad i = 1, \dots, n,$$

jossa  $\mu_i$  on hetkellinen odotusarvo  $P_i:n$  muutoksista aikayksikköä kohti,  $\rho_i^2 P_i:n$  muutoksen hetkellinen varianssi aikayksikköä kohti ja  $dz_i$  Ito differentiaali tavallisesta Gauss - Wiener-prosessista<sup>10</sup> (ks. esim. Cox & Miller 1970 s. 203 - 210, Merton 1971 s. 377).

Jos yhtälö (5) differentioidaan Iton lemmän avulla (ks. esim. Chow 1981 s. 274-276 ja Merton 1971 s. 375) ja otetaan huomioon yhtälö (4) sekä merkitään muita kuin pääomatuloja  $dy:llä$ , päädytään budjetin liikeyhtälöön

$$(7) \quad dW = \sum_i N_i(t)dP_i + dy - C(t)dt$$

Jos yhtälö (7) kerrotaan ja jaetaan  $P_i/W:lla$  ja merkitään  $w_i = P_i N_i/W$  sekä otetaan huomioon differentiaaliyhtälö (6), saadaan jatkotarkaste-

<sup>10</sup>Iton lemmalla tunnettua differentioimissääntöä käytetään funktioiden, joiden argumentteina on stokastisia muuttujia, differentiaaleja laskettaessa. Gauss - Wienerin stokastisen prosessin  $Z(t)$  ehdollinen tiheysfunktio ehdolla  $Z(t_0)$ , kun  $t > t_0$  on jakautunut  $N(\bar{Z}, t - t_0)$ .

tujen kannalta tärkeä budjettiyhtälö

$$(8) \quad dW = \sum_{i=1}^n w_i W_{\mu_i} dt - Cdt + dy + \sum_{i=1}^n w_i W_{\rho_i} dz$$

### 2.2.2 Keskuspankin valintaongelma ja optimaalisuus

Portfoliomalleissa analysoidaan yleensä tilannetta, jossa kuluttaja-investoija pyrkii maksimoimaan elinkaaren aikana saavutettavissa olevaa hyötyä, joka määritellään kulutuksen avulla. Optimoitioingelman reunaehtona on kuluttaja-investoijan varallisuus, jonka järkevä allokaatio määräytyy optimoinnin tuloksena. Jatkuva-aikaisessa analyysissä portfolio- ja kulutussäännöt voidaan ratkaista dynaamisen optimoinnin avulla.

Keskuspankin valuuttavarannon optimaalista sijoituspolitiikkaa arvioitaessa voidaan analyysin lähtökohtana käyttää rahoituksen teoriassa laajasti sovellettua intertemporaalista jatkuvan ajan portfoliomallia. Vaikka keskuspankin kulutus on jossain määrin vaikeammin spesifioitavissa kuin yksittäisen kuluttaja-investoijan, ei tällä ole optimaalisen diversifioinnin kannalta merkitystä. Tämä seuraa siitä, kuten myöhemmin osoitetaan, että kulutus päätös on optimaalista sijoituspäätöstä ajatellen separoituva.<sup>11</sup>

Ajatellaan nyt, että keskuspankin tulee jatkuvasti ja simultaanisesti tehdä valintoja valuuttavarannon käytöstä "kulutukseen" ja vaihtoehtoisin ulkomaan rahan määräisiin sijoituskohteisiin tilanteessa, jossa tulevat kulutusmahdollisuudet riippuvat yksinomaan suoritetujen sijoitusten toteutuneista tuotoista (ja luonnollisesti alkuvarallisuudesta). Edellä määritelty päätöstilanne voidaan kuvata jatkuvan ajan

---

<sup>11</sup>Koska valuuttavaranto käytetään viime kädessä tuonnin rahoittamiseen, voidaan keskuspankin "kulutus" haluttaessa määrittää tuontihyödykkeiden avulla.

stokastisena optimointiongelmana<sup>12</sup>

$$(9) \quad \max E_0 \int_0^T U[C(t), t] dt,$$

jossa  $U$  on aidosti konkaavi kulutuksen  $C(t)$  suhteen,  $E_0$  on ehdollinen odotusarvo-operaattori päätöksentekohetkellä saatavilla olevan informaation suhteen ja  $t$  viittaa aikaan.

Oletetaan lisäksi, että keskuspankilla on ulkomaanrahan määräisiä saatavia, joista se saa yhtäältä korkotuloja ja toisaalta pääomatuloja (tappioita) valuuttakurssien muutosten johdosta, sekä että jokaisessa maassa on olemassa vähintään yksi ko. maan omana valuuttana mitattu riskitön sijoituskohte  $A_i$  ( $i=1..n$ ).<sup>13</sup> Jos  $i$ :nnen maan omana valuuttana mitattua riskitöntä tuottoa merkitään  $R_i$ :llä voidaan tuoton dynamiikka kuvata:

$$(10) \quad \frac{dA_i}{A_i} = R_i dt$$

Jos  $i$ :nnen maan valuutan arvoa  $k$  maan valuutassa mitattuna merkitään  $S_{ik}$ :lla ja valuuttakurssien oletetaan käyttäytyvän ajassa kuten Ito-prosessit, voidaan valuuttakurssin suhteellista muutosta merkitä

<sup>12</sup>Kulutus- ja investointipäätösten separoituvuudesta seuraa, että nk. perintöfunktio voidaan yhtälössä (9) sivuuttaa ks. esim. Macedo 1983 s. 176.

<sup>13</sup>Tällainen sijoituskohte voi olla esim. aikatalletus, jonka korkotuottoon ei liity sijoitushetkellä epävarmuutta ko. maan valuuttana. Myös arvopaperit, jotka pidetään salkussa eräpäivään, ovat riskittömiä. Inflaatoriskiä ei tässä oteta huomioon.

$$(11) \quad \frac{dS_{ik}}{S_{ik}} = \alpha_{ik} dt + \zeta_{ik} dz_{ik}$$

jossa  $\alpha_{ik}$  on odotettu vaihtokurssin muutos ja  $\zeta_{ik}$  sen keskihajonta. Maahan  $i$  sijoitetun valuuttamääräisen tuoton dynamiikka  $k$  maan keskuspankin näkökulmasta voidaan silloin ilmaista stokastisten prosessien differentioimissäännön avulla seuraavasti

$$(12) \quad \frac{dZ_i^k}{Z_i^k} = \frac{d(S_{ik}A_i)}{S_{ik}A_i} = \frac{dS_{ik}}{S_{ik}} + \frac{dA_i}{A_i} + \frac{dS_{ik}dA_i}{S_{ik}A_i},$$

josta edelleen saadaan

$$(13) \quad \frac{dZ_i^k}{Z_i^k} = (R_i + \alpha_{ik})dt + \zeta_{ik} dz_{ik}$$

Jotta keskuspankin valuuttavarannon optimaalinen sijoitussääntö voitaisiin ratkaista, käytetään Mertonin (1971, 1973) yleistämää stokastisen dynaamisen ohjelmoinnin tekniikkaa ja merkitään lausekkeen (9) suurinta arvoa funktiolla<sup>14</sup>

$$(14) \quad J[W(t), Z(t), t] = \max_{(C, w)} E \int_t^T U[C(t), t] dt$$

Dynaamisten optimointiongelmiin ratkaisuisissa on käytetty nk. Bellmanin periaatetta. Periaatten mukaan (ks. esim. Dreyfus 1965, s. 8) voidaan formuloinnin (14) optimi kirjoittaa muotoon:

---

<sup>14</sup> $Z(t) = [Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_n(t)]$ .



$$(15) \quad J[W(t), Z(t), t] = \max_t E \left\{ \int_t^{t+h} U(C, s) ds + J[W(t+h), Z(t+h), t+h] \right\}$$

Jos yhtälössä (15) esiintyvää integraalia approksimoidaan pisteessä  $t$ <sup>15</sup> ja yhtälön molemmat puolet jaetaan  $h$ :lla, saadaan

$$(16) \quad \frac{J[W(t), Z(t), t]}{h} = \max_t E_t \left\{ U(C, t) + \frac{J[W(t+h), Z(t+h), t+h]}{h} \right\}$$

josta edelleen

$$(17) \quad 0 = U^*(C, t) + E_t \left[ \frac{J[W(t+h), Z(t+h), t+h]}{h} - \frac{J[W(t), Z(t), t]}{h} \right]$$

jossa \* viittaa optimiin. Lausekkeen (17) oikeanpuoleinen termi voidaan ratkaista stokastisten prosessien differentiaaligeneraattorin  $\mathcal{E}$  avulla.<sup>16</sup> Yhtälö (17) on tavanomaisen dynaamisen ohjelmoinnin optimi-ratkaisulle aina voimassa oleva tulos.

Kun oletetaan, että sijoittajan kaikki tulot generoituvat ainoastaan pääomatuloista, voidaan yleistä muotoa olevan budjettiyhtälön (8) termi  $dy$  merkitä nolllaksi. Jos lisäksi otetaan huomioon valuuttamääräisen sijoituksen tuoton dynamiikka  $k$  maan keskuspankin kannalta (ks. yhtälö (13)), voidaan budjettirajoitus kirjoittaa muotoon

<sup>15</sup>Toisin sanoen

$\int_t^{t+h} U(C, s) ds = U(C, t)h + \epsilon(h)$ , jossa  $\epsilon(h)$  jaettaessa  $h$ :lla lähestyy nolllaa, kun  $h \rightarrow 0$ .

<sup>16</sup>Toisin sanoen

$\lim_{h \rightarrow 0} E_t \left[ \frac{dJ}{h} \right] = \mathcal{E}(J)$ , joka voidaan laskea  $(1/dt)E_t(dJ)$  avulla,  $dJ$  saadaan Iton lemman avulla.

$$(18) \quad dW^k = \sum_i [W_i W(R_i + \alpha_{ik}) - C(t)] dt + \sum_i W_i W \zeta_{ik} dz_i$$

Lauseke (17) voidaan nyt ratkaista ottamalla huomioon budjettirajoite (18) sekä yhtälö (13), jolloin saadaan (nk. Hamilton - Jacobi - Bellman-yhtälö)<sup>17</sup>

$$(19) \quad 0 = \max\{U(C,t) + J_t + J_W [\sum_i W_i W(R_i + \alpha_{ik}) - C]\} \\ + \sum_i J_{Z_i} Z_i (R_i + \alpha_{ik}) + \frac{1}{2} J_{WW} \sum_i \sum_j \sigma_{ij} W_i W_j W^2 \\ + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j Z_i Z_j \sigma_{ij} J_{Z_i} Z_j + \sum_i \sum_j Z_i W_j W \sigma_{ij} J_{Z_i} W_j \}$$

jossa J:n alaindeksit viittaavat funktion J osittaisderivaattoihin ja  $\sigma_{ij}$  valuuttojen i ja j väliseen kovarianssiin.

Lagrangen tekniikan avulla voidaan (19) ratkaista side-ehdolla, että  $\sum_i W_i = 1$ . Ensimmäisen kertaluvun ehdot ovat:

$$(20) \quad L_C(C^*, w^*) = U_C(C,t) - J_W = 0$$

$$(21) \quad L_{W_k}(C^*, w^*) = -\lambda + J_W (R_i + \alpha_{ik}) W \\ + J_{WW} \sum_j \sigma_{kj} W_j^* W^2 + \sum_j J_{Z_j} W \sigma_{kj} Z_j W = 0$$

$$k = 1, \dots, n$$

$$(22) \quad L_\lambda(C^*, w^*) = 1 - \sum_j W_j^* = 0.$$

Optimaaliset kontrollimuuttujat  $C^*$  ja  $w^*$ , jotka ovat funktioita epä-suoran hyötyfunktion J:n osittaisderivaatoista, voidaan ratkaista yh-

<sup>17</sup>Ks. alaviite 16. Ratkaisussa on otettava huomioon, että  $Edz = 0$ .

tälöistä 20 - 22. Jos näin saadut  $C^*$  ja  $w^*$  sijoitetaan yhtälöön (19), saadaan  $J(W, Z)$  ilmaistua osittaisdifferentiaaliyhtälön ratkaisuna.

Koska käsillä olevan tutkimuksen kannalta ei ole välttämätöntä tuntea  $J$ :n arvoa, vaan ensisijainen kiinnostus kohdistuu optimaaliseen sijoituspolitiikkaan, ei  $J$ :n eksplisiittistä ratkaisua esitetä. Epäsuoran hyötyfunktion  $J$ :n arvo vaikuttaa kuitenkin implisiittisesti keskuspankin absoluuttiseen ja suhteelliseen riskiaversiomittaan.

Paras mahdollinen, edellä tehdyt oletukset täyttävä, sijoitussääntö  $w_k^*$ ,  $k = 1, \dots, n$  saadaan, kun yhtälöiden (21) ja (22) muodostama lineaarinen yhtälöryhmä ratkaistaan vektorin  $w_1, \dots, w_n$  suhteen. Optimaalisen sijoitussäännön empiirinen soveltaminen muodostuisi kuitenkin varsin hankalaksi, koska portfolion kokoonpano tyypillisesti riippuisi osittaisderivaatan  $J_{Z_W}$  arvosta kaikille vaihtoehtoisille sijoituskohteille  $j$ .

Kansainvälisiä pääoma- ja valuuttamarkkinoita, kuten myös kansallisia rahoitusmarkkinoita, tutkivassa kirjallisuudessa, jossa metodivälineenä on käytetty jatkuvan ajan stokastista optimointia, on rahoitusvälineiden tuottojen dynamiikasta tehty useimmiten tarkentavia oletuksia. Tämän tutkimuksen empiirisen osan kannalta keskeiseen ja teoreettisesti mielenkiintoiseen tulokseen päädytään, jos  $k$  maan valuutassa mitatun tuoton dynamiikasta tehdään seuraava täsmäntävä oletus. Ajatellaan että parametrit  $\alpha_{jk}$  ja  $\zeta_{jk}$  ovat vakioita, jolloin valuuttakurssit käyttäytyvät ajassa geometrisen Brownin liikkeen tavoin. Toisin sanoen valuuttakurssien kehitystä ajassa kuvaavat stokastiset prosessit ovat stationaarisia. Epästationaariset Ito-prosessit edellyttäisivät parametrien  $\alpha$  ja  $\zeta$  endogenisoimista. Oletuksen seurauksena investointi-ajankohdan valuuttakursseilla ei ole informaatioarvoa tulevia valuuttojen suhteellisia hintoja ajatellen. Tästä seuraa, että odotetun epäsuoran hyötyfunktion  $J$  arvo määräytyy ainoastaan  $W$ :n ja  $t$ :n perusteella. Valuuttakurssien kehitystä tarkentavan stationaarisuusoletuksen perusteella  $J_{Z_i W} = 0$  kaikille  $i$  ja yhtälö (21) voidaan nyt kirjoittaa suppeammassa muodossa.

$$(21') \quad L_{w_k}(C^*; w^*) = -\lambda + J_W(R_i + \alpha_{ik})W \\ + J_{WW} \sum \sigma_{kj} w_j^* W^2 = 0, \quad k=1, \dots, n$$

josta edelleen yhtälö (22) huomioon ottaen saadaan lohkomatriisiesitys

$$(23) \quad \left[ \begin{array}{ccc|c} & & & -1 \\ & & & \cdot \\ J & W^2 \Omega & & \cdot \\ & WW & & \cdot \\ & & & -1 \\ \hline 1 & \dots & & 0 \end{array} \right] \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \\ \lambda \end{bmatrix} = -J_W W \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \tau_n \\ 1 \end{bmatrix}$$

jossa  $\Omega$  on  $n \times n$  kovarianssivarianssimatriisi ja  $\tau_i = (R_i + \alpha_{ik})$ . Mahdollisimman yksinkertaisen esitystavan turvaamiseksi rajoitetaan seuraavassa tarkastelemaan ainoastaan kahden sijoituskohteen tapausta ( $n = 2$ ). Tulokset ovat kuitenkin yleistettävissä mielivaltaiselle  $n$ :lle (ks. esim. Chow 1981 s. 279 - 280).

Merkitään (23):ssa esitettyä lohkomatriisia A:lla, jossa  $A_{11}$  on  $n \times n$ ,  $A_{21}$   $n \times 1$ ,  $A_{12}$   $1 \times n$  ja  $A_{22}$   $1 \times 1$  matriisi. Tällöin A:n kääntematriisin B voidaan osoittaa olevan muotoa

$$(24) \quad B = \left[ \begin{array}{cc|c} (J_{WW} W^2 \Theta)^{-1} - (J_{WW} W^2 \Theta)^{-1} & & \frac{\sigma_{22}^{-\sigma_{12}}}{\Theta} \\ -(J_{WW} W^2 \Theta)^{-1} & (J_{WW} W^2 \Theta)^{-1} & 1 - \frac{\sigma_{22}^{-\sigma_{12}}}{\Theta} \\ \hline \frac{\sigma_{21}^{-\sigma_{22}}}{\Theta} & \frac{\sigma_{11}^{-\sigma_{12}}}{\Theta} & \frac{\sigma_{11} \sigma_{22}^{-\sigma_{11}} \sigma_{12}^{-\sigma_{12}} \sigma_{22}^{-\sigma_{12}^2}}{\Theta} \end{array} \right]$$

jossa  $\theta = \sigma_{11} + \sigma_{22} - 2\sigma_{12}$ . Tästä seuraa, että optimaalinen sijoitusosuus  $w_1$  (ja siten myös  $w_2$ ) voidaan kirjoittaa

$$(25) \quad w_1^* = \frac{\tau_1 - \tau_2}{R_s \theta} + \frac{\sigma_{22} - \sigma_{12}}{\theta},$$

jossa  $R_s = -J_{WW}W/J_W$  on suhteellinen riskiaversiomitta.

Yhtälössä (25) on osoitettu, että jokainen valuuttasijoitusosuus voidaan esittää nk. spekulatiivisen ja minimivarianssiportfolion avulla. Minimivarianssiportfolio ei riipu riskiaversiomitasta vaan määräytyy ainoastaan tuottojen varianssista ja kovariansseista. Spekulatiivinen portfolio sitä vastoin riippuu myös sijoituskohteiden tuotoista ja sen "paino" on sitä pienempi, mitä suurempi suhteellinen riskinkarttamisaste  $R_s$  on.

Tarkasteltaessa optimaalista valuuttavarannon diversifikaatiota edellä esitetyn teoreettisen mallikehikon sekä erityisesti keskuspankin ja empiiristen sovellutusten kannalta on syytä vielä korostaa, että optimaalinen diversifikaatio on kulutuspäätöksistä ja ajasta riippumaton (separoituvuus). Toisin sanoen, vaikka alkuperäisessä päätöstilanteessa optimointiongelma määriteltiin simultaaniseksi kulutus- ja investointipäätökseksi, ei kulutustason valinnalla ole merkitystä optimaalisen valuuttajakauman määrittämisessä. Tulos on merkittävä, koska keskuspankin optimaalista sijoituspolitiikkaa arvioitaessa edellä esitetty mallispesifikaatio ei siis välttämättä edellytä olettamuksia keskuspankin "kulutuksesta". Myöhemmin kuitenkin osoitetaan, että rahallisuositarkastelun yhteydessä kulutukseilla on keskeinen asema diversifikaation määrittämisessä.

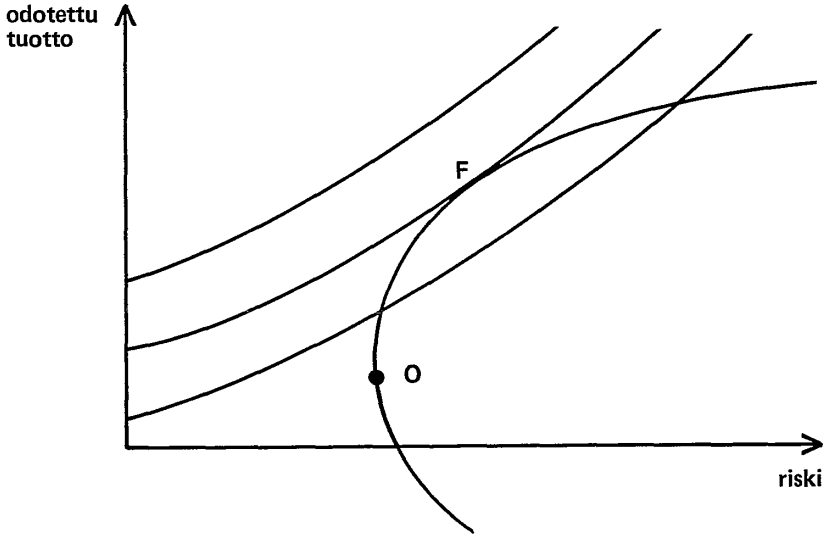
### 2.3 Jatkuvan ajan optimointiongelman suhde staattiseen keskiarvovarianssianalyysiin

Edellä esitettiin sijoittajan kohtaama allokoitioingelma stokastisena optimointiongelmana. Näin määriteltynä päätösongelman eksplisiittinen ratkaisu edellytti tilamuuttujien kehitystä kuvaavien stokastisten prosessien (yleensä hintamuuttujat ja budjettidynamiikka) täsmällistä määrittelyä.

Teoreettisissa tarkasteluissa vakiintunut käytäntö on ollut se, että tilamuuttujien kehitystä on kuvattu joko diffuusio- tai Poisson-prosesseilla. Edellä käytetty vakioparametrinen (stationaarinen) Ito-prosessi on yksi diffuusio- prosessien erikoistapaus. Oletamus valuuttakursikehityksen stationaarisuudesta on erityisen keskeinen tutkimuksen empiirisen osan kannalta. Stationaarisuusoletuksesta seuraa, että jatkuvan ajan stokastisessa optimointikehikossa johdetut finanssivaateiden kysyntäfunktiot ovat identtisiä klassisen portfolion kahteen ensimmäiseen momenttiin perustuvan analyysin kanssa. Tulokset ovat kuitenkin riippumattomia klassisen lähestymistavan rajoittavista oletuksista ja johtopäätökset ovat siten paremmin perusteltavissa. Seuraavassa todennetaan tämä kahden vaihtoehdoisen lähestymistavan välinen yhteys.

Klassisessa, keskiarvovarianssianalyysiin perustuvassa, portfolioanalyysissä oletetaan, että rationaalisesti käyttäytyvä sijoittaja voi valita järkeväen sijoituskombinaation portfolioiden varianssien (keskihajontojen) ja odotettujen tuottojen perusteella. Toisin sanoen odotetun hyödyn EU "vapaa" maksimointi voidaan ratkaista  $f(R,V)$  avulla, jossa  $R$  on portfolion odotettu tuotto ja  $V$  portfolion varianssi. Tästä seuraa, että vaihtoehdoisten sijoituskohteiden tuottojen odotusarvojen ja tuottojen välisen kovarianssirakenteen avulla on mahdollista laskea nk. tehokkaiden portfolioiden ura. Tällä tarkoitetaan niiden vaihtoeh-

Kuvio 1. TEHOKKAIDEN SIOITUSSALKKUJEN URA



toisten portfolioiden joukkoa, joiden tuottoa ei voi kasvattaa ilman, että tuottoon liittyvä epävarmuus samalla lisääntyisi. Toisaalta uralle kuuluvien sijoitussalkkujen tuottoon liittyvää epävarmuutta ei voida mitenkään vähentää odotetusta tuotosta tinkimättä. Tehokkaiden portfolioiden ura piirtyy tuotto-riski-koordinaatistossa oikealle aukeavan hyperbelin ylempänä haarana (ks. esim. Lehmuussaari & Tarkka 1984, Merton 1972).

Tehokkaiden portfolioiden uraa kuvaavan hyperbelin pohjalla on nk. minimivarianssiportfolio, jota on kuviossa 1 merkitty O:lla. Sijoittaja ei kuitenkaan yleensä tyydy minimivarianssiportfolioon, vaan valitsee riskikäyttäytymistä kuvaavien indifferenssikäyrien avulla jonkin toisen tehokkaan portfolioon kuten F kuviossa 1.

Klassinen portfolioteoria (keskiarvovarianssianalyysi) on konsistentti "vapaan" odotetun hyödyn maksimoinnin kanssa, jos ja vain jos

- A. yksittäisten tuottojen jakaumat ovat normaalisti jakautuneita. Vaatimus seuraa sitä, että normaalisti jakautuneista muuttujista muodostettu lineaarikombinaatio on myös normaali-jakautunut ja kaikki jakaumaan liittyvä informaatio sisältyy jakauman ensimmäiseen ja toiseen momenttiin. Normaalisuusvaatimuksen heikkous on se, että tietyllä todennäköisyydellä (joskin pienellä) sijoitusvaateiden hintojen tulisi olla negatiivisia.
- B. sijoittajan hyötyfunktio on kvadraattinen. Jos  $U = -aR^2 + bR$  ( $a, b > 0$ ), niin  $EU = -aER^2 + bER = -a[\text{Var}R + (ER)^2] + bER$ . Kvadraattisen hyötyfunktion kiusallinen piirre on kuitenkin se, että sen rajahyöty muuttuu negatiiviseksi tietyillä  $R$ :n arvoilla  $R > \bar{R}$  ja että absoluuttinen riskiaversio kasvaa  $R$ :n kasvaessa (ks. esim. Arrow 1965, Feldstein 1969).
- C. tuottojakauman dispersio on "pieni". Tällöin hyötyfunktio voidaan kehittää Taylor-sarjaksi jakauman odotusarvon  $\bar{R}$  ympärille, jolloin hyötyfunktio voidaan esittää keskusmomenttien polynomina.  $U(R) \approx U(\bar{R}) + U'(\bar{R})(R - \bar{R}) + \frac{1}{2}U''(\bar{R})(R - \bar{R})^2 + H_n$ , josta  $EU \approx U(\bar{R}) + \frac{1}{2}U'' \text{var}(R)$ . Taylor-approksimaatio voidaan kehittää myös nollan ympärille, jolloin  $EU \approx U'(0)\bar{R} + \frac{1}{2}U''[\bar{R}^2 + V]$ . Approksimaatioissa joudutaan kuitenkin oletamaan, että sarja konvergoi "nopeasti" (ks. esim. Tsiang 1972).

Klassisen portfolioteorian kritiikki perustuu ensi sijassa oletusten A ja B mielekkyyteen empirian kannalta. Eräänä vaihtoehtona keskiarvovarianssianalyysille onkin esitetty suoraa odotetun hyödyn maksimointia.<sup>18</sup> Teoreettisissa tarkasteluissa suora maksimointi saattaa olla perusteltua, koska eksogeenisten parametrimuutosten vaikutukset saadaan selville tavanomaisella differentiointiteknikalla. Empiiristen tutkimusten kannalta voidaan tätä lähestymistapaa kuitenkin arvostella monin perustein, kuten mm. Kroll, Levy ja Markowitz (1984) ja Tsiang

<sup>18</sup> $EU(x) = \int U(x)g(x)dx$ , jossa  $g(x)$  on  $x$ :n tiheysfunktio.



(1972) ovat osoittaneet. Ensinnäkin, koska useimmat potentiaaliset hyötyfunktiot ovat epälineaarisia ja epäpolynomeja, niiden tiheysfunktioilla kerrotun tulon integrointi on useissa tapauksissa hankalaa jopa tietokoneen avulla. Toiseksi, tiheysfunktion määrittäminen (muu kuin normaali) optimointialgoritmia varten on vaikea tehtävä. Kolmanneksi, optimointi joudutaan useimmiten suorittamaan useilla vaihtoehtoisilla hyötyfunktioilla. Lopuksi, jos suorassa optimoinnissa hyötyfunktio kehitetään Taylor-sarjaksi integroinnin yksinkertaistamiseksi, palautuu optimointiongelma edellä esitettyyn kohtaan C.

Jos oletuksia A ja B ei voida pitää järkevinä keskiarvovarianssilähestymistavan sopivuus empiirisiin tutkimuksiin riippuu paljolti siitä, kuinka tarkasti sen avulla voidaan approksimoida todellista odotetun hyödyn maksimia. Kallberg ja Ziemba (1983) sekä Kroll, Levy ja Markowitz (1984) ovat empiirisissä, useita hyötyfunktiospesifikaatioita koskevista tutkimuksista osoittaneet, että optimaalinen portfolio ei ole erityisen herkkä tavoitefunktion muodolle. Kallberg ja Ziemba (1983 s. 1273) mm. toteavat:

"with horizons of a year or less one can substitute easily derived surrogate utility functions that are mathematically convenient for more plausible but mathematically more complicated utility functions and feel confident that the errors produced in the calculation of the optimal portfolios are at the most of the order of magnitude of the errors in the data."

Keskiarvovarianssilähestymistavan kiistattomana etuna on, sen edellyttämistä taustaolettamuksista huolimatta, että investoijan (keskuspankki) tavoitefunktiota ei tarvitse eksplisiittisesti määrittää, vaan portfoliokombinaation valinta tehokkaiden portfolioiden joukosta voidaan suorittaa "luonnollisella" tavalla.

Kuten aikaisemmin jo todettiin, palautuu luvussa 2.2.2 esitetty jatkuvan ajan optimointiongelma tietyllä oletuksella (valuuttakurssien stationaarisuus) klassisen portfolioteorian avulla johdettuihin tulok-

siin. Tämä yhtäläisyys on helpointa osoittaa yksinkertaisen esimerkin avulla kahden sijoituskohteen tapauksessa, joka on kuitenkin yleistettävissä useampaan sijoituskohteeseen. Esimerkissä varallisuutta ja tuottoja mitataan samalla mittayksiköllä. Käytetään tuttuja merkintöjä:

$W_0$  = sijoitettava alkuvarallisuus

(esim. sijoitettava valuuttavaranto)

$\tau_1$  = ensimmäisen sijoituskohteen tuotto (esim. dollari)

$\tau_2$  = toisen sijoituskohteen tuotto (esim. Saksan marka)

$w_1$  = ensimmäiseen sijoituskohteeseen investoitu kokonaisvarallisuuden osa

Tarkasteluajanjakson loppuvarallisuus voidaan kirjoittaa

$$(26) \quad \underline{W} = W_0 (1 + \tau_2) + w_1 W_0 (\tau_1 - \tau_2)$$

Loppuvarallisuuden odotusarvoksi ja varianssiksi saadaan:

$$(27) \quad E(\underline{W}) = W_0 (1 + \bar{\tau}_2) + w_1 W_0 (\bar{\tau}_1 - \bar{\tau}_2)$$

$$\text{Var}(\underline{W}) = W_0^2 [(1 - w_1)^2 \sigma_{22} + w_1^2 \sigma_{11} + 2w_1(1-w_1)\sigma_{12}],$$

jossa  $\sigma_{ij}$ :t ovat tuottojen kovarianssimatriisin alkioita. Keskiarvovarianssilähestymistavasta seuraa (ks. esim. Dornbusch 1983a)

$$(28) \quad U = U[E(\underline{W}), \text{Var}(\underline{W})],$$

josta edelleen

$$(29) \quad \frac{dU}{dw_1} = U_1 \frac{dE(\underline{W})}{dw_1} + U_2 \frac{d\text{Var}(\underline{W})}{dw_1} = 0$$

Kun yhtälö (29) ratkaistaan  $w_1$ :n suhteen, saadaan optimiratkaisuksi

$$(30) \quad w_1^* = \frac{(\bar{\tau}_1 - \bar{\tau}_2) + R_s (\sigma_{22} - \sigma_{12})}{R_s (\sigma_{11} + \sigma_{22} - 2\sigma_{12})},$$

joka on identtinen kysyntäyhtälö luvussa 2.2.2 esitetyn yhtälön (25) kanssa.

Toisin sanoen, jos oletuksia valuuttakurssien stationaarisuudesta, asennoitumisesta epävarmuuteen (riskinkarttaja) sekä kansainvälisten valuutta- ja rahoitusmarkkinoiden "tehokkuudesta" voidaan pitää keskuspankin kannalta järkevinä, optimaalinen valuuttavarannon sijoitussääntö saadaan keskiarvovarianssianalyysin avulla. Toisaalta jos oletukset koetaan liian rajoittaviksi voidaan keskiarvovarianssilähestymistä perustella sen approksimaatio-ominaisuuksilla  $EU - f(\bar{R}, V) = a$ , jossa  $a$  on empirian kannalta pieni ei-negatiivinen reaaliluku.

### 3 OPTIMAALINEN SIOJITUSPOLITIIKKA JA RAHAILLUUSIO

Edellisessä luvussa tarkasteltiin tutkimusongelman ratkaisuun soveltuvien kahden vaihtoehdoisen lähestymistavan talousteoreettisia perusteita sekä analyysivaihtoehtoihin liittyviä taustaoletuksia. Lisäksi osoitettiin, että analyysivaihtoehtoista toinen ja modernimpi nk. intertemporaalinen jatkuvan ajan portfolion sopeuttamismalli, palautuu valuuttakurssikehitystä koskevan stationaarisuusoletuksen avulla klassiseen keskiarvovarianssianalyysiin. Tarkasteluissa ei kuitenkaan kiinnitetty huomiota empiirisen analyysin kannalta keskeisten vaihtoehtoisten sijoituskohteiden tuottojen mittaamisongelmiin.

Tämän luvun ensisijaisena tarkoituksena on arvioida rahailluusion merkitystä keskuspankin sijoituspolitiikan kannalta. Luvun alussa analysoidaan nimellisiin ja reaalsiin tuottoihin perustuvien tehokkaiden portfolioiden rakennetta ja portfoliokombinaatioon vaikuttavia tekijöitä sekä osoitetaan, että nimellisesti tehokas valuuttasalkku eroaa reaalisesti tehokkaasta valuuttaportfoliosta nk. suojautumisportfolion verran. Lisäksi pohditaan reaalityttöjen mittaamisongelmia sekä arvioidaan ostovoimapariteettiteorian merkitystä sijoituskohteiden kysynnän kannalta. Luvun lopussa tarkastellaan hintadeflaattoriongelmaa erityisesti keskuspankin valuuttavarannon sijoittamisen näkökulmasta ja esitetään eräs valuuttojen ostovoimaa kuvaava hintaindeksi.

#### 3.1 Rahailluusion vaikutus valuuttaportfolion kompositioon

Ortodoksisen portfolioteorian keskeiset tulokset perustuvat mm. olettamukseen rahailluusiosta. Toisin sanoen taloudenpitäjien oletetaan maksimoivan odotettua hyötyä, joka on määritelty nimellisten tekijöiden funktiona. Rahailluusion merkitys tehokkaan portfoliovalinnan kannalta pelkistyyneen parhaiten nk. Tobinin separoituvuusteoreemassa. Tämän klassisessa portfolioanalyysissä paljon huomiota herättäneen teo-

reeman mukaan nk. "markkinaportfolio" on optimaalinen kaikille investoijille heidän preferenssiensä mahdollisesta erilaisuudesta huolimatta. Taloudenpitäjien erilaiset preferenssit vaikuttavat ainoastaan "markkinaportfoliosta" ja riskittömästä<sup>1</sup> portfoliosta muodostetun lineaarikombinaation parametrien suuruuteen. Optimaalisen portfoliovalinnan separoituvuusominaisuus edellyttää välttämättä riskittömän rahoitusvaateen olemassaoloa.

Kansainvälisille rahoitusmarkkinoille tehdyissä teoriasovellutuksissa kotimainen valuutta on yleensä valittu riskittömäksi sijoituskohteeksi. Näin tehdyn valinnan puutteita voi luontevasti havainnollistaa Eakerin (1981) esitystä myötäilevän yksinkertaisen esimerkin avulla.

Ajatellaan seuraavassa taloudenpitäjää, jolla on tietyn ajanjakson päätyttyä toteutuva ulkomainen, kotimaan rahan määräinen saatava (esim. suomalainen markkalaskutusta käyttävä vientiyritys). Tavanomaisen järjestyksen mukaan kotimaan taloudenpitäjällä ei ole esimerkkitapauksessa valuuttakurssiriskiä, saatavan valuuttadenominaation johdosta, koska kurssien vaihtelut vaikuttavat ainoastaan ulkomaiseen osapuoleen.

Kotimaiseen taloudenpitäjään kohdistuu kuitenkin kurssiriski, vaikka saatavan nimellinen marka-arvo on varmuudella tunnettu. Riskin luonnetta voidaan tarkastella kolmesta näkökulmasta. Ensinnäkin, jos ulkomaan valuutta vahvistuu kotimaan valuutan suhteen, on saatavan kotimaan valuutassa mitatun ja ennallaan pysyneen arvon ostovoima alentunut ulkomaanvaluutassa hinnoiteltujen hyödykkeiden suhteen. Jos kotimainen taloudenpitäjä kuluttaa näitä hyödykkeitä, on hänen varallisuus-

---

<sup>1</sup>Jos taloudenpitäjän kannalta relevantit sijoituskohteet ovat yksinomaan valuuttoja, kuten valuuttavarannon sijoitusongelmassa, saattaa riskittömän vaateen löytäminen olla pulmallista ja tämän vuoksi myöskään Tobinin separoituvuusajattelun soveltaminen ei onnistu. Jos teoreettisten tulosten esittäminen kuitenkin edellyttää mahdollisuutta sijoittaa riskittömään vaateeseen, voidaan Ruotsin kruunua pitää Suomen kannalta nimellisesti lähes riskittömänä, jos varsinaista devalvaatiota tai revalvaatiota ei oteta huomioon. Tämä seuraa siitä, että Ruotsin keskuspankin valuuttaindeksiin painorakenne muistuttaa suuresti Suomen Pankin valuuttaindeksiin painorakennetta.

tensa alentunut reaalisesti. Toiseksi, vaikka taloudenpitäjä kuluttaisi ainoastaan kotimaisia hyödykkeitä, olisi hänen reaaliomaisuutensa korkeampi jos ulkomaisen saatavan valuuttadenominaatio olisi valittu ulkomaanvaluutaksi. Kolmanneksi tehokkaan kilpailun ja hintajouston markkinoilla yritys altistuu myös "taloudelliselle" riskille, jos samoilla markkinoilla toimiva kilpaileva yritys operoi edullisemmalla valuuttakurssilla ja on siten edullisemmassa hinnoitteluasemassa.

Edellä esitetystä seuraa, että yksilöiden ja instituutioiden järkevää taloudellista käyttäytymistä arvioitaessa tulisi myös ottaa huomioon deflatointiongelma. Nimellisin termein suoritetusta analyysistä saataisi mm. seurata, että keskuspankin kannattaisi harjoittaa aktiivista devalvoitipolitiikkaa ja siten kasvattaa markkoina mitattua ulkomaista maksuvalmiutta tai että valtion ulkomainen velka voitaisiin pienentää mielivaltaisen pieneksi riittävän aktiivisesti revalvoimalla.<sup>2</sup> Jatkuvaan aikaan perustuvissa analyyseissa mm. Fischer (1975) sekä Poncet (1983) ovatkin liittäneet epävarman inflaatiokkehityksen kansallisten rahoitusvaateiden kysyntäanalyyysiin Mertonin esittämässä kehikossa. Hodrick (1981), Kouri ja Macedo (1978) ja Macedo (1982) ovat vastaavasti tutkineet reaalisen ostovoimakäsitteen merkitystä kansainvälisillä rahoitus- ja valuuttamarkkinoilla. Jäljempänä arvioidaan valuuttojen ostovoimaa lähemmin nimenomaan nk. Kouri - Macedo ostovoimaindeksin avulla.

### 3.1.1 Nimellinen ja reaalin tehokkaiden valuuttaportfolioiden ura

Vaikka nimellisten tuottojen deflatoinnin kvantitatiivinen merkitys optimaalisen sijoituskombinaation kannalta on ensisijassa empiirinen ongelma, kannattaa nimellisiin tai reaaliuottoihin perustuvaa päätöksentekoa analysoida edellisessä luvussa esitetyn portfoliolähestymistavan keinoin.

---

<sup>2</sup>Käytännössä kirjanpidolliset seikat saattavat useinkin johtaa nimellisiin tarkasteluihin.

Satunnaismuuttujan kahteen ensimmäiseen momenttiin perustuvassa analyysissä on tehokkaiden valuuttaportfolioiden uralla keskeinen asema. Tältä uraltahan rationaalinen investoija valitsee riskinottohalua vastaavan valuuttakombinaation. Olennainen kysymys järkevän päätöksenteon kannalta on luonnollisesti se, poikkeako nimellisesti tehokkaiden portfolioiden ura reaalisesti tehokkaiden portfolioiden urasta ja mitkä tekijät aiheuttavat mahdollisen poikkeaman. Ongelman selvittäminen vaatii portfolioiden eksplisiittista vertailua.

Nimellinen tehokkaiden portfolioiden ura saadaan ratkaisemalla rajoitettu minimointitehtävä, jossa portfolion tuoton varianssi minimoidaan pitäen samalla odotettu tuotto annetulla tasolla.

$$(31a) \quad \min_w w' \Omega w,$$

ehdolla, että

$$(31b) \quad \Pi = w' \tau$$

$$(31c) \quad 1 = w' e$$

jossa  $\Omega$  on ei-singulaarinen ja viittaa tuottojen kovarianssi-varianssi-matriisiin sekä  $\Pi$  on sijoitussalkun odotettu tuotto. Yksittäisten sijoituskohteiden odotettujen tuottojen vektoria on merkitty  $\tau = (\tau_1 \dots \tau_n)'$ . Lisäksi  $e$  viittaa yksikkövektoriin.

Edellä kuvattu optimointiongelma voidaan ratkaista Lagrangen tekniikalla. Lagrangen funktio on

$$(32) \quad L(w, \lambda_1, \lambda_2) = w' \Omega w - \lambda_1 (\tau' w - \Pi) - \lambda_2 (e' w - 1)$$

Varianssin minimi löydetään ratkaisemalla yhtälöryhmä

$$(33a) \quad \frac{\partial L}{\partial w} = 2w' \Omega - \lambda_1 \tau' - \lambda_2 e' = 0$$

$$(33b) \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = -\tau'w + \Pi = 0$$

$$(33c) \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = -e'w + 1 = 0$$

Jos kaikki vektorin  $\tau$  komponentit eivät ole yhtäsuuria ts.  $\tau_i \neq \tau_j$  jollekin  $i, j = 1, \dots, n$ , niin yhtälöryhmälle (33a) - (33c) on olemassa ratkaisu  $w, \lambda_1$  ja  $\lambda_2$  suhteen. Erityisesti

$$(34) \quad w = \frac{1}{2} \Omega^{-1} (\tau e) \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{pmatrix}$$

jossa  $(\tau e)$  on  $n \times 2$  -matriisi, jonka ensimmäinen sarake muodostuu odoteuista tuotoista ja toinen sarake ykkösistä. Jos (34) kerrotaan edestä  $(\tau e)'$ :llä ja otetaan huomioon side-ehdot (31b) ja (31c), saadaan tehokkaille portfolioille yhtälö (ks. esim. Lehmussaari & Tarkka 1984, Röll 1975 s. 158 - 160 ja Szegö 1980).

$$(35) \quad w = \Omega^{-1} (\tau e) A^{-1} \begin{pmatrix} \Pi \\ 1 \end{pmatrix}$$

jossa  $A = (\tau e)' \Omega^{-1} (\tau e)$ .

Reaalitermitarkastelussa tehokkaiden portfolioiden ura voidaan esittää Manasterin (1979), Sercun (1981) ja Solnikin (1978) tavoin. Merkitään nyt reaalisten tuottojen kovarianssi-varianssimatriisia  $S$ :llä,<sup>3</sup> jolloin

$$(36) \quad S = \Omega - Ce' - e'C + ee'\sigma_\epsilon^2,$$

jossa  $C$  on  $n \times 1$  -vektori, jonka  $i$ :s elementti on  $\text{Cov}(\tau_i, \epsilon)$ ,  $\epsilon$  on inflaatiiovauhti ja  $\sigma_\epsilon^2$  sen varianssi. Tällöin  $S$ :n alkio  $S_{ij}$  on muotoa

---

<sup>3</sup>Reaalituottoja on tässä tapauksessa approksimoitu  $(\tau - \epsilon)$ :lla.



$$(37) \quad S_{ij} = \text{Cov}(\tau_i, \tau_j) - \text{Cov}(\tau_i, \varepsilon) - \text{Cov}(\tau_j, \varepsilon) + \sigma_\varepsilon^2$$

Reaalitermein ilmaistu tehokkaiden portfolioiden ura voidaan ratkaista yhtälöryhmää (31) vastaavalla tavalla.

$$(38a) \quad \text{Min } z'Sz,$$

$$z$$

ehdolla, että

$$(38b) \quad z'(\tau - \bar{\varepsilon}e) = \Pi - \bar{\varepsilon}$$

$$(38c) \quad z'e = 1,$$

jossa vektori  $z = (z_1 \dots z_n)'$  kuvaa vaihtoehtoisten sijoituskohteiden sijoitusosuuksia tehokkaassa reaalitermein optimoidussa valuuttasalkussa ja  $\bar{\varepsilon}$  on odotettu hintojen muutos. Kun otetaan huomioon, että (38b) voidaan kirjoittaa  $z'\tau = \Pi$ , saadaan muodostettua Lagrangen funktio

$$(39) \quad L(z, \theta_1, \theta_2) = z'Sz - \theta_1(z'\tau - \Pi) - \theta_2(z'e - 1)$$

josta edelleen nimellisen optimointiongelman tavoin päädytään tehokkaita sijoitusosuuksia kuvaavaan ratkaisuun

$$(40) \quad z = \Omega^{-1}(\tau e)A^{-1}(\Pi) + \Omega^{-1}C - \Omega^{-1}(\tau e)A^{-1}(\tau e)'\Omega^{-1}C$$

Reaalisesti tehokkaiden sijoitusosuuksien vektori  $z$  voidaan vielä dekomponoida

$$(41) \quad z = w + h,$$

jossa  $h = \Omega^{-1}C - \Omega^{-1}(\tau e)A^{-1}(\tau e)'\Omega^{-1}C$ . Toisin sanoen reaalisesti teho-

kas valuuttasalkku voidaan aina aikaansaada nimellisesti tehokkaasta sijoitussäännöstä hankkimalla suojautumisportfolio  $h$ . Suojautumisportfolio ei edellytä lisäinvestointia, koska  $\sum h_i = 0$ .

Yhtälöstä (41) havaitaan, että nimellistä tai reaalista varallisuutta maksimoivien päätöksentekijöiden sijoituspolitiikka on yhtäläinen ainoastaan, kun  $h = 0$ . Tämä ehto on voimassa, jos ja vain jos

$$(42) \quad C = (\tau e)A^{-1}(\tau e)' \Omega^{-1}C$$

Koska ei ole olemassa mitään rationaalista perustetta olettaa, että vaihtoehtoisten sijoituskohteiden nimellisten tuottojen ja inflaation välinen kovarianssirakenne olisi yhtälön (42) mukainen, ovat reaalisesti ja nimellisesti tehokkaat valuuttasalkut yleensä rakenteeltaan erilaiset. Tästä seuraa, että sijoittaja (keskuspankki), jonka valuuttapositio on nimellisesti tehokas, voi pienentää valuuttasalkkunsu reaalista riskiä  $C'h$ :n verran hankkimalla suojautumisportfolion  $h$ . Manaster (1979) on näet osoittanut, että

$$(43) \quad z'Sz = w'Sw - C'h$$

Suojautumisportfolion odotettu reaalinen ja nimellinen tuotto on luonnollisesti nolla, koska  $h$  ei edellytä nettoinvestointia.

Edellä esitettyssä tarkastelussa on implisiittisesti oletettu, että taloudenpitäjät ovat yhtä mieltä hintojen odotetusta muutoksesta  $\bar{e}$ . Hintadeflaattorin  $\bar{e}$  arvo riippuu kuitenkin yksittäisten päätöksentekijöiden preferensseistä. Tästä seuraa, että yhtälön (41) suojautumisportfolio  $h$  tulee korvata  $h_k$ :lla, jossa  $k$  viittaa taloudenpitäjään  $k$ . Toisin sanoen optimaalisen valuuttaportfolion sijoitusosuudet riippuvat suoraan investoijan kulutustottumusten generoimasta hintadeflaattoris-

ta<sup>4</sup>  $C_k$ :n välityksellä.

Edellä johdettu tulos ei kuitenkaan ole voimassa, jos yhtäältä päätöksentekijän tavoitefunktio on logaritminen (Bernoullifunktio) tai jos toisaalta voidaan olettaa, että kansainvälisillä valuutta- ja pääomamarkkinoilla on voimassa ostovoimapariteetti. Logaritmisesta tavoitefunktioista seuraa, että aina on olemassa vain yksi tehokas portfolio käytetystä hintaindeksistä riippumatta. Tulos aiheutuu logaritmfunktion tunnetusta separoituvuusominaisuudesta.

$$(44) \quad U = \log\left(\frac{W}{\bar{\epsilon}}\right) = \text{Log}W - \text{Log}\bar{\epsilon}$$

Toisin sanoen reaalisen varallisuuden  $\log(W/\bar{\epsilon})$  odotetun hyödyn maksimointi on identtinen toimenpide nimellisen varallisuuden  $\log W$  maksimoinnin kanssa, koska portfoliovalinta ei vaikuta  $\text{Log}\bar{\epsilon}$  arvoon. Tähän logaritmisesta tavoitefunktion ominaisuuteen palataan vielä luvussa 3.1.2.

Toinen, kansainvälisille pääomamarkkinoille sovelletun portfolioteorian keskeinen tulos liittyy nk. ostovoimapariteettiteoriaan. Teorian mukaan vapaan ja kustannuksettomman vaihdannan kansantalouksien valuuttojen vaihtokurssit määräytyvät hintaindeksien perusteella siten, että hyödykearbitraasivoitot ovat mahdottomia. Ostovoimapariteettiehto kirjoitetaan useimmiten nk. absoluuttisessa muodossa.<sup>5</sup>

$$(45) \quad S_{ik} = \frac{\xi_k}{\xi_i}$$

<sup>4</sup>Itse asiassa deflaattorin tulisi kuvata investoijan kulutustottumuksia tulevaisuudessa.

<sup>5</sup>Hyvän katsauksen ostovoimapariteettiteoriaan on esittänyt mm. Officer 1976.

jossa  $\xi$  viittaa hintaindeksiin. Kuten mm. Fama ja Farber (1979) sekä Ross ja Walsh (1983) ovat osoittaneet pariteettiehdosta (45) seuraa, että valuuttakurssiriski ei vaikuta optimaaliseen sijoituspolitiikkaan, koska kurssinmuutokset kumoutuvat täydellisesti vastaavan suuruisten hinnannuutosten johdosta. Tulos on yksinkertaisinta todentaa ostovoimapariteetin suhteellisen muodon avulla ts.  $d = \dot{\xi}_k - \dot{\xi}_i$ , jossa  $d$  ilmaisee valuutan  $k$  heikentymisen valuutan  $i$  suhteen. Tietyn  $k$  maan rahoitusvaateen reaalityttö  $r_k$  voidaan kirjoittaa  $r_k = R_k - \dot{\xi}_k$ , jossa  $R_k$  on vaateen nimellinen tuotto. Sijoittajan  $i$  kannalta  $k$  vaateen reaalityttö osoittautuu yhtä suureksi, koska

$$(46) \quad r_i = (R_k - d) - \dot{\xi}_i = R_k - \dot{\xi}_k$$

Toisin sanoen rahoitusvaateen  $k$  reaalityttö on riippumaton sijoittajan kansallisuutta karakterisoivista tekijöistä. Tämän johdosta ostovoimapariteettioletuksesta seuraa lisäksi se mielenkiintoinen tulos, että kaikki (myös keskuspankit) kansainvälisillä pääomamarkkinoilla toimivat sijoittajat, jotka pyrkivät turvaamaan reaaliarallisuutensa mahdollisimman vakaan arvon (ts. minimivarianssiportfolio) investoivat arallisuutensa yhteen, kaikille sijoittajille identtiseen, portfolioon.

Ostovoimapariteettihypoteesia analysoivien empiiristen tutkimusten lukumäärä on suuri. Empiirisiin havaintoihin perustuen mm. Gailliot (1970) ja Roll (1979) ovat osoittaneet, että pariteetti-poikkeamat ovat historiallisesti olleet varsin huomattavia ja poikkeamien autokorreloituneisuus vähäistä. Suoritettujen empiiristen tutkimusten perusteella voidaan perustellusti väittää, että sijoittajien kansallisuutta karakterisoivat ominaisuudet tulee ottaa huomioon optimaalista sijoitusportfolita valittaessa. Väitettä tukee lisäksi se huomio, että sijoittajan preferenssit eivät välttämättä kuvastu pariteettia laskettaessa käytetyissä hintaindekseissä riittävässä määrin.<sup>6</sup> Liitekuviassa 1

---

<sup>6</sup>Lisäksi kuten Frenkel (1981) on todennut, valuuttakurssit ovat huomattavasti sensitiivisempiä odotuksille tulevasta talouspolitiikasta ja "uutisista" yleensä kuin kansalliset hintatasot. Tämän vuoksi poikkeamat ostovoimapariteetista ovat pikemminkin sääntö kuin poikkeus.

on esitetty eräiden tärkeiden valuuttojen markkakurssikehitys vuodesta 1975. Kuvioihin on lisäksi piirretty ostovoimapariteetin mukainen kurssikehitys. Pariteettikurssit on laskettu ko. maiden tukkuhintaindeksien avulla. Kuviot osoittavat selvästi ostovoimapariteettihypoteesin heikkouden lyhyellä ajanjaksolla.

### 3.1.2 Reaalituottojen mittaaminen

Luvussa 3.1.1 arvioitiin optimaalista portfoliovalintaa sekä nimellisin että reaaliarvoilla ja osoitettiin, että edellä esitetyissä vaihtoehtoisissa lähestymistavoissa portfolioiden kokoonpanot ovat yleensä erilaisia. Nimellinen portfolio poikkesi reaalisesta portfolioista nk. suojausportfolion h verran. Tarkasteluissa käytettyyn reaalituottoa kuvaavaan lineaariaproksimaatioon  $\Pi - \bar{\epsilon}$  liittyy kuitenkin portfolioteorian kannalta eräs kiusallinen piirre, johon mm. Fama (1972), Long (1974) ja Sercu (1981) ovat kiinnittäneet huomiota. Tämän tutkimuksen empiiristen tulosten arvioimisen kannalta on perusteltua pohtia reaalituottojen mittaamiseen liittyvää ongelmaa lyhyesti. Yhtälöiden (37) ja (38b) avulla voidaan sijoitussalkun reaalituotto ja varianssi kirjoittaa

$$(47a) \quad r_p = \Pi - \bar{\epsilon}$$

$$(47b) \quad \sigma_p^2 = \sigma_\tau^2 - 2 \text{Cov}(\Pi, \epsilon) + \sigma_\epsilon^2$$

Lisäksi keskiarvovarianssianalyysistä ja taloudenpitäjän riskiversiota seuraa

$$(48) \quad EU = f(r_p, \sigma_p^2); f_1 > 0, f_2 < 0$$

Hintaepävarmuuden sekä inflaation ja nominaalituoton välisen kovarianssin merkitystä investointipäätöksen kannalta voidaan analysoida osittaisderivaattatarkastelun avulla

$$(49) \quad \frac{\partial f}{\partial \sigma_{\epsilon}^2} = f_2 < 0 ; \quad \frac{\partial f}{\partial \text{Cov}(\Pi, \epsilon)} = -2f_2 > 0$$

Hintaepävarmuus lisää portfolion reaaliarianssia ja siten alentaa päätöksentekijän utiliteettia. Toisaalta inflaation ja sijoitusten tuoton välisen kovarianssin kasvu lisää investoijan utiliteettia, koska se vähentää portfolion reaaliarianssia vaikuttamatta kuitenkaan millään tavoin portfolion reaalityttöön. Nämä tulokset ovat selvästi ristiriitaisia aikaisemmin tarkastellun logaritmiseen tavoitefunktion liittyvän separoituvuuden sekä suojautumisportfolioon h liittyvän argumentoinnin ja erityisesti yhtälön (41) kanssa. Epäjohdonmukaisuus voidaan kuitenkin sivuuttaa, jos reaalityttöjä  $q = A/P$  arvioitaessa käytetään nk. Ito-approksimaatiota (ks. esim. Fischer 1975 s. 530).

$$(50) \quad \frac{dq}{q} = \frac{dA}{A} - \frac{dP}{P} - \frac{dA}{A} \times \frac{dP}{P} + \left(\frac{dP}{P}\right)^2,$$

jossa A viittaa sijoituskohteen A hintaan ja P investoijan kannalta relevanttiin hintaindeksiin. Jos A:n ja P:n kehittymistä ajassa voidaan luonnehtia Ito-prosessien avulla, saadaan yhtälöstä (50)

$$(51) \quad \dot{q} = \dot{A} - \dot{P} - \text{Cov}(\dot{A}, \dot{P}) + \text{Var}(\dot{P}),$$

jossa "." viittaa suhteelliseen muutokseen.

Jos reaalityttöä arvioitaessa käytetään Ito-approksimaatiota, niin sijoitussalkun reaalityttöön ja -arianssin lausekkeet (47a) ja (47b) saadaan kirjoitetuksi (47b säilyy ennallaan)

$$(52a) \quad r_p = \Pi - \bar{\epsilon} - \text{Cov}(\Pi, \epsilon) + \sigma_{\epsilon}^2$$

$$(52b) \quad \sigma_p^2 = \sigma_{\tau}^2 - 2\text{Cov}(\Pi, \epsilon) + \sigma_{\epsilon}^2$$

Tällöin

$$(53a) \quad \frac{\partial f}{\partial \sigma_\varepsilon^2} = \frac{1}{2} f_1(2-R_S) < 0, \text{ kun } R_S > 2$$

$$(53b) \quad \frac{\partial f}{\partial \text{Cov}(\Pi, \varepsilon)} = f_1(R_S - 1) > 0, \text{ kun } R_S > 1,$$

jossa  $R_S$  on suhteellinen riskiaversiomitta. Koska logaritmisen tavoitefunktion suhteellinen riskiaversiomitta on yksi, ei separoituvuusominaisuus reaalituoton Ito-approksimaation tapauksessa ole ristiriidassa keskiarvovarianssilähestymistavan kanssa.

### 3.2 Valuutan ostovoima, Kouri - Macedo-indeksi

Aikaisemmin luvussa 3.1.1 esitettyssä reaali- ja nimellistuottotarkastelussa todettiin, että optimaalisen valuuttasalkun sijoitusosuudet riippuvat päätöksentekijän kulutustottumusten generoimasta hinta-deflaattorista. Lisäksi osoitettiin, että kulutus päätöksellä ei ole vaikutusta (separoituvuusominaisuus) sijoitussäännön yleisessä optimiratkaisussa, jos valuuttakurssien oletetaan päätöksentekohetkellä kehittyvän ajassa stationaarisesti. Jos keskuspankin tavoitteeksi asetetaan mahdollisimman tehokas valuuttavarannon hoito reaaltermein mitattuna, keskeiseksi ongelmaksi muodostuu luonnollisesti sopivimman hinta-deflaattorin valinta.

Avoimien kansantalouksien valuuttavarantojen olemassaolo voidaan ensisijassa selittää varovaisuusmotiivin ja/tai harjoitetun valuuttakurssipolitiikan (interventiotarve) avulla. Valuuttavarannon tehtävänä on rahoittaa ulkomaisten menojen enemmyydestä tuloihin nähden syntyvä rahoitusepätasapaino. Vaikka taloudenpitäjien utiliteetti kasvaa yhtäältä kotimaassa ja toisaalta ulkomailla tuotettujen hyödykkeiden kulutuksen avulla, voidaan valuuttavarannon allokointitarkasteluissa olettaa kotimainen kulutus eksogeeniseksi ja määrittää keskuspankin tavoitefunktio relaatioksi ulkomailla tuotettujen hyödykkeiden tuonnista.

Luonteva tapa lähestyä keskuspankin ulkomaisen maksuvalmiuden hinta-deflaattoriongelmaa on tarkastella yksittäisten valuuttojen ostovoimaa

annetun tuontihyödykkekorin suhteen ns. Kouri - Macedo-indeksin avulla (Kouri & Macedo 1978, Macedo 1982).

Seuraavassa oletetaan, että keskuspankin tavoitefunktio on log-lineaarinen tuontihyödykkeiden  $X_i$  suhteen,<sup>7</sup> joiden ulkomaan rahan määräisiä hintoja merkitään  $P = [P_1 \dots P_n]$ . Jos numeraire-valuutaksi valitaan valuutta  $n$ , voidaan valuutan  $k$  ostovoimaa kuvaava indeksi kirjoittaa

$$(54) \quad Q_k = \prod_i \left( \frac{S_k}{S_i} P_i \right)^{-\alpha_i}$$

jossa  $S_i = S_{in} = S_i/S_n$ , kun  $i = 1, \dots, n-1$  ja  $S_n = 1$  sekä  $\alpha_i$  on tuontihyödykkeen  $i$  kulutusosuus, jonka oletetaan ainakin lyhyellä ajanjaksolla säilyvän vakaana. Yhtälö (54) voidaan edelleen kirjoittaa

$$(55) \quad Q_k = \prod_i (S_k/S_i)^{-\alpha_i} \prod_i P_i^{-\alpha_i} = S_k^e \cdot Q$$

Toisin sanoen valuutan  $k$  ostovoima voidaan ilmaista sen kulutusosuuksilla painotetun ulkoisen arvon ja "maailman rahan" ostovoimaa kuvaavan indeksin  $Q$  tulona. Valuutan  $k$  ostovoimaan vaikuttavat näin ollen indeksissä mukana olevien maiden hintatasot,  $k$  valuutan bilateraaliset vaihtokurssit muihin valuuttoihin nähden sekä taloudenpitäjän kulutustottumukset.

Aikaisemmin luvuissa 2.2.2 ja 2.3 jatkuvan ajan stokastisen optimoinnin sekä klassisen portfolioanalyysin avulla johdetuissa sijoituskohteiden kysyntäyhtälöissä (25) ja (30) ei kiinnitetty huomiota rahoitusvaateen tuoton mittaamisongelmaan. Jos esitetyissä kahden rahoitusvaateen pelkistetyissä esimerkeissä käytetään odotetun reaali tuoton

---

<sup>7</sup>Toisin sanoen

$U(X_1 \dots X_n) = \prod_{i=1}^n X_i^{\alpha_i}$ , jossa  $\alpha_i$  on tuontihyödykkeen  $X_i$  kulutusosuus. Hintaindeksi voidaan johtaa myös muille tavoitefunktiospesifikaatioille.



käsitettä, päädytään optimaalista sijoituspolitiikkaa ( $w_1^*$ ,  $w_2^*$ ) kuvaavaan yhtälöön

$$(56) \quad w_1^* = \frac{[R_1 - E(d \ln Q_1)] - [R_2 - E(d \ln Q_2)]}{R_s \theta} - \frac{\sigma_{22} - \sigma_{12}}{\theta}$$

jossa

$$\ln Q_1 = -\alpha_1 \ln P_1 - \alpha_2 \ln P_2 - \alpha_2 \ln S$$

$$\ln Q_2 = -\alpha_1 \ln P_1 - \alpha_2 \ln P_2 + \alpha_1 \ln S$$

Käytännön sovellutuksissa, joissa sijoitushorisontti on hyvin lyhyt, saattaa sopivan hintasarjan konstruointi olla hankalaa. Valuuttasijoitusten reaalityottojen empiriseen analysointiin palataan jäljempänä.

## 4 EMPIIRISIÄ TULOKSIA

Edellä johdettiin modernin portfolioteorian avulla, taustaolettamukset huomioon ottaen, vaihtoehtoisten valuuttasijoitusten kysyntäyhtälöt sekä osoitettiin, että tehokkaiden portfolioiden rakenteeseen vaikuttaa kovarianssi- ja tuottorakenteen lisäksi myös se seikka, tarkastellaanko investointiongelmaa nimellisin vai reaalisiin termein. Lisäksi arvioitiin reaalityottojen mittaamiseen liittyviä ongelmia ja esitettiin nk. Kouri - Macedo-indeksiin perustuva valuutan reaaliarvokäsite. Tämän luvun tavoitteena on arvioida teoriasta johdettujen tuloksien suhdetta empiriaan.

Luku rakentuu seuraavasti: Luvun alussa tarkastellaan teorian soveltamiseen liittyviä ongelmia ja osoitetaan, että sijoituspäätösten taustalla oleva riskimatriisi saattaa ajassa olla varsin epästabili. Koska aidossa, tulevaisuuteen ulottuvassa sijoitustilanteessa investoija joutuu tekemään subjektiivisen arvion valuuttakurssien tulevasta kehityksestä, analysoidaan lisäksi eräiden tyypillisimpien valuuttakurssien määräytymishypoteesien paremmuutta toisiinsa nähden Suomen Pankin noteeramien markkakurssien avulla. Ennustemalleja arvioidaan lähinnä niiden harhattomuuden, tehokkuuden ja ennustevirheen neliön perusteella.

### 4.1 Portfolioteorian empiirisiä ongelmia

Käytännön sovellutusten kannalta merkittävä mutta kansainvälisessä empiirisessä tutkimuksessa varsin vähän huomiota osakseen saanut seikka on investointipäätösten luonne ex post ja ex ante. Kuten jo luvussa 3.1.1. osoitettiin, voidaan tehokkaiden portfolioiden ura laskea ratkaisemalla rajoitettu minimointitehtävä, jossa valuuttaportfolion varianssi minimoidaan, samalla kun odotettu tuotto pidetään annetulla tasolla. Tämän uran pisteitä riski - tuotto-avaruudessa vastaavat optimaaliset sijoituskombinaatiovektorit  $w = (w_1, \dots, w_n)'$ , joita karakte-

risoivat edellä mm. yhtälöt (25) ja (30).<sup>1</sup> Kirjoitetaan optimointiongelma vielä uudestaan.

$$\text{Min } w' \Omega w$$

$w$

(57) ehdolla, että

$$\Pi = w' \tau$$

$$1 = w' e$$

Tavanomainen menettely on estimoida yhtälöryhmän (57) parametrit, kovarianssimatriisi ja odotettujen tuottojen vektori toteutuneen markkinakehityksen perusteella ex post ja käyttää näin saatuja estimaatteja sijaisparametreina tulevaisuuteen ulottuvia investointipäätöksiä tehtäessä.

Jos sijaisparametreja laskettaessa odotettujen tuottojen vektori ratkaistaan menneiden tuottojen keskiarvojen avulla, tehdään implisiittinen olettaamus tuottojakauman muodosta (normaali) ja jakauman estimoitujen tilastollisten ominaisuuksien oletetaan approksimoivan riittävässä määrin jakaumien tulevia ominaisuuksia. Näin ovat menetelleet mm. Ben-Bassat (1980), Grubel (1968), Levy ja Sarnat (1978) ja Levy (1981).

Jos valuuttasijoituskohteiden tuotot eivät noudata normaalijakautumaa tai niiden kovarianssi-variassimatriisi  $\Omega$  on ajassa kovin epästabili, saattaa sijoittaja saada liian optimistisen näkemyksen suoritetusta sijoitustoiminnasta ja todelliset riskeillä korjatut toteutuneet tuotot ovat pienempiä kuin ex ante arvioitiin.

Kuvioissa 2a - 2h on esitetty eräiden tärkeiden päävaluuttojen valuuttakurssimuutoksilla korjattujen 1 kuukauden eurotalletustuottojen väliset korrelaatiofunktiot vuoden 1983 kuluessa. Otosta (12 taseviikko-

---

<sup>1</sup>N-uloitteisesta ratkaisusta ks. Lehussaari & Tarkka 1984 ja Szegö 1980.

hav.)<sup>2</sup> on liu'utettu yli havaintovälin lisäämällä ja poistamalla aina yksi havainto, kun se on ollut mahdollista. Kuten kuvioista havaitaan, on valuuttojen tuottojen välinen korrelaatio ajassa selvästi epästabili, minkä johdosta investointipäätös on useimmiten epäoptimaalinen "jälkiviisaasti" laskettuihin sijoituskombinaatioihin verrattuna.

Liitekuvioissa (ks. liite 3) on lisäksi esitetty eräiden päävaluuttojen 5 ja 20 noteerauspäivän markkakurssinmuutosten väliset korrelaatiot vastaavana ajanjaksona. Kuvioista voidaan todentaa korrelaatioarvojen vaihtelun keskimääräinen lisääntyminen korkotekijän poisjättämisen vuoksi. Erityisesti Saksan markan ja Japanin jenin välinen korrelaatio näyttää olevan lähes satunnainen kertoimien  $-0.9$  ja  $0.9$  välillä.<sup>3</sup> Toisaalta sekä Englannin punnan ja Saksan markan että dollarin ja Saksan markan väliset korrelaatiot ovat ajoittain olleet melko stabiileja ja negatiivisia, mikä todennäköisesti merkitsisi niiden varsin suurta osuutta vuodelle 1983 lasketussa neljän valuutan ex post optimaalisessa sijoitussalkussa.

Tuottojen korrelaatorakenteen epästabiilisuus merkitsee, että tehokaiden portfolioiden ura riski - tuotto-koordinaatistossa muuttuu jatkuvasti ajassa, minkä johdosta sijoittaja (keskuspankki) joutuu usein ex ante sijoitustilanteessa valitsemaan "toiseksi parhaan" investointistrategian. Epästabiilin kovarianssimatriisin aiheuttaman "sijoitusvirheen" suuruuden määrittäminen eksplisiittisesti on kuitenkin vaikea tehtävä, kuten mm. Levy (1973, 1983) on osoittanut.

Sijoituspäätöksiin liittyvien potentiaalisten virheiden pienentäminen edellyttää päätöksentekijän kannalta aitojen ex ante tuotto-odotusten

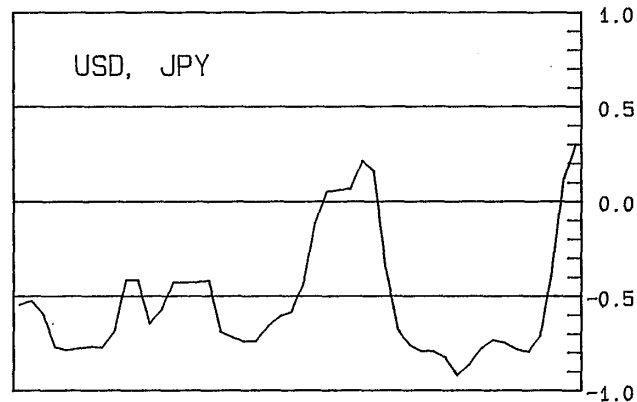
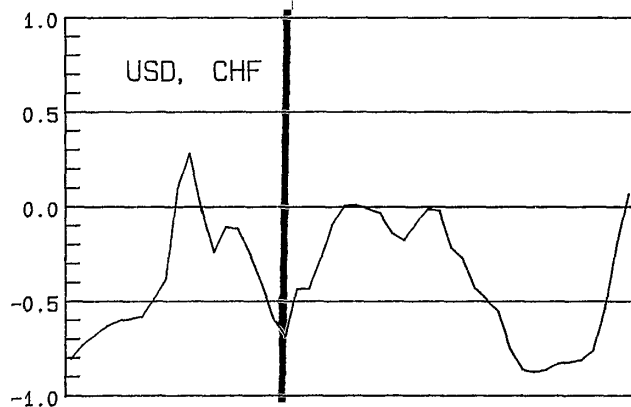
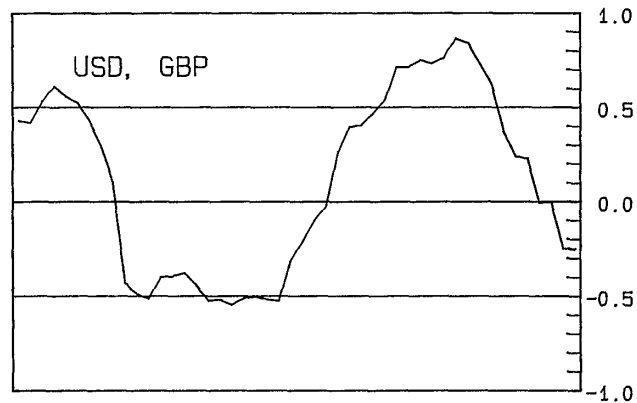
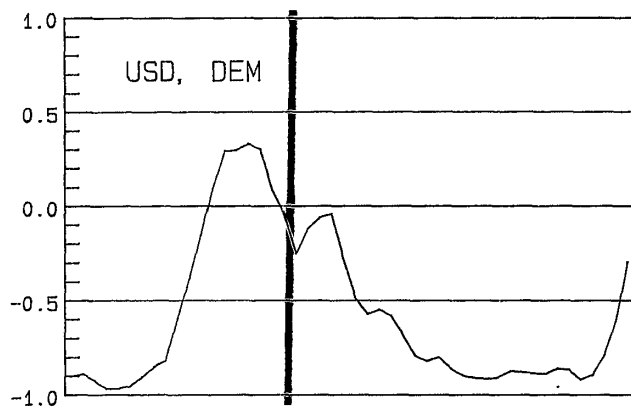
---

<sup>2</sup>Taseviikkohavainnoista ks. liite 2.

<sup>3</sup>Jos kahden sijoituskohteen välinen korrelaatio on yksi, voidaan alempituottoinen sijoituskohte jättää välittömästi portfolioista pois. Sen sijaan, mitä pienempi korrelaatio on, sitä paremmat mahdollisuudet on muodostaa vähävarianssinen sijoitussalkku.

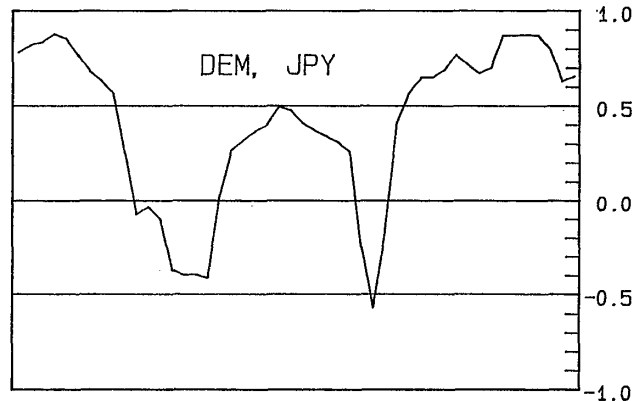
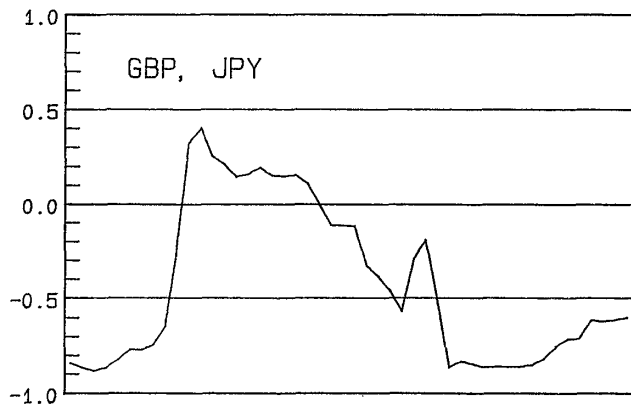
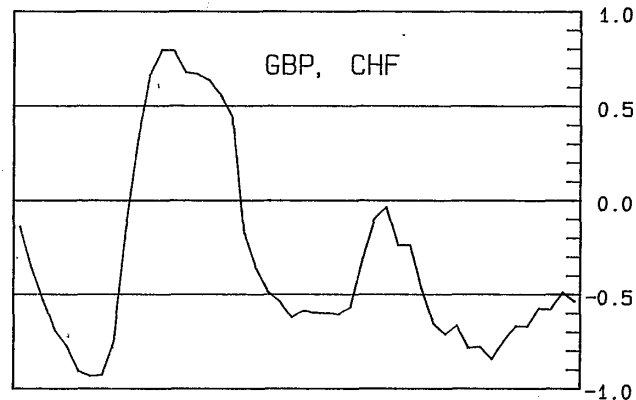
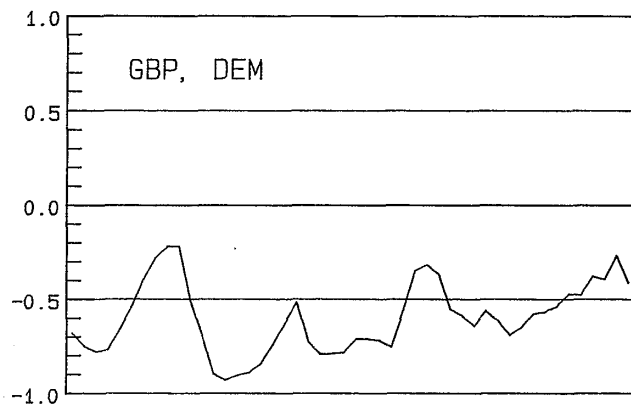
Kuvio 2. (a-d)

KURSSIMUUTOKSILLA KORJATTUJEN 1 KK TUOTTOJEN  
KORRELAATIO V. 1983



Kuvio 2. (e-h)

KURSSIMUUTOKSILLA KORJATTUJEN 1 KK TUOTTOJEN  
KORRELAATIO V. 1983



määrittämistä. Toisin sanoen jos sijoittaja ei voi olla vakuuttunut tuottojakauman normaalisuudesta ja stabiilisuudesta, tulee otoksesta laskettu tuottojen keskiarvo korvata mahdollisimman hyvän odotushypoteesin tuottamalla ennusteella.

Näin ovatkin menetelleet mm. Cuddington ja Gluck (1983), Furstenberg (1981) sekä Makin (1978), jotka ovat suorittaneet kansainvälisten valuutta- ja rahoitusmarkkinoiden empiiristä portfolioanalyysia, jossa ainakin osittain on pyritty ottamaan huomioon investointipäätöksen luonne ex ante. Furstenberg (1981) mm. generoi valuuttakurssimuutos-odotuksia neljännesvuosiaineistosta liukuvan keskiarvon avulla. Valuuttakurssimuutosten kovarianssivarianssimatriisi lasketaan Furstenbergin tutkimuksessa kuitenkin klassiseen tapaan. Makin (1978) sen sijaan käyttää yksinkertaista random walk -hypoteesia ja termiinikurssiennustetta neljännesvuosiaineistossa kuvaamaan odotettua valuuttakurssinkehitystä ja päivittää aina kovarianssimatriisin alkiot havaintojen niin salliessa.

Johdonmukaisimman lähestymistavan ovat kuitenkin esittäneet Cuddington ja Gluck (1983), mitä myös tässä tutkimuksessa osittain noudatetaan. Heidän analyysissaan valuuttakurssiodotukset on generoitu termiinienusteen, random walk -hypoteesin sekä korkopariteetin avulla ja sijoitusportfolioon liittyvä epävarmuus on kuvattu valuuttakurssiennustevirheiden perusteella tavanomaisen sijoitussalkun vaihtelua ilmaisevan keskihajonnan (varianssin) sijasta.

Ajatellessaan nyt seuraavassa tilannetta, jossa keskuspankki sijoittaa valuuttavarannon yksinomaan lyhytaikaisiin aikatalletuksiin ulkomaille ja sijoitusten kannattavuutta arvioidaan niiden nimellisten markkatuottojen perusteella.<sup>4</sup> Ex post -tarkastelussa tällaisen i:nnen valuuttasijoituksen tuotto voidaan kirjoittaa

---

<sup>4</sup>Toisin sanoen keskuspankki pyrki kirjanpidollisen tuloksen optimoitiin.

$$(58) \quad \tau_t^i = \frac{1}{S_{i,t}} (1 + R_t^i) S_{i,t+1} - 1$$

ja odotettu tuotto ex ante

$$(59) \quad E(\tau_t^i) = \frac{1}{S_{i,t}} (1 + R_t^i) E S_{i,t+1} - 1,$$

jossa  $S_i$  on valuutan  $i$  markkakurssi ja  $R^i$  valuutan  $i$  aikatalletuksesta maksettu korko. Valuutan  $i$  avoimeen positioon liittyvää epävarmuutta voidaan arvioida ennustevirheen neliön avulla.

$$(60) \quad \text{MSE}^i = E(\tau_t^i - E\tau_t^i)^2$$

Tällöin relevantti riskimatriisi ex ante mielessä aikaisemmissa tarkasteluissa käytetyn  $\Omega$  sijasta voidaan kirjoittaa

$$(61) \quad \bar{\Omega} = \frac{1}{N} \begin{bmatrix} \sum_t (\tau_t^1 - E\tau_t^1)^2 & \dots & \sum_t (\tau_t^1 - E\tau_t^1)(\tau_t^n - E\tau_t^n) \\ \vdots & & \vdots \\ \sum_t (\tau_t^n - E\tau_t^n)(\tau_t^1 - E\tau_t^1) & \dots & \sum_t (\tau_t^n - E\tau_t^n)^2 \end{bmatrix}$$

Tehokkaiden valuuttasijoitusportfolioiden ura saadaan ratkaisemalla minimointitehtävä

$$(62) \quad \min w' \bar{\Omega} w$$

ehdolla, että

$$\Pi = w' \underline{1}$$

$$1 = w' e$$



jossa  $\underline{\tau} = [E(\tau^1), \dots, E(\tau^N)]'$ . Toisin sanoen keskuspankin tulisi löytää sijoitussääntö siten, että epävarmasta valuuttakurssinkehityksestä johtuva ennustevirheriski portfoliotasolla on mahdollisimman pieni annettu tuottotavoite huomioon ottaen.

#### 4.2 Valuuttakurssien odotushypoteesien testaus

Edellä todettiin, että valuuttainvestointeihin liittyvien potentiaalisten virheiden pienentäminen (suboptimalisuus) edellyttää sijoittajalta aitojen ex ante -tuotto-odotusten määrittämistä yhtälön (59) karakterisoimalla tavalla.

Vaikka tämän tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena ei ole selvittää Suomen aineistolla vaihtoehtoisten valuuttakurssien määräytymistä koskevien hypoteesien paremmuutta toisiinsa nähden, joudutaan jatkoanalyysin toteuttamiseksi (aitojen sijoitussääntöjen testaus) tekemään jokin valinta kilpailevien hypoteesien kesken. Tämän johdosta seuraavassa arvioidaan tavanomaisiin ekonometrisiin kriteereihin tukeutuen ainoastaan joidenkin yleisimpien ennustehypoteesien sopivuutta Suomen markkakurssiaineistoon. Tutkimuksen rajallisuuden johdosta myös ennustemallien harhattomuuden ja tehokkuuden stabilisuuden testaaminen sivuutetaan.

Kuten Oksanen (1981, 1984, 1985) on huomauttanut voidaan Suomen markkoina ilmaistut valuuttakurssinmuutokset jakaa kahteen osaan. Valuuttojen markkakurssit saattavat muuttua toisaalta sen johdosta, että ulkomaisten valuuttojen keskinäiset kurssit heilahtelevat, ja toisaalta sen johdosta, että Suomen viranomaiset muuttavat Suomen markan ulkoista arvoa kuvaavan valuuttaindeksin pistelukua. Toisin sanoen logaritmissen differenssien avulla valuuttojen markkakurssien muutos voidaan kirjoittaa  $\dot{s}_{fim,j} = \dot{s}_{fim,b} + \dot{s}_{b,j}$ , jossa  $\dot{s}_{fim,j}$  on valuutan j Suomen markkoina ilmaistun arvon muutos,  $\dot{s}_{fim,b}$  on Suomen Pankin valuuttaindeksin muutos ja  $\dot{s}_{b,j}$  on valuutan j arvon muutos valuuttaindeksiin (valuuttakorin) nähden. Yritysten kannalta edellä kuvattu dekomponointi on joissain tapauksissa hyödyllinen. Ulkomaisten valuuttojen keskinäisten kurssinvaihteluiden aiheuttama epävarmuus voidaan aina pyrkiä eli-

minoimaan jakamalla yritysten ulkomainen velka tai saatava mahdollisimman yhdenmukaisesti Suomen Pankin valuuttaindeksin painojen mukaisesti. Valuuttaindeksin muutoksia vastaan diversifioinnilla ei kuitenkaan voida suojautua, minkä vuoksi ulkomaisiin velkoihin tai saataviin liittyvän valuuttakurssiriskin suojaaminen esimerkiksi termiinimarkkinoilla saattaa tietyn suuntaisissa odotustilanteissa olla perusteltua.

Keskuspankin näkökulmasta ja erityisesti valuuttakurssien määräytymistä kuvaavien hypoteesien testauksessa edellä mainittu jaottelu ei kuitenkaan ole välttämätön. Tämä johtuu ensisijassa siitä, että käytännössä diversifiointi on ainoa käyttökelpoinen suojautumisstrategia keskuspankille. Kurssiriskisuojan hankkiminen varannon Suomen markkoina ilmaistun arvon muutoksia vastaan esimerkiksi termiinimarkkinoilla on käytännössä mahdotonta. Toisin sanoen vaikka keskuspankilla on mahdollisuus vaikuttaa valuuttaindeksin arvoon, ei se indeksin muutoksista syntyvää nimellistä kurssiriskiä voi siirtää muille markkinaosapuolille. Lisäksi koska Suomen Pankin valuuttaindeksin muutokset kohdistuvat samansuuruisina kaikkiin valuuttoihin, ei ennustehypoteesien parermmuutta toisiinsa nähden arvioitaessa odotetun muutoksen dekomponointi myöskään tässä mielessä näyttäisi olevan tarpeellinen. Niinpä jäljempänä vaihtoehtoisia odotushypoteeseja arvioitaessa nojaututaan kansainvälisessä kirjallisuudessa yleisesti noudatettuun testausmenetelyyn.

Toisaalta koska keskuspankki voi vaikuttaa valuuttaindeksin arvoon, voi se myös välillisesti vaikuttaa sijoituspäätösten optimoinnissa käytettyyn riskimatriisiin ex ante. Empiirisen analyysin kannalta tämän huomioon ottaminen edellyttäisi kuitenkin olettamusta keskuspankin valuuttakurssipolitiikan määräytymisestä. Tämän tutkimuksen empiirisessä osassa, jossa analysoidaan aitoja sijoitustilanteita, ajatellaan, että keskuspankki ei myöskään tässä mielessä voi ottaa huomioon valuuttakurssipolitiikan vaikutusta käytännön sijoituspolitiikassa. Empiiristen tulosten kannalta olettamuksella ei juurikaan ole merkitystä, koska analyysissä käytetyn tarkasteluajanjakson kuluessa valuuttaindeksi on ollut hyvin vakaa. Luvussa 5, jossa mm. tarkastellaan valuuttadiversifioinnilla saavutettavissa olevia etuja kelluvien valuuttakurs-

sien aikana, arvioidaan kuitenkin myös Suomen Pankin valuuttaindeksin muutosten vaikutusta optimaaliseen valuuttakoostumukseen.

Valuuttakurssien määräytymistä käsittelevät mallit voidaan pelkistetyksi jaotella arbitraasi- (spekulaatio-), aikasarja- ja rakennemalleihin. Tässä tutkimuksessa keskitytään ainoastaan kahteen ensiksi mainittuun malliryhmään. Arbitraasi- ja spekulatiomalleja analysoidaan termiinikurssiennuste-, random walk ja korkopariteettihypoteesin avulla sekä aikasarjalleja ARIMA-tekniikan pohjalta.<sup>5</sup>

Testattavat hypoteesit voidaan tällöin muotoilla seuraavasti

$$A. \quad E_t (S_{t+n}) = S_t \left( \frac{1+r_n^d}{1+r_n^f} \right) \quad (\text{korkopariteetti})$$

$$B. \quad E_t (S_{t+n}) = F_{t,n} \quad (\text{termiinikurssi})$$

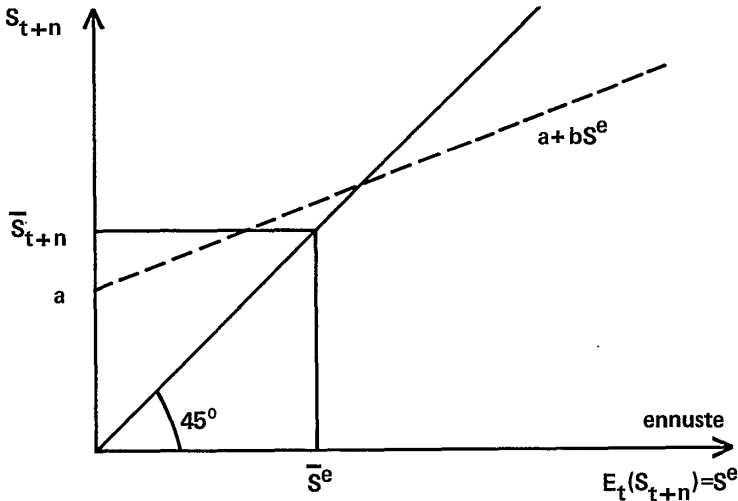
$$C. \quad E_t (S_{t+n}) = S_t \quad (\text{random walk})$$

$$D. \quad E_t (S_{t+n}) = \zeta(B)^{-1} \circ (B)a_{t,n}, \quad \zeta(B) = \phi(B)\nabla^d \quad (\text{aikasarja})$$

Luontevin tapa kolmen ensiksi esitetyn hypoteesin empiiriseen arviointiin on Theilin (1961) kehittämä ennusteanalyysi, jota lienee käytännöllisintä havainnollistaa Mincerin ja Zarnowitzin (1969) esittämän kuviotarkastelun avulla.

<sup>5</sup>Rakennemalleista ks. esim. Bilson (1978), Dornbusch (1983b), Korkman (1980, s. 15 - 42), Krueger (1983), Levich (1983) ja Shafer & Loopesko (1983).

Kuvio 3. VALUUTTAKURSSIENNUSTEIDEN TESTAUS



Kuviossa 3 odotettu valuuttakurssi ja valuuttakurssin toteutunut realisaatio on esitetty samassa koordinaatistossa, jossa origon kautta kulkeva suora ( $45^0$ ) edustaa nk. "täydellisiä" ennusteita. Hypoteeseja A-C on jäljempänä testattu regressiosuoran (63) avulla, jonka eräs mahdollinen otoksesta laskettu sovite on esitetty kuviossa 3 katkoviivalla.

$$(63) \quad S_{t+n} = a + bE_t(S_{t+n}) + u_t$$

Jos valuuttakurssiennuste on harhaton, tulisi otoksesta laskettujen ennuste- ja realisaatiokeskiarvojen olla asymptoottisesti yhtä suuria, ts.  $\bar{S}_{t+n} = \bar{S}^e$ , ja regressiosovitteen kulkea tämän pisteen kautta. Harhattomuuden lisäksi olisi myös toivottavaa, että sovitteen parametri  $b$  ei poikkea merkittävästi ykkösestä, jolloin ennuste olisi mahdollisimman tehokas eikä systemaattisia toteutuneiden arvojen ylittäviä tai alittavia ennustevirheitä syntyisi (ts. sovite yhtyy  $45^0$  suoraan).

Ennusteiden harhattomuutta ja tehokkuutta on jäljempänä testattu vaihtotehtoisten ennustemallien osalta yhteishypoteesina F-testin avulla

( $a=0$  ja  $b=1$ ) ja tapauksessa, jossa nollihypoteesi hylätään erikseen  $t$ -testiin perustuen  $\bar{S}^e = \bar{S}_{t+n}$ ,  $\hat{b} = 1.6$

Ennustemallien A - C estimoinneissa käytettiin valuuttojen markkanoteerauksien taseviikkokeskiarvoja vuoden 1982 kesäkuun ensimmäisestä taseviikosta vuoden 1984 syyskuun toiseen taseviikkoon ( $N = 109$ ).<sup>7</sup> Yhtälöön (63) perustuvien estimointitulosten lisäksi mallien paremmuutta toisiinsa nähden on arvioitu otosten tuottamien ennustevirheiden  $e_t = \ln [E_t(S_{t+n})/S_{t+n}]$  avulla.

Arima-mallien identifioinneissa ja estimoinneissa käytettiin havaintoja vuoden 1980 huhtikuun toisesta taseviikosta vuoden 1982 toukokuun ensimmäiseen taseviikkoon ( $N = 100$ ) ja estimoitujen mallien avulla generoitiin otoksen ulkopuolisia ennusteita vuoden 1984 toiseen taseviikkoon saakka. Myös Arima-malleille laskettiin ennustevirheisiin perustuvat tunnusluvut. Seuraavassa tarkastellaan ennustemallien perusteita ja estimointituloksia hiukan yksityiskohtaisemmin.

#### 4.2.1 Terminikurssiennuste

Valuuttakurssien määräytymistä käsittelevässä kirjallisuudessa laajimman huomion arbitraasimalleista on saavuttanut terminikurssiennuste. Terminimarkkinoiden toimintaa analysoivista klassisista tutkimuksista on lähinnä mainittava Stoll (1968) ja Tsiang (1959) sekä uudemmassa Kouri (1976).

Viime aikoina tehdyistä runsaista empiirisistä analyyseistä huolimatta näyttää siltä, että terminikurssin käyttö kurssiennusteena on edel-

---

<sup>6</sup>Kahden otoksen keskiarvotestin, joiden perusjoukkojen varianssit ovat tuntemattomia ja erisuuria,  $t$ -luku noudattaa Studentin-jakaumaa vapausastein  $f$ , jonka arvo riippuu otoskoosta ja otosvariansseista (ks. esim. Vasama & Vartia 1973, s. 626). Random walk -hypoteesin testauksessa on käytetty nk. Dickey & Fuller -testiä.

<sup>7</sup>Jäljempänä taseviikkojen järjestysnumeroita on merkitty B:llä (järjestysnumero). Esimerkiksi 1984B34 viittaa siten vuoden 1984 34:een taseviikkoon. Ks. tarkemmin liite.

leen jossain määrin kiistanalainen. Cornell (1977) on mm. osoittanut 7 valuuttaa käsittävässä ja ajanjaksoa 1973 - 1977 koskevassa tutkimuksessa, että 1 kuukauden termiinikurssia voidaan pitää harhattomana tulevan avistakurssin ennusteena ja että termiiniennusteeseen perustuvan avoimen position systemaattinen riski on tilastollisesti merkitykseltön. Termiinikurssin harhattomuutta kurssiennusteena tukevat myös Frenkelin (1981) tutkimus, joka analysoi neljää päävaluuttaa kuukausiaineistoilla (1973 - 1979), sekä osittain Stockmanin (1978) suorittama analyysi (1973 - 1977).

Edellä esitettyihin johtopäätöksiin eivät kuitenkaan yhdy mm. Urwin (1983) sekä Murfin ja Ormerod (1984)<sup>8</sup>. Myös Giddy ja Dufey (1975), testattuaan viittä vaihtoehtoista valuuttakurssien odotushypoteesia, toteavat termiinikurssiennusteen sopivan havaintoihin heikoimmin.

Terminimarkkinoilla toimivat taloudenpitäjät jaetaan tyypillisesti arbitraasin tekijöihin sekä spekulattoreihin. Arbitraasin tekijät eivät ota avoimia positioita vaan siirtävät ainoastaan pääomia sijoituskohteesta toiseen tuottoerojen perusteella. Terminimarkkinoilla toimiva spekulaattori sen sijaan ottaa harkittuja avoimia valuuttapositioita valuuttakurssi-odotusten määrittämällä tavalla. Sijoittaja voi luonnollisesti olla sekä arbitraasin tekijä että spekuloija.

Arbitraasin tasapainottava termiinikurssi voidaan ilmaista

$$(64) \quad F^* = S \left[ \frac{1 + r^d}{1 + r^f} \right]$$

jossa  $F^*$  on ulkomaan valuutan termiinihintana kotimaan valuuttana,  $r^d$  kotimainen korko ja  $r^f$  vastaava ulkomainen korko. Toisin sanoen ehdosta  $F = F^*$  seuraa, että arbitraasivoittoja ei synny. Jos  $F > F^*$ , pääomaa virtaa kotimaasta ulos ja päinvastoin. Arbitraasin tekijöiden termiini-positio  $T$  määräytyy yhtälön (65) perusteella

---

<sup>8</sup>Teoreettisissa tutkimuksissa termiinioteerauksen harhaisuus tulevan avistakurssin ennusteena on mm. osoitettu Solnikin (1974) ja Kourin (1976) tutkimuksissa.

$$(65) \quad T^a = \alpha (F^* - F)$$

jossa  $\alpha$ :n arvo määräytyy arbitraasioperaatioihin liittyvistä riskeistä<sup>9</sup> ja arbitroijan riskiaversiosta.

Jos korkoarbitraasin tekijä on riskineutraali tai sijoituksiin ei liity epävarmuutta, niin  $F^* = F$ . Tällöin yhtälö (64) voidaan kirjoittaa perinteisessä katetussa pariteettimuodossa

$$(66) \quad \frac{F - S}{S} = \frac{r^d - r^f}{1 + r^f} \approx r^d - r^f$$

Kuvioissa 4a - 4g on esitetty tärkeimpien päävaluuttojen pariteetti-urat, sekä valuuttojen termiinidiskontto/-premio. Kotimaisena korkona on käytetty päiväluottokorkoa ja keskimääräistä markkinakorkoa. Kuten kuvioista havaitaan, katettu korkopariteetti ei ole ollut voimassa Suomen valuuttamarkkinoilla. Kuvioiden perusteella ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä pankkien mahdollisista arbitraasivoitoista, koska transaktiokustannuksia ei ole otettu huomioon eikä pankkien käyttäytymisestä epävarmuuden vallitessa ja sijoitusten riskiominaisuuksista ole riittävää tietoa. Lisäksi oikean kotimaisen referenssikoron valintaongelma vaikeuttaa pariteettipoikkeamista tehtäviä johtopäätöksiä.

Termininoteerauksen käyttö tulevan avistakurssin ennusteena perustuu kuitenkin ensi sijaisesti spekulattoreiden käyttäytymiseen. Ehdosta  $F > S^e$ , jossa  $S^e$  on spekuloidijan odotus tulevasta avistakurssista, seuraa termiinivaluutan tarjonnan lisäys ja päinvastoin,<sup>10</sup> ts.

<sup>9</sup>Tässä riskillä ei tarkoiteta valuuttakurssiriskiä, sillä onhan kysymyksessä katettu korkoarbitraasi, vaan pikemminkin konkurssi-, poliittista- ja/tai likviditeettiriskiä.

<sup>10</sup>Spekulaation volyyymia arvioitaessa on hyvä muistaa, että avoimen position ottaminen termiinimarkkinoilla ei edellytä nettoinvestointeja.

$$(67) \quad T^S = \beta (S^e - F)$$

jossa  $\beta$  riippuu spekuloidijan suhtautumisesta valuuttakurssiriskiinkin sekä valuuttakurssin tulevaan arvoon liittyvästä subjektiivisesta todennäköisyysjakaumasta. Termiinikurssi  $F$  määräytyy arbitraattoreiden ja spekulattoreiden ottamien avoimien positioiden tasapainon perusteella, ts.  $T^a + T^S = 0$  (Keskuspankin termiinipositio oletetaan nollassa). Jos spekuloidija on kuitenkin riskineutraali tai tulevaan valuuttakurssiin ei liity epävarmuutta ( $\beta \rightarrow \infty$ ) määrittää valuutan termiinipositio valuuttakurssin odotusarvon, ts.  $F = S^e$ . Jos valuutta- ja rahoitusmarkkinoiden luonteesta sekä taloudenpitäjien hyötyfunktioista tehdään lisäoletuksia (mm. ostovoimapariteetti, kvadraattisuus), voidaan osoittaa (Frankel (1979)), että  $F = S^e$  myös riskinkarttamistapauksessa.

Kuvioissa 5(a-d) ja 6(a-d) on esitetty eräiden päävaluuttojen termiinimarkkaurssien ennustekyky. Kuvioista nähdään, että vaikka termiinikurssit myötäilevät selvästi tulevia avistakursseja, ne kuitenkin aliarvioivat avistakurssin, kun kurssikehitys on nouseva, ja yliarvioivat avistakurssin päinvastaisessa tapauksessa.

Ajatellaan nyt, että keskuspankki käyttäisi termiinikurssiennustetta valuuttavarannon diversifioinnin määrittämisessä. Tällöin i:nnen sijoituskohteen odotettu tuotto voitaisiin kirjoittaa

$$(68) \quad E(\tau_t^i) = \frac{1}{S_{i,t}} (1+R_t^i) F_t - 1$$

ja avoimeen positioon liittyvä riski

$$(69) \quad E[\tau_t^i - E(\tau_t^i)]^2 = \left(\frac{1+R_t^i}{S_{i,t}}\right)^2 E(S_{i,t+1} - F_t)^2$$

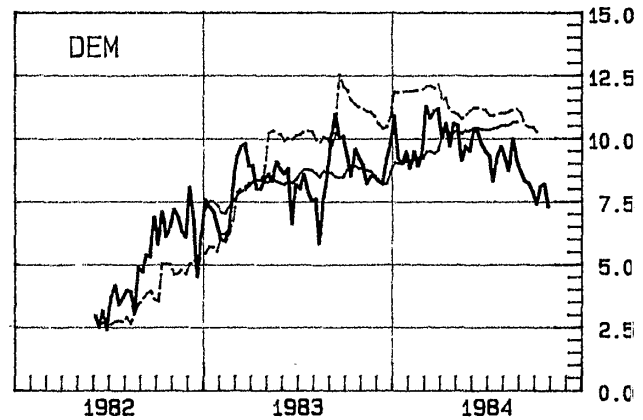
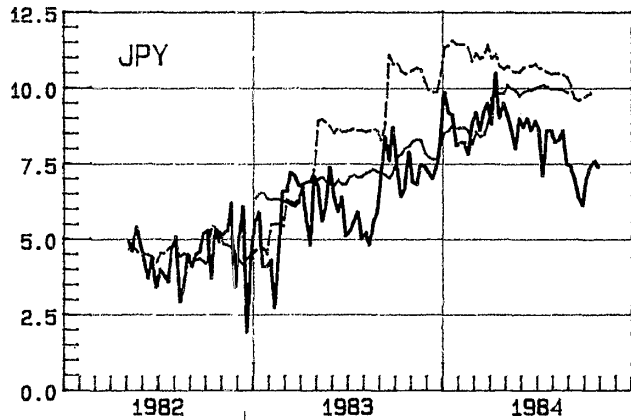
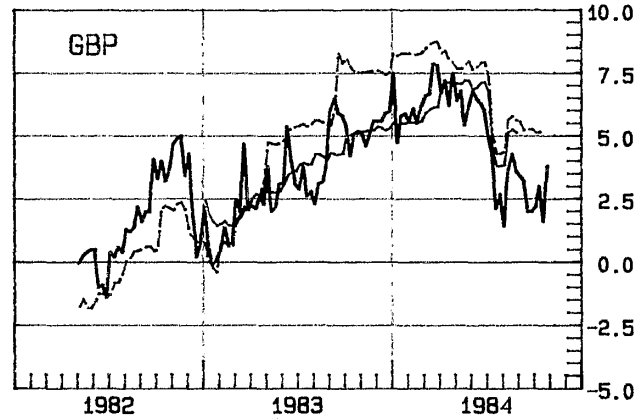
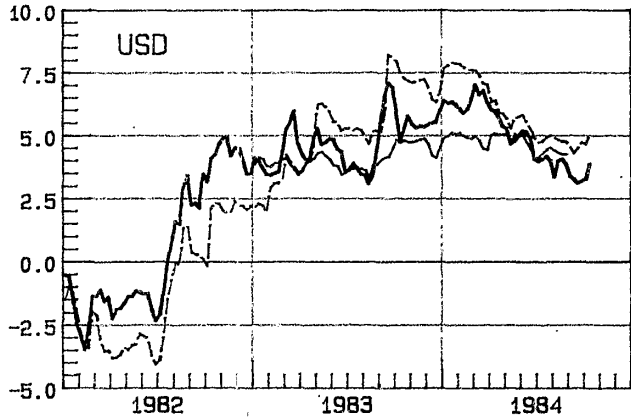
Investointi olisi ainoastaan riskitön silloin, kun  $S_{i,t+1} = F_t$  kaikille  $t$ .



Kuvio 4. (a-d)

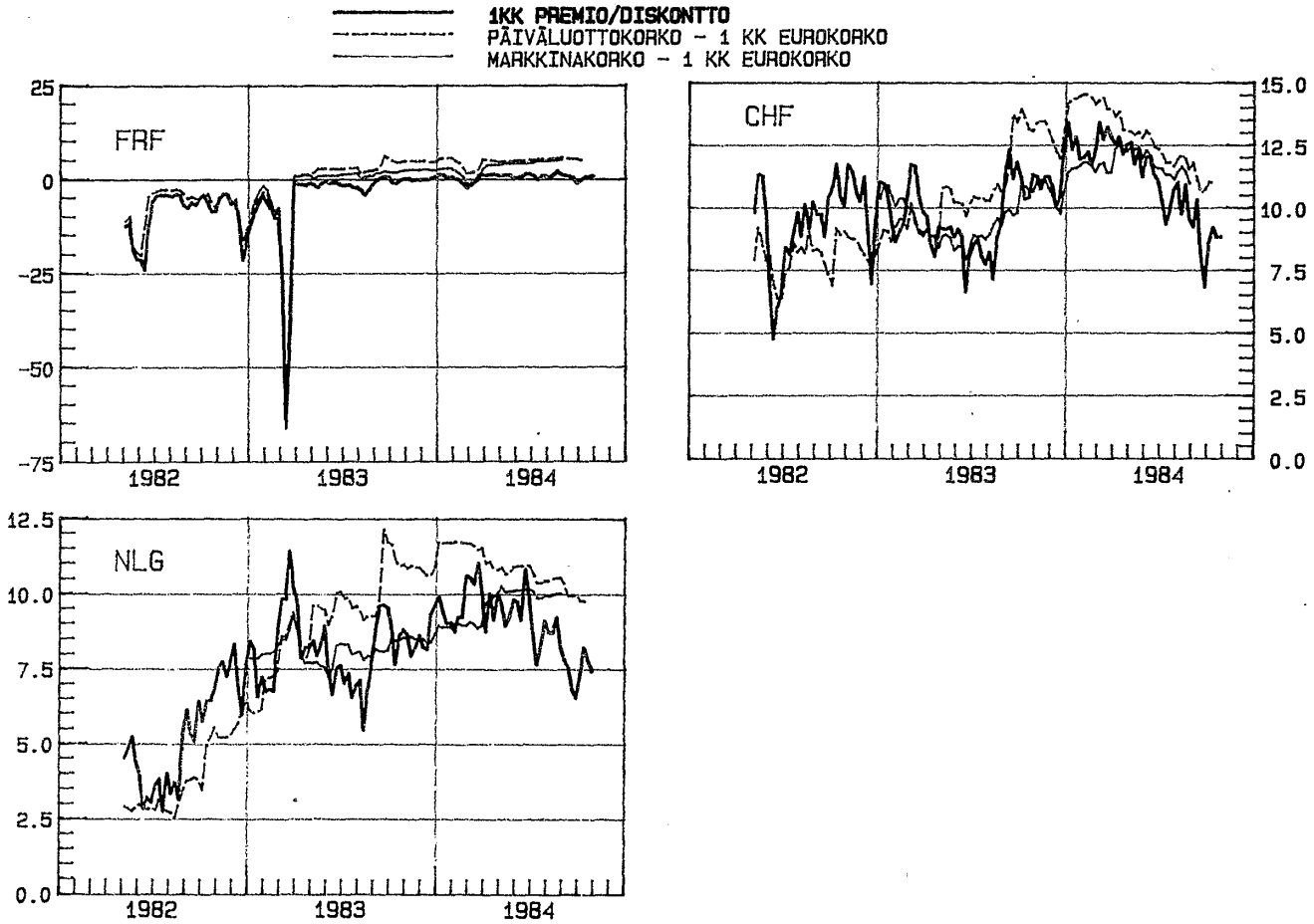
# KATETTU KORKOPARITEETTI

—— 1KK PREMIO/DISKONTO  
- - - - PÄIVÄLUOTTOKORKO - 1 KK EUROKORKO  
—— MARKKINAKORKO - 1 KK EUROKORKO



Kuvio 4. (e-g)

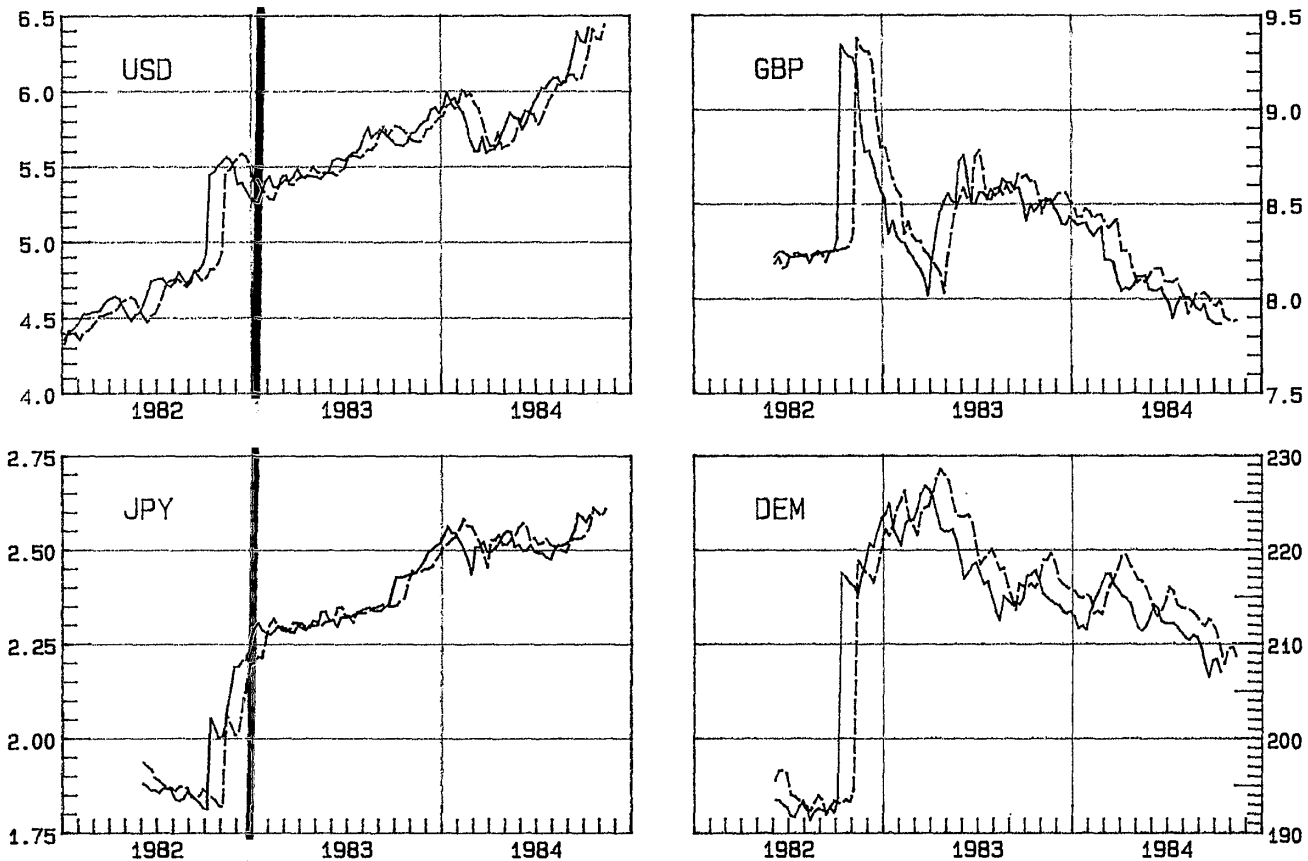
### KATETTU KORKOPARITEETTI



Kuvio 5. (a-d)

# TERMIINIKURSSIEN ENNUSTEKYKY

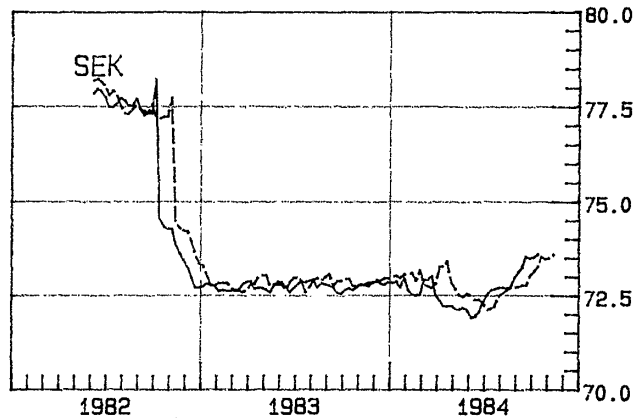
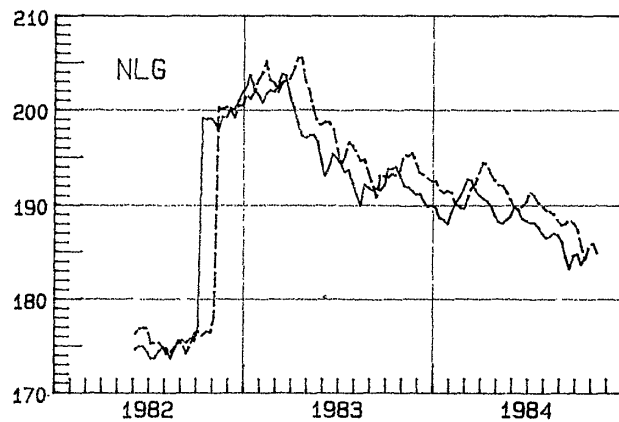
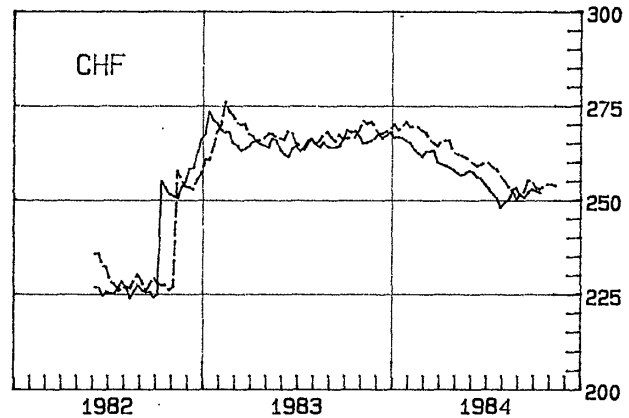
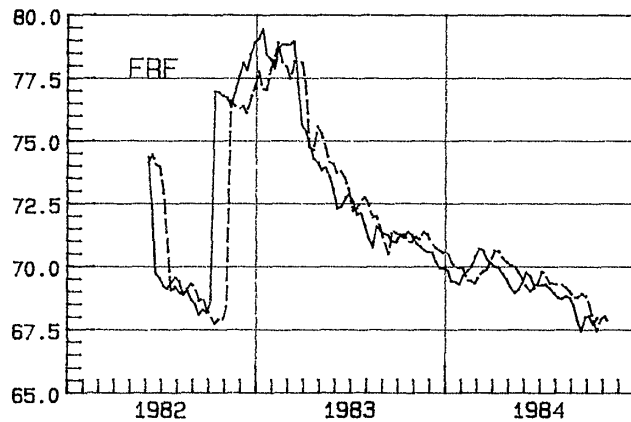
— AVISTAKURSSI  
- - - TERMIINIKURSSI



Kuvio 6. (a-d)

### TERMIINIKURSSIEN ENNUSTEKYKY

— AVISTAKURSSI  
- - - TERMIINIKURSSI



Terminikurssiennustetta voidaan testata empiriassa edellä esitetyn Theilin ennusteanalyysin avulla. Kirjoitetaan estimoitava yhtälö seuraavasti

$$(70) \quad \ln S_{t+n} = a + b \ln F_{t,n} + u_t$$

Jos terminikurssinoteeraus on tulevan valuuttakurssin harhaton ja tehokas estimaattori, voidaan nollahypoteesiksi asettaa yhteisehto  $a = 0$  ja  $b = 1$ . Estimoitavan yhtälön jäännökset eivät myöskään saisi olla autokorreloituneita testitulosten luotettavuuden takaamiseksi, mikä myös merkitsisi, että  $F_{t,n}$  sisältää kaiken relevantin informaation tulevasta avistakurssista. Lisäksi ennusteen harhattomuutta ja tehokkuutta voidaan testata erikseen nollahypoteesien  $\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$  ja  $\hat{b} = 1$  avulla. Avista- ja terminikurssinoteerauksista on käytetty logaritmissa transformaatiota nk. Siegelin (1972) paradoksin välttämiseksi.<sup>11</sup>

Yhtälön (70) PNS-menetelmällä estimoidut tulokset kuuden tärkeän päävaluutan markkakurssseille on esitetty taulukossa 1. Koska käytettävissä olleen termininoteerausaineiston lyhyin juoksuaika oli yksi kuukausi, ennuste ulottui neljä taseviikkohavaintoa eteenpäin.

Estimointitulosten perusteella nollahypoteesi terminienennusteen harhattomuudesta ja tehokkuudesta on hylättävä tarkasteluajanjaksolla kaikkien kuuden valuutan osalta F-testin perusteella ( $a = 0$  ja  $b = 1$ ). Taulukosta 1. havaitaan lisäksi, että hypoteesia terminikurssiennusteen harhattomuudesta ei-voida hylätä. Hypoteesi ennusteen tehokkuudesta sitä vastoin joudutaan hylkäämään kaikkien valuuttojen osalta.

Yhtälön (70) jäännöstermien autokorrelaatiota on testattu sekä Durbin - Watson (D-W) -testisuureella että Breusch - Pagan (B-P)

---

<sup>11</sup>Logaritmisesta muodosta seuraa, että tulosten tulkinnan kannalta ei ole merkitystä, käytetäänkö tietyn valuutan markkakurssia vai markan arvoa tänä valuuttana (ks. myös Roper 1975).

Lagrange-kerroin testisuurella (Breusch & Pagan 1980), joka noudattaa normaalijakaumaa parametrein (0,1), kun  $H_0$  on voimassa (ei autokorrelaatiota). Tuloksista nähdään, että D-W testisuure viittaa jännösten ensimmäisen asteen autokorrelaatioon kaikkien kuuden valuutan kohdalla. Lisäksi liitetaulukossa 4 esitettyjen B-P LM-testisuureiden perusteella nollahypoteesi jännösten autokorrelaattomuudesta on hylättävä.

TAULUKKO 1

$$\ln S_t = a + b \ln F_{t-4} + u_t \quad (1982B21 - 1984B34; N = 109)^{12}$$

valuuta	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$	t( $\hat{b}=1$ )
USD	.2763 (5.01)	.8417 (25.98)	.340	.862	.027	16.04	.356 (52)	4.88
GBP	.7391 (4.53)	.6508 (8.49)	.359	.400	.027	11.54	.422 (52)	4.55
DEM	1.0825 (4.48)	.7974 (17.70)	.455	.744	.023	11.61	.297 (52)	4.49
JPY	.0643 (3.34)	.9276 (40.02)	.512	.937	.026	6.64	.162 (52)	3.12
CHF	.8255 (3.73)	.8502 (21.32)	.520	.808	.025	9.66	.342 (52)	3.75
NLG	1.1419 (4.48)	.7818 (16.13)	.434	.707	.024	11.92	.347 (52)	4.49

\*  $F_{.05}(2,108) \approx 3.1$  ja  $F_{.01}(2,108) \approx 4.7$

$t_{.05} \approx 1.98$ ;  $D_{.05}^L = 1.65$  ja  $D_{.05}^U = 1.69$

D-W            Durbinin ja Watsonin testisuure  
R<sup>2</sup>            kokonaiskorrelaatiokertoimen neliö  
SE            selitettävän muuttujan estimoidun arvon keskivirhe  
F            F-testisuure  
t            t-testisuure

$\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$  keskiarvotestin t-luku

<sup>12</sup>Suluissa olevat luvut parametriestimaattien alla ovat t-lukuja. Keskiarvojen testaamiseen liittyvän t-luvun alla oleva luku viittaa vapausasteiden lukumäärään.

TAULUKKO 2

$$\ln S_t = a + b \ln F_{t-1} + u_t$$

valuutta	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$	t( $\hat{b}=1$ )	
USD	1	.3010 (2.69)	.8269 (12.58)	1.879	.864	.026	4.40	.343 (51)	2.63
	2	.2958 (2.47)	.8301 (11.80)	1.953	.848	.028	3.76	.346 (51)	2.41
	3	.2746 (2.29)	.8426 (11.96)	2.100	.851	.027	3.28	.333 (52)	2.23
	4	.2901 (2.15)	.8346 (10.56)	1.838	.817	.029	3.03	.383 (52)	2.09
GBP	1	.7821 (2.26)	.6309 (3.87)	1.812	.375	.027	2.79	.386 (52)	2.26
	2	.8582 (2.39)	.5948 (3.52)	1.900	.331	.029	3.12	.425 (52)	2.39
	3	.7281 (2.15)	.6557 (4.11)	1.788	.404	.027	2.67	.470 (52)	2.15
	4	.6364 (1.99)	.6990 (4.67)	1.510	.466	.029	2.32	.415 (52)	2.00
DEM	1	1.1109 (2.19)	.7922 (8.38)	1.833	.737	.024	2.70	.268 (52)	2.19
	2	1.1190 (2.20)	.7906 (8.33)	1.791	.735	.014	2.76	.290 (52)	2.20
	3	1.1207 (2.35)	.7903 (8.89)	1.596	.760	.023	3.13	.283 (52)	2.35
	4	1.3746 (2.52)	.7341 (7.31)	1.947	.681	.025	3.50	.303 (51)	2.52

## TAULUKKO 2 jatkuu

valuutta	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$	t( $\hat{b}=1$ )	
JPY	1	.0632 (1.66)	.9292 (20.30)	1.411	.943	.025	1.70	-.171 (52)	1.54
	2	.0722 (1.75)	.9180 (18.5)	1.344	.932	.028	1.75	-.161 (52)	1.65
	3	.0741 (1.83)	.9171 (18.84)	1.315	.934	.028	2.00	-.190 (52)	1.70
	4	.0910 (2.21)	.8975 (18.33)	2.025	.931	.026	2.79	-.201 (52)	2.10
CHF	1	.8680 (1.93)	.8427 (10.38)	1.907	.812	.025	2.35	.296 (52)	1.93
	2	.8847 (1.94)	.8397 (10.20)	1.879	.806	.025	2.42	.314 (52)	1.94
	3	.8526 (2.12)	.8454 (11.65)	1.591	.844	.022	2.90	.307 (52)	2.12
	4	1.1921 (2.38)	.7844 (8.70)	2.139	.752	.027	3.27	.309 (51)	2.39
NLG	1	1.1762 (2.21)	.7754 (7.67)	1.737	.702	.024	2.82	.319 (52)	2.22
	2	1.2079 (22.2)	.7692 (7.43)	1.843	.688	.024	2.92	.363 (52)	2.22
	3	1.1817 (2.32)	.7743 (8.00)	1.716	.719	.023	3.14	.337 (52)	2.33
	4	1.3585 (2.38)	.7408 (6.81)	1.821	.650	.025	3.21	.350 (52)	2.38

\*  $F_{.05}(2,25) \approx 3.4$  ja  $F_{.01}(2,25) \approx 5.6$   
 $t_{.05} \approx 1.98$ ;  $D_{.05} \approx 1.35^L$  ja  $D_{.05} \approx 1.49^U$

---

D-W                    Durbinin ja Watsonin testisuure  
R<sup>2</sup>                    kokonaiskorrelaatiokertoimen neliö  
SE                    selitettävän muuttujan estimoidun arvon keskivirhe  
F                    F-testisuure  
t                    t-testisuure

$\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$  keskiarvotestin t-luku



Jäännösten autokorrelaatio heikentää PNS-estimaattorin tehoa, eikä testisuureiden arvoja voida siten pitää täysin luotettavina. Kuten mm. Hansen ja Hodrick (1980) ovat osoittaneet autokorrelaatio saattaa aiheutua mm. ennustehorisontin pidemmyydestä suhteessa havaintoväliin. Jos valuuttamarkkinoille tulee jatkuvasti informaatiota, joka heijastuu välittömästi kurssinoteerauksiin, sisältävät peräkkäiset ennustevirheet yhteisiä "informaatioshokkeja", joka voi ilmetä autokorrelaationa.

Tämä ongelma voidaan kuitenkin välttää poimimalla joka neljäs havainto otokseen ja estimoimalla näin muodostettujen neljän aliotoksen parametrit erikseen jokaiselle valuutalle, kuten mm. Urwin (1983) on menetellyt. Menetelmän heikkoutena on kuitenkin vapausasteiden voimakas vähentyminen alkuperäiseen otokseen verrattuna. Poimittujen otosten ( $N = 28$ ) avulla estimoidut parametriarvot sekä tavanomaiset testisuureet on esitetty kunkin valuutan osalta taulukossa 2. Myös keskuspankkien interventiot, transaktiokustannukset ja riskiaversio voivat vaikuttaa autokorrelaatioon.

Kuten taulukosta 2 havaitaan poikkeavat estimointitulokset selvästi aikaisemmin esitetyistä tuloksista. Yhteishypoteesia parametrien  $a$  ja  $b$  arvoista ( $a = 0$  ja  $b = 1$ ) ei voida hylätä minkään aliotoksen kohdalla  $F$ -testin perusteella lukuun ottamatta dollarin kahta ensimmäistä aliotosta ja Saksan markan neljättä aliotosta viiden prosentin merkitsevyytasolla. Prosentin merkitsevyytasolla hypoteesia termiiniennusteen harhattomuudesta ja tehokkuudesta ei voida hylätä myöskään dollarin ja Saksan markan osalta.

Arvioitaessa jäännösten autokorreloituneisuutta havaitaan, että  $D-W$  testisuureet ovat pääasiassa kaikki kriittisen alarajan yläpuolella. Lisäksi Breusch - Pagan -testilukujen (ks. liite 4) perusteella hypoteesia jäännösten autokorrelaamattomuudesta ei voida hylätä.

Tulokset viittaavat siihen, että aikaisemmin todennettu voimakas jäännösten autokorreloituneisuus aiheutui suurelta osin ennusteen ulottuvuusongelmasta. Uusien estimointitulosten perusteella hypoteesia termiiniennusteen harhattomuudesta ja tehokkuudesta Suomen valuuttamarkkinoilla ei voida hylätä.

Edellä esitettyjen tulosten lisäksi on mielenkiintoista testata termiinipreemion tai -diskonton ennustekykä avistakurssin muutosten kanalta. Tätä on arvioitu yhtälön (71) avulla.

$$(71) \quad \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-4}}\right) = a + b \ln\left(\frac{F_{t-4}}{S_{t-4}}\right) + u_t$$

Estimointitulokset on esitetty liitteessä 5. Tulokset osoittavat, että hypoteesia termiinipreemion tai -diskonton harhattomuudesta ja tehokkuudesta ei voida hylätä Englannin punnan, Japanin jenin ja Sveitsin frangin osalta F-testin perusteella prosenttien merkitsevyydeltä. Hypoteesia dollarin, Saksan markan ja Hollannin guldenin termiinipreemion tai -diskonton harhattomuudesta avistakurssin muutoksen ennusteenä ei voida myöskään otoksessa hylätä. Durbin - Watson testisuure sekä Bensch - Pagan testi (ks. liite 4) viittaavat kuitenkin selvään jäännösten autokorreloituneisuuteen yhtälössä (71), minkä johdosta edellä esitettyjä tuloksia ei voida pitää täysin sitovina. Tutkimuksen tavoitetta ja jatkoanalyysia ajatellen, autokorrelaatiokorjausten suorittaminen katsottiin kuitenkin tarpeettomaksi, koska varsinaisissa sijoitusten tuottolausekkeissa (ex ante) voi käyttää termiinipreerausta.

#### 4.2.2 Random walk -hypoteesi

Rahoituksen teoriassa usein oletetaan, että rahoitusvaateiden hinnat noudattavat random walk -prosessia.<sup>13</sup> Random walk -oletus on monesti liitetty Faman (1970)<sup>14</sup> formuloiman tehokkaiden markkinoiden hypoteesin yhteyteen. Tehokkaiden markkinoiden hypoteesi voidaan esittää odotettujen tasapainohintojen tai odotettujen tasapainotuottojen avulla. Jälkimmäisessä tapauksessa voidaan merkitä

<sup>13</sup>Itse asiassa kysymys on "martingale-prosessista". "Martingale-muuttujan" differenssit ovat riippumattomia ja autokorrelaattomia. Jos differenssit ovat lisäksi identtisesti jakautuneita kysymyksessä on random walk -prosessi.

<sup>14</sup>Suomalaisesta tutkimuksesta ks. esim. Berglund, Wahlroos ja Örnmark (1983) ja Korhonen (1977).

$$D_{j,t+1} = Z_{j,t+1} - E(Z_{j,t+1} | \theta)$$

jossa  $Z_{j,t+1}$  on tarkasteluajankohdan tuotto sijoitusvaateelle  $j$ ,  $\theta$  on markkinoiden kannalta relevantti informaatiojoukko ja  $D_{j,t+1}$  on "ylisuuri voitto". Jos stokastisen prosessin  $\{D_{j,t}\}$  käyttäytymistä voidaan luonnehtia "reiluksi peliksi",<sup>15</sup> pidetään markkinoita tehokkaina. Tehokkaiden markkinoiden hypoteesista mm. seuraa, että markkinoilla operoivat sijoittajat eivät kykene ansaitsemaan ylisuuria voittoja ja että markkinoilla noteeratut hinnat heijastavat täydellisesti saatavilla olevaa informaatiota. Lisäksi havaittuihin hintoihin perustuvat päätökset turvaavat resurssien järkevän allokaation.

Empiirisen analyysin kannalta markkinoiden tehokkuuden määritelmä on kuitenkin kiusallinen. Tämä seuraa siitä, että kaikki markkinoiden tehokkuutta koskevat testit ovat välttämättä simultaanisia. Toisaalta testataan odotusten muodostumishypoteesia ja toisaalta sitä, onko odotettujen ja toteutuneiden havaintojen välinen erotus satunnainen. Kuten (Levich 1985 s. 1025) on huomauttanut, valuuttamarkkinoiden kannalta edellisestä seuraa, että koska ei ole olemassa valuuttamarkkinoiden yksiselitteistä tasapainoteoriaa, ei ole myöskään mahdollista empiirassa osoittaa valuuttamarkkinoiden tehokkuutta tai tehottomuutta.

Tehokkaiden markkinoiden määritelmää random walk -hypoteesin osalta voidaan havainnollistaa muutaman esimerkin avulla. Jos voidaan olettaa, että odotettu tasapainotuotto on vakio ja toteutunut tuotto vaihtelee satunnaisesti odotetun tuoton ympärillä, niin markkinat ovat Faman määritelmän mukaan tehokkaat ja toteutuneet tuotot noudattavat random walk -prosessia "driftillä". Toisaalta jos odotetut tasapainotuotot vaihtelevat huomattavasti ja toteutuneet tuotot vaihtelevat odotettujen tuottojen ympärillä satunnaisesti, markkinat ovat tehokkaat, mutta toteutuneet tuotot eivät noudata random walk -prosessia ja ovat autokorreloituneita. Edellisestä seuraa, että tuottojen tai hintojen random walk -luonne per se ei ole välttämätön tai riittävä ehto

<sup>15</sup>Jos prosessi  $\{D_{j,t}\}$  käyttäytyy kuten "reilu peli", niin  $E(D_{j,t} | \theta) = 0$  ja  $D_{j,t}$ :t eivät ole autokorreloituneita.

markkinoiden tehokkuudelle (ks. Levich 1983, 1985). Markkinoiden tehokkuuden perusteella ei myöskään voida tehdä johtopäätöksiä odotettujen tasapainohintojen tai -tuottojen muodostumisesta.

Random walk -hypoteesia on usein myös perusteltu rationaalisten odotusten näkökulmasta. Jos taloudenpitäjien kaikki tulevaisuutta koskevat odotukset on diskontattu valuutan tarkasteluajankohdan hintaan ja tulevaisuuteen liittyvät "uutiset" tulevat markkinoille satunnaisesti, valuuttakurssien muutokset ovat myös satunnaisia (ks. esim. Bilson 1978, Frenkel 1981).

Tutkimuksen empiirisen osan kannalta on tässä yhteydessä tehtävä vielä eräs huomautus. Tehokkaiden markkinoiden hypoteesista seuraa, että tehokkailla markkinoilla sijoituskohteisiin liittyvillä riskeillä normeeratut odotetut tuotot ovat yhtä suuria. Teoria ei kuitenkaan määrittele kuinka sijoituskohteisiin liittyviä riskejä tulisi mitata, mikä luonnollisesti empiiristen tulosten tulkinnan kannalta on epätoivottu asiantila. "Riskeillä korjaamattomat" odotetut tuotot voivat kuitenkin poiketa toisistaan, vaikka markkinat olisivatkin tehokkaat. Markkinoiden tehokkuudesta johtuva riskeillä normeerattujen odotettujen tuottojen yhtäsuuruus ei kuitenkaan vaikuta sijoituskohteiden diversioimistarpeeseen, jos sijoittaja on riskinkarttaja ja sijoitusten tuotot eivät ole täysin positiivisesti korreloituneita.

Jos keskuspankki käyttäisi valuuttavarannon sijoitussuunnitelmaa määrittäessään random walk -hypoteesia järkevänä olettamuksena tulevia valuuttakursseja arvioitaessa, olisi  $i$ :n valuttasijoituksen odotettu tuotto

$$(72) \quad E(\tau_t^i) = R_t^i$$

TAULUKKO 3

$$\ln S_t = a + b \ln S_{t-1} + u_t$$

valuutta /otos	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{S}^e$	t(6=1)	
USD 1	.2697 (2.36)	.8471 (12.56)	1.871	.863	.026	4.74 (-4.28)	.530 (51)	2.26	
	2	.2737 (2.27)	.8449 (11.89)	1.964	.850	.028	4.30 (-4.36)	.523 (52)	2.18
	3	.2547 (2.07)	.8564 (11.85)	2.123	.849	.028	3.98 (-4.03)	.540 (52)	1.99
	4	.2655 (1.93)	.8507 (10.57)	1.876	.817	.029	3.54 (-4.20)	.571 (52)	1.85
GBP 1	.7722 (2.25)	.6364 (3.94)	1.856	.383	.027	2.54 (-10.19)	.088 (52)	2.25	
	2	.8600 (2.39)	.5947 (3.51)	1.933	.331	.029	2.88 (-11.28)	.108 (52)	2.39
	3	.6999 (2.07)	.6699 (4.20)	1.831	.414	.026	2.17 (-9.26)	.138 (52)	2.07
	4	.6101 (1.93)	.7125 (4.80)	1.544	.480	.089	1.89 (-8.06)	.117 (52)	1.94
DEM 1	1.0085 (1.95)	.8122 (8.42)	1.888	.739	.024	2.06 (-5.26)	-.210 (52)	1.94	
	2	1.0348 (1.98)	.8073 (8.27)	1.820	.732	.024	2.11 (-5.40)	-.212 (52)	1.97
	3	1.0132 (2.07)	.8114 (8.88)	1.619	.759	.023	2.34 (-5.29)	-.226 (52)	2.06
	4	1.2810 (2.30)	.7615 (7.32)	1.975	.682	.025	2.77 (-6.69)	-.214 (52)	2.29
JPY 1	.0612 (1.62)	.9374 (20.38)	1.429	.943	.025	3.02 (-1.76)	-.345 (52)	1.36	
	2	.0709 (1.70)	.9262 (18.28)	1.389	.930	.028	2.95 (-2.07)	.362 (52)	1.45

TAULUKKO 3 jatkuu

valuutta /otos	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{S}^e$	t( $\hat{b}=1$ )
JPY 3	.0705 (1.76)	.9273 (19.12)	1.355	.936	.028	3.19 (-2.04)	.363 (52)	1.50
4	.0875 (2.06)	.9080 (17.78)	2.113	.927	.027	3.96 (-2.57)	.410 (52)	1.8
CHF 1	.8276 (1.85)	.8513 (10.56)	1.924	.817	.025	1.95 (-4.17)	.213 (52)	1.84
2	.8652 (1.89)	.8445 (10.22)	1.892	.807	.025	2.03 (-4.36)	.223 (52)	1.88
3	.8265 (2.02)	.8515 (11.51)	1.596	.841	.023	2.37 (-4.17)	.233 (52)	2.01
4	1.1574 (2.29)	.7919 (8.67)	2.118	.751	.027	2.84 (-5.85)	.243 (52)	2.28
NLG 1	1.0719 (1.99)	.7962 (7.77)	1.792	.707	.024	2.08 (-5.71)	.177 (52)	1.99
2	1.1255 (2.03)	.7859 (7.43)	1.878	.688	.024	2.15 (-6.02)	.176 (52)	2.02
3	1.0820 (2.09)	.7942 (8.04)	1.733	.721	.023	2.30 (-5.76)	.193 (52)	2.08
4	1.2729 (2.19)	.7579 (6.85)	1.853	.653	.025	2.47 (-6.80)	.161 (52)	2.19

F.<sub>.05</sub>(2,25) ≈ 3.4 ja F.<sub>.01</sub>(2,25) ≈ 5.6

t.<sub>.05</sub> ≈ 1.98; t.<sub>.01</sub> ≈ 2.6; D<sub>.05</sub><sup>L</sup> ≈ 1.35 ja D<sub>.05</sub><sup>U</sup> ≈ 1.49

D-F.<sub>.05</sub> = -12.47

---

D-W	Durbinin ja Watsonin testisuure
R <sup>2</sup>	kokonaiskorrelaatiokertoimen neliö
SE	selitettävän muuttujan estimoidun arvon keskivirhe
F	F-testisuure
t	t-testisuure
$\bar{S}_{t+n} = \bar{S}^e$	keskiarvotestin t-luku

Sijoituskohteessa  $i$  otettuun avoimeen positioon liittyvä riski voitaisiin tällöin kirjoittaa

$$(73) \quad \text{MSE}^i = \left( \frac{1+R_t^i}{S_{i,t}} \right)^2 E(S_{i,t+1} - S_{i,t})^2$$

Jos valuuttakurssien muutoksia ei tapahtuisi, avoimeen positioon liittyvä riski olisi nolla, eikä varannon diversiointiin olisi tarvetta.

Random walk -hypoteesia voidaan niinkään testata Theilin esittämän analyysitekniikan keinoin seuraavan yhtälön avulla

$$(74) \quad \ln S_t = a + b \ln S_{t-4} + u_t$$

Taseviikkoaineistolla suoritettut estimointitulokset, jotka on esitetty liitteessä 5, kuitenkin osoittivat, että random walk -hypoteesista johdetun kurssiennusteen harhattomuuden ja tehokkuuden arviointiin liittyy yhtälön (74) muodossa sama ennusteen ulottuvuusongelma kuin termiinikurssiennusteen kohdalla osoitettiin. Tämän johdosta myös random walk -hypoteesia oli testattava aliotosten avulla ( $N = 28$ ). Estimointitulokset on esitetty taulukossa 3.

Tulosten perusteella nollahypoteesia random walk -ennusteen harhattomuudesta ja tehokkuudesta otoksessa ei voida hylätä F-testiin perustuen 5 prosentin merkitsevyystasolla paitsi dollarin osalta, jota koskevaa hypoteesia ei voida hylätä prosentin merkitsevyystasolla. Lisäksi Durbin - Watson ja Breusch - Pagan (ks. liite 4) -testisuureisiin viitaten hypoteesia random walk -mallia kuvaavan yhtälön jäännösten autokorreloimattomuudesta ei voida hylätä.

Autoregressiivisten prosessien, kuten random walk -hypoteesin, testaaminen edellä esitettyssä Theilin kehikossa saattaa joissakin tapauksissa jättää nollahypoteesin voimaan vaikka hypoteesi olisi väärä, kuten

Dickey (1976) ja Dickey & Fuller (1979, 1981) ovat osoittaneet. Tämän johdosta hypoteesia  $a=0$  ja  $b=1$  testattiin lisäksi nk, "Dickey-Fuller"-testillä (D-F). Testisuureet  $n(\hat{b}-1)$  on esitetty suluissa F-testisuureiden alla taulukossa 3. Vertaamalla laskettuja testisuureita taulukoituun (ks. esim. Dickey 1976 s. 52) kriittiseen arvoon 5 prosentin merkitsevyydellä havaitaan, että hypoteesia random walk -mallin tehokkuudesta ja harhattomuudesta ei myöskään voida hylätä Dickey-Fuller -testiin perustuen.

#### 4.2.3 Korkopariteetti (avoin)

Viimeisenä arbitraasi-/spekulaatiomalleista tarkastellaan nk. Fisherin avointa korkopariteettiä l. hypoteesia rahoitusvaateiden täydellisestä substituutiosta. Hypoteesin mukaan eri valuutoissa ilmaistujen ja ominaisuuksiltaan samankaltaisten rahoitusvaateiden korkoerot voidaan selittää valuuttojen vaihtosuhteen odotetuilla muutoksilla (ks. esim. Cumby & Obstfeld, 1981).

Avoin korkopariteetti poikkeaa katetusta pariteetista ensisijassa pariteettiin liittyvän valuuttakurssiriskin osalta. Pariteettiehdot ovat yhteneviä ainoastaan jos  $F=E(S)$ , ts. terminimarkkinaoperaatioihin ei liity transaktiokustannuksia, spekuloidijat ovat riskineutraaleja tai avoimeen terminipositioon ei liity poliittisia tai muita kurssiepävarmuudesta poikkeavia riskejä.

Avoin korkopariteetti voidaan kirjoittaa

$$(75) \quad \ln E_t (S_{t,n}) = \ln S_t + \ln \left( \frac{1+r_n^d}{1+r_n^f} \right),$$

jossa alaindeksit  $n$  viittaavat aikahorisontin pituuteen. Aikaisempaan käytäntöön tukeutuen muodostetaan tilastoaineistoon sovitettava korkopariteetti yhtälö



$$(76) \quad \ln S_t = a + b \ln \left| S_{t-4} \left( \frac{1+r^d}{1+r^f} \right) \right| + u_t$$

Estimoinneissa kotimaisena korkona  $r^d$  on käytetty keskuspankin marginaali/päiväluottokorkoa<sup>16</sup> ja ulkomaisena korkona  $r^f$  ko. valuutan eurokorkoa. Estimointitulokset ja testiluvut on esitetty liitetaulukossa 5.

Koska Durbinin ja Watsonin sekä Breusch - Pagan-testisuureet viittasivat selvään jäännösten autokorrelaatioon (liitteet 4 ja 5), suoritettiin sen vähentämiseksi myös korkopariteettiennusteen kohdalla otospoiminta ennusteen ulottuvuusongelman poistamiseksi. Estimointitulokset on esitetty taulukossa 4.

Tulokset osoittavat, että jäännökset ovat eri aliotoksissa edelleen autokorreloituneita D - W-testisuureeseen ja Breusch - Pagan-testiin (ks. liite 4) tukeutuen dollaria lukuunottamatta. Kaikkien kuuden valuutan osalta nollahypoteesi korkopariteettiennusteen harhattomuudesta ja tehokkuudesta on hylättävä F-testiin perustuen. Lisäksi erilliset hypoteesit tehokkuudesta ja harhattomuudesta on hylättävä kaikkien valuuttojen osalta tehokkuudessa ja dollaria ja Japanin jeniä lukuunottamatta myös harhattomuudessa.

Saadut tulokset viittaavat epäsuorasti siihen, että avoimen korkopariteetin käyttö tulevan avistakurssin ennusteena edellyttäisi valuuttakurssiepävarmuuteen liittyvän riskipreemion huomioon ottamista ja että kotimainen ja ulkomainen sijoituskohde eivät ole täydellisiä substitutteja. Jos tarkastellaan ainoastaan valuuttakurssiriskejä, voidaan tämä riskipreemio ilmaista termininoteerauksen avulla seuraavasti

$$(77) \quad \text{preemio} = F - E(S)$$

<sup>16</sup>Kotimaisen rahoitusvaateen tulisi vastata ominaisuuksiltaan ja matu-riteetiltaan vastaavaa ulkomaista.

Riskipreemio-ongelman lisäksi liittyy korkopariteettiennusteeseen järkevää valuuttadiversifiointia ajatellen eräs tärkeä tulos.

Jos sijoittaja (keskuspankki) tekisi sijoitussuunnitelman Fisher-hypoteesin perusteella, olisi i:nnen ulkomaisen sijoituskohteen odotettu tuotto

$$(78) \quad E(\tau_t^i) = r_t^d$$

Toisin sanoen kaikkien valuuttasijoitusten odotettu tuotto olisi yhtä suuri kuin kotimaisen riskittömän<sup>17</sup> sijoituskohteen tuotto. Toisaalta ulkomaiseen sijoitukseen liittyvä riski voidaan muotoilla:

$$(79) \quad E[\tau_t^i - E(\tau_t^i)]^2 = E\left[\left(\frac{1+r^f}{S_t}\right)S_{t+1} - (1+r^d)\right]^2$$

Jos korkopariteetti ei ole aina voimassa, on lauseke (79) suurempi kuin nolla. Tästä seuraa, että valuuttasijoitukset johtavat aina pois tehokkaiden portfolioiden uralta. Koska kansainvälinen diversifiointi on kuitenkin empiirisesti todennettavissa, voidaan sitä pitää epäsuorasti osoituksena siitä, että taloudenpitäjät eivät muodosta odotuksia valuuttojen tulevista hinnoista Fisherin hypoteesin perusteella.

Edellä on tarkasteltu kolmen valuuttakurssien määräytymistä koskevan vaihtoehtoisen hypoteesin - termiiniennusteen, random walk -mallin ja korkopariteettiennusteen - mielekkyyttä Suomen valuuttamarkkinoilla, Theilin esittämän ennusteanalyysin avulla. Yhteenvetona tuloksista voidaan todeta, että hypoteesia termiini- tai random walk -ennusteen harhattomuudesta ja tehokkuudesta ei voida hylätä tutkimuksen kohteena olleena ajanjaksona. Sen sijaan korkopariteettiennusteen käyttö sijoitussuunnittelussa osoitettiin kyseenalaiseksi.

---

<sup>17</sup>Inflaationriskiä ei tässä oteta huomioon.

TAULUKKO 4

$$\ln S_t = a + b \ln \left[ S_{t-1} \left( \frac{1+r^d}{1+r^f} \right) \right] + u_t$$

valuutta /otos	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{S}^e$	t( $\hat{b}=1$ )	
USD	1	.5984 (6.94)	.6401 (12.85)	1.851	.869	.026	37.13	.983 (46)	7.22
	2	.6033 (6.43)	.6371 (11.78)	1.838	.847	.028	32.83	1.029 (46)	6.71
	3	.6001 (6.27)	.6392 (11.61)	1.802	.844	.028	32.19	1.067 (46)	6.55
	4	.5978 (5.64)	.6421 (10.56)	1.598	.817	.029	27.24	1.126 (47)	5.88
GBP	1	1.5821 (5.08)	.2511 (1.75)	.947	.109	.033	31.09	3.456 (49)	5.21
	2	1.6236 (5.12)	.2314 (1.58)	1.038	.091	.033	30.61	3.444 (49)	5.24
	3	2.2339 (8.36)	-0.0508 (0.41)	.693	.007	.035	70.56	4.376 (43)	8.57
	4	1.3301 (3.83)	.3672 (2.29)	.780	.173	.036	24.21	3.512 (51)	3.95
DEM	1	2.5684 (5.85)	.5139 (6.36)	.964	.618	.029	100.98	4.439 (45)	6.01
	2	2.6096 (5.83)	.5063 (6.14)	.970	.601	.029	99.26	4.488 (45)	5.99
	3	2.6073 (6.04)	.5066 (6.38)	.878	.620	.029	105.85	4.477 (44)	6.21
	4	2.7850 (5.77)	.4741 (5.34)	1.061	.533	.030	97.38	4.798 (45)	5.92

TAULUKKO 4 jatkuu

valuutta /otos	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{S}e$	t( $\hat{b}=1$ )	
JPY	1	.1371 (3.63)	.7768 (18.44)	1.176	.932	.028	77.97	1.891 (50)	5.30
	2	.1392 (3.46)	.7749 (17.30)	1.164	.923	.029	68.57	1.879 (50)	5.02
	3	.1420 (3.59)	.7720 (17.60)	1.158	.925	.030	69.00	1.837 (50)	5.19
	4	.1644 (3.94)	.7494 (16.31)	1.784	.914	.029	70.97	1.953 (49)	5.46
CHF	1	1.8077 (3.96)	.6627 (8.19)	1.358	.729	.030	137.16	5.219 (49)	4.17
	2	1.8852 (4.18)	.6491 (8.12)	1.319	.725	.030	136.83	5.168 (49)	4.39
	3	1.8837 (4.41)	.6491 (8.56)	1.083	.746	.029	152.32	5.198 (48)	4.63
	4	2.1106 (4.39)	.6091 (7.15)	1.521	.671	.031	137.20	5.550 (48)	4.59
NLG	1	2.5701 (5.23)	.5037 (5.46)	.897	.544	.030	88.47	4.731 (46)	5.38
	2	2.6323 (5.27)	.4918 (5.24)	.997	.523	.030	90.73	4.886 (46)	5.41
	3	2.6504 (5.50)	.4883 (5.39)	.908	.538	.029	96.56	4.876 (45)	5.65
	4	2.7267 (4.94)	.4743 (4.58)	.930	.456	.032	83.22	5.125 (47)	5.08

$F_{.05}(2,25) = 3.4$ ;  $F_{.01}(2,25) = 5,6$ ,  $t_{.05} = 1.98$

$D_{.05}^L \approx 1.35$ ;  $D_{.05}^U \approx 1.49$

---

D-W                    Durbinin ja Watsonin testisuure  
R<sup>2</sup>                      kokonaiskorrelaatiokertoimen neliö  
SE                       selitettävän muuttujan estimoidun arvon keskivirhe  
F                         F-testisuure  
t                         t-testisuure

$\bar{S}_{t+n} = \bar{S}e$        keskiarvotestin t-luku

Yllä esitetyn analyysin tueksi on taulukossa 5 esitetty ennusteiden osuvuutta kuvaavat tavanomaiset ekonometriset kriteerit, kuten vaihtoehtoisten ennustemenetelmien (A-C) ennustevirheiden keskiarvot, neliövirheiden keskiarvot sekä virheiden itseisarvojen keskiarvot.

TAULUKKO 5

Ennustetunnuslukuja (1982B21 - 1984B34)

Valuutta		Termiini %	RW-hypoteesi %	Korkopariteetti %
USD	KA	-0.74794	-1.11196	2.36798
	MSE	9.50875	9.88165	27.16527
	MAE	1.99823	2.08938	4.35845
GBP	KA	0.39782	0.09958	3.76430
	MSE	8.89988	8.56438	35.17267
	MAE	1.86152	1.72623	5.08274
DEM	KA	0.39092	-0.25496	7.22233
	MSE	6.64997	6.34217	72.05508
	MAE	1.61312	1.37296	7.83704
JPY	KA	-0.47992	-1.01428	6.09477
	MSE	7.92355	8.56645	53.71392
	MAE	1.77059	1.84319	6.79164
CHF	KA	0.54979	-0.30102	9.46067
	MSE	7.36034	7.03672	104.67562
	MAE	1.82137	1.50330	9.79782
NLG	KA	0.43420	-3.20174	7.18289
	MSE	6.92642	6.51718	70.68041
	MAE	1.51097	1.24962	7.84077

Tunnusluvusta nähdään, että random walk -hypoteesin avulla lasketut keskineliövirheet ovat tarkasteluajanjakson kuluessa neijän vaiuutan osalta olleet pienempiä kuin terminikurssiennusteen tuottamat. Lisäksi havaitaan, että korkopariteettiennuste on selvästi heikoin ennustemenetelmä tarkasteluajanjaksona. Fisher-hypoteesin huono ennustekyky johtuu osaksi riskipreemion olemassaolosta sekä relevantin kotimaisen sijoituskoron puuttumisesta.

#### 4.2.4 ARIMA-ennuste

Viimeisenä valuuttakurssien määräytymistä koskevista hypoteeseista tarkastelemme nk. ARIMA-ennustetta. Yleisten ARIMA-mallien rakentamiseen liittyvistä yksityiskohdista ovat parhaimman esityksen kirjoittaneet Box ja Jenkins (1976) (ks. myös Harvey, 1981 ja Pindyck & Rubinfeld, 1981). ARIMA-malleissa tämän hetken valuuttakurssin  $S_t$  arvoa selitetään ainoastaan valuuttakurssin menneiden arvojen avulla.

Yleinen ARIMA (p,d,q) -malli voidaan kirjoittaa

$$(80) \quad \phi(B)(1-B)^d S_t = \theta_0 + \theta(B)a_t$$

jossa

$$\phi(B) = (1 - \phi_1 B \dots - \phi_p B^p)$$

$$\theta(B) = (1 - \theta_1 B \dots - \theta_q B^q)$$

ovat viiveoperaattorin B p- ja q-asteisia polynomeja.

Koska ARIMA-mallien rakentamisessa oletetaan, että tarkasteltava aikasarja on stationaarinen, joudutaan alkuperäinen sarja usein stationarisoimaan sopivalla transformaatiolla. Stationaarista aikasarjaa voidaan luonnehtia sarjaksi, jonka tilastolliset ominaisuudet ovat riippumattomia ajasta.<sup>18</sup> Käytännössä stationaarisuus saavutetaan differentioimalla alkuperäinen sarja riittävän monta kertaa. Tässä tutkimuksessa analysoitavien valuuttakurssiaikasarjojen stationarisointi teh-

---

<sup>18</sup>Mallitettavan sarjan autokorrelaation "riittävän" nopea vaimeneminen on käytännössä osoituksena sarjan stationaarisuudesta. Teoreettisesti valuuttakurssisarja  $S_t$  on stationaarinen, jos sen karakteristisen yhtälön  $\phi(B) = 0$  juuret ovat yksikköympyrän ulkopuolella kompleksitasossa.

tiin differentioimalla alkuperäisen sarjan logaritmi yhden kerran (ts.  $w_t = \ln S_t - \ln S_{t-1}$ ). Empiirisessä analyysissä ARIMA-mallien rakentaminen jaottuu kolmeen vaiheeseen ennen varsinaista ennustevaihetta. Nämä ovat: mallin identifiointi, identifioidun mallin estimointi sekä estimoidun mallin sopivuuden arviointi (nk. diagnostiset tarkastelut). Mallin identifiointi perustuu mallitettavien aikasarjojen auto- ja osittaisautokorrelaatiofunktioiden analysointiin.<sup>19</sup>

Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen kuuden valuutan stationarisoidun sarjan auto- ja osittaisautokorrelaatiofunktiot on esitetty kuvioissa 7 ja 8. Kuvioihin on myös piirretty korrelaatiofunktioiden kaksinkertaisia hajontalukuja koskevat rajat.

Ennen valuuttakurssisarjojen kehitystä kuvaavien mallien identifiointia on luonnollista tarkistaa, poikkeako mallitettava sarja random walk -prosessista.<sup>20</sup> Tämä tehdään yleensä tutkimalla, poikkeavatko mallin (80) jäännöksen  $a_t$  autokorrelaatiofunktion arvot merkittävästi nollassa. Teoreettisen oikean mallin jäännösten tiedetään jakautuneen likimain normaalisti parametrein  $(0, n^{-1})$ , minkä johdosta tyypillisin autokorrelaation merkitsevyydestä on katsoa, ylittävätkö laskennalliset autokorrelaatiot rajan  $\pm 2n^{-1/2}$  ( $n$  = otoskoko).<sup>21</sup> Toinen testimenettely on tutkia, poikkeavatko mallin jäännökset kokonaisuudessaan nollassa

nk. portmanteau-testisuureen  $Q = n \sum_{k=1}^K r_k^2(\hat{a})$  avulla, jossa  $r_k(\hat{a})$  on  $k$ 's laskettu autokorrelaation arvo ja  $K$  on testisuureeseen mukaan otettujen autokorrelaatiokertoimien lukumäärä. Nollahypoteesin voimassa ollessa (ei autokorrelaatioita)  $Q$  noudattaa asympotoottisesti jakaumaa  $\chi^2(K)$ .

<sup>19</sup>Ks. esim Box & Jenkins, 1976 s. 173 - 201.

<sup>20</sup>Tässä siis itse asiassa suoritetaan rinnakkainen testi random walk -hypoteesille edellä esitetyn Theilin ennusteanalyysin lisäksi.

<sup>21</sup>Joissain tapauksissa tämä tarkistusmenettely saattaa kuitenkin aliarvioida poikkeamien tilastollisen merkitsevyyden (ks. esim. Box & Jenkins, 1976 s. 290).

Kuviossa 7 esitettyjen hajontarajojen sekä taulukkoon 6 kirjattujen Q testisuureiden perusteella osoittautui, että dollarin, Saksan markan sekä Englannin punnan stationarisoidut valuuttakurssisarjat eivät poikkea tilastollisesti merkitsevästi random walk -prosessista (nollahypoteeseja ei voida hylätä). Japanin jenille, Sveitsin frangille ja Hollannin guldenille sitä vastoin identifioitiin ja estimoitiin ARIMA-mallit.<sup>22</sup> Estimointiajanjakso oli 1980B14 - 1982B17 (N = 100).

Koska estimoitujen mallien vakiot eivät poikenneet merkitsevästi nol-  
lasta (ks. liite 6), estimoitiin mallit ilman vakiota. Estimointitu-  
lokset on esitetty taulukossa 6. Valuuttakurssien ennustamista varten  
tarvittavien mallien valinnassa käytettiin kriteereinä yhtäältä mallin  
vähäparametrisuutta sekä toisaalta estimoitujen mallien jäännösten  
ominaisuuksia. Japanin jenille valittiin malli JPY (0.1.2) mallin vä-  
häparametrisuuden sekä jäännösten malliin JPY (1.1.2) verrattuna  
lähes samanlaisten ominaisuuksien perusteella. Vastaavin kriteerein  
valittiin Sveitsin frangille malli CHF (0.1.1). Malli NLG (1.1.1) va-  
littiin sen sijaan mallin jäännösten käyttäytymisen perusteella.<sup>23</sup>

Edellä valittujen mallien avulla valuuttakurssiennusteita laskettaessa  
on yksinkertaisinta käyttää mallien differenssimuotoa ts.

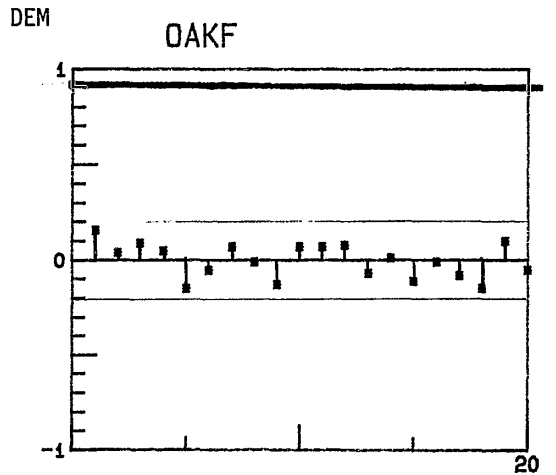
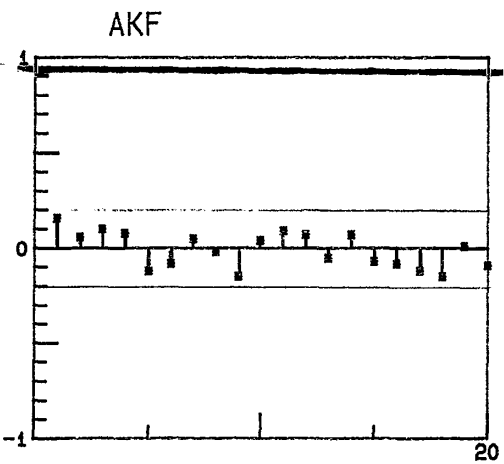
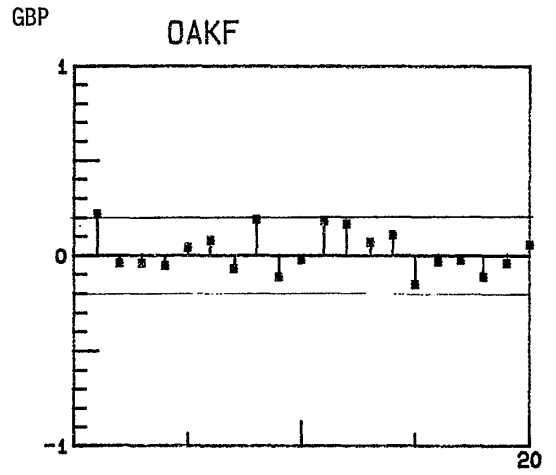
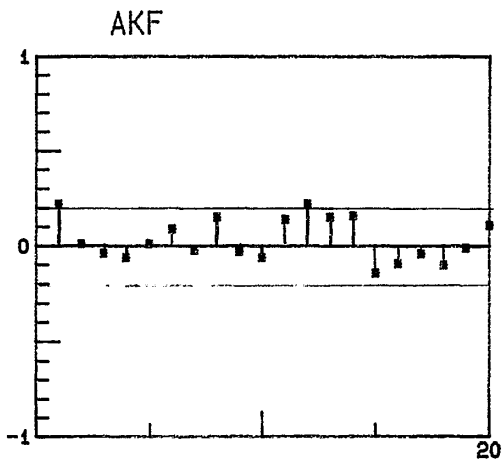
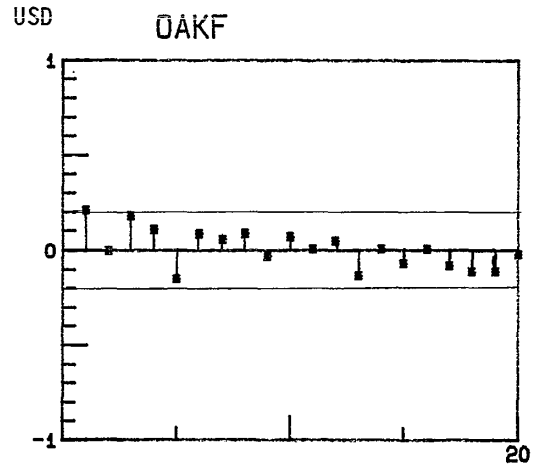
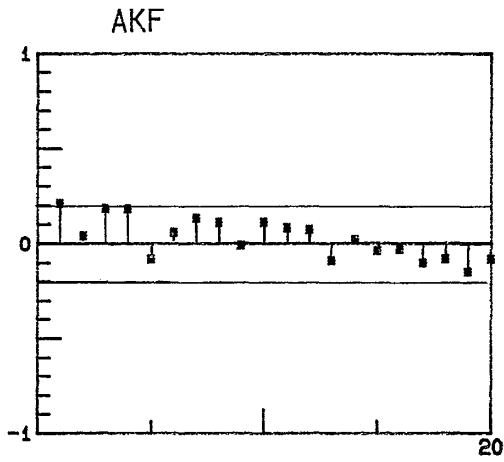
$$(81) \quad S_{t+n} = \phi_1 S_{t+n-1} + \dots + \phi_{p+d} S_{t+n-p-d} - \\ \theta_1 a_{t+n-1} - \dots - \theta_q a_{t+n-q} + a_{t+n}$$

<sup>22</sup>Vaikka Sveitsin frangin osalta portmanteau-testisuure ei ylitä tes-  
tin kriittistä arvoa, estimoitiin myös tälle valuutalle ARIMA-malli  
valuuttakurssisarjan autokorrelaatiokäyttäytymisen perusteella (ks.  
kuvio 7).

<sup>23</sup>Kirjallisuudessa on myös esitetty eksplisiittisiä menetelmiä vaihto-  
ehtoisten mallispesifikaatioiden paremmuuden arvioimiseksi. Eräs täl-  
läinen menetelmä on nk. AIC-kriteeri (Akaike Information Criterion,  
ks. Harvey 1981, s. 158), joka selvästi suosii vähäparametrisia malle-  
ja.

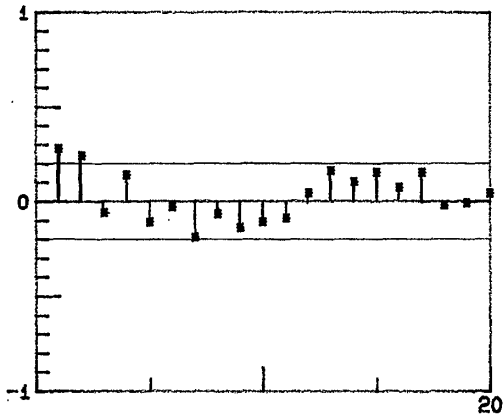


Kuvio 7. Stationarisoitujen valuuttakurssisarjojen auto- ja osittaisautokorrelaatiofunktiot



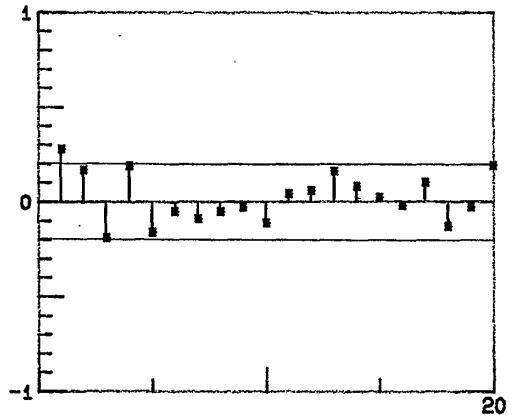
Kuvio 7. Stationarisoitujen valuuttakurssisarjojen auto- ja osittaisautokorrelaatiofunktiot

AKF

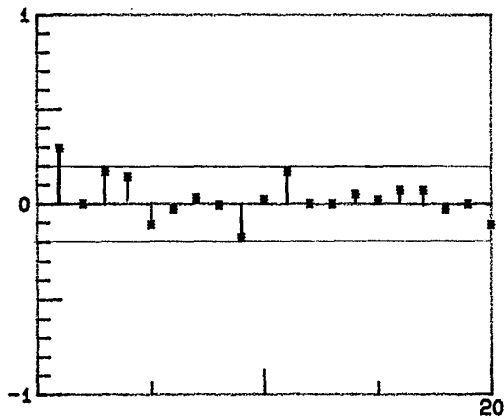


JPY

OAKF

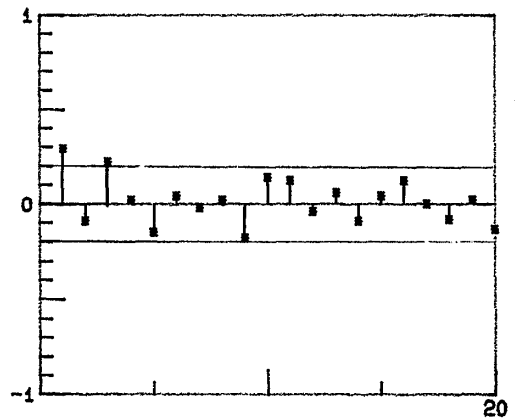


AKF

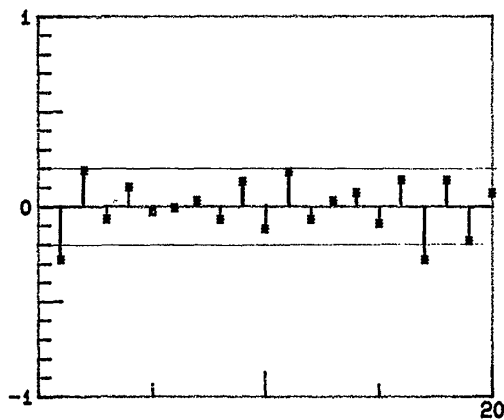


CHF

OAKF

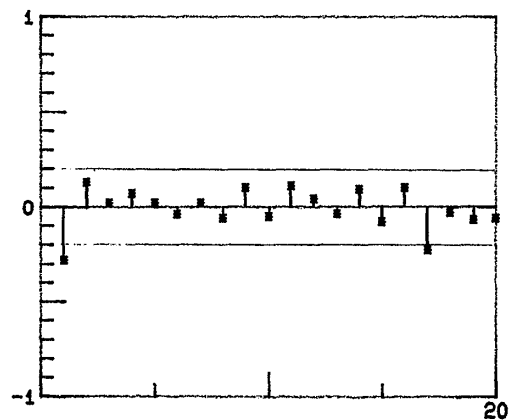


AKF



NLG

OAKF



TAULUKKO 6

Valuutta	(p,d,q)	Identifioitu malli 80814 - 82017 N = 100	Jäännös varianssi	Q	d. f.	N
USD	(0,1,0)		0.000100	22.73	20	100
GBP	(0,1,0)		0.000081	25.97	20	100
DEM	(0,1,0)		0.000049	16.53	20	100
JPY	(0,1,0)		0.000210	36.61	20	100
	(0,1,1)	$w_t = a_t - 0.186 a_{t-1}$ (1.875)	0.000116	30.32	19	100
	* (0,1,2)	$w_t = a_t - 0.305 a_{t-1} - 0.267 a_{t-2}$ (3.122) (2.716)	0.000107	18.83	18	100
	(1,1,1)	$w_t = 0.829 w_{t-1} + a_t + 0.619 a_{t-1}$ (6.343) (3.642)	0.000114	25.80	18	100
	(1,1,2)	$w_t = -0.273 w_{t-1} + a_t - 0.659 a_{t-1} - 0.364 a_{t-2}$ (0.866) (2.183) (3.143)	0.000106	17.34	17	100
CHF	(0,1,0)		0.000100	23.20	20	100
	* (0,1,1)	$w_t = a_t - 0.440 a_{t-1}$ (5.286)	0.000084	20.21	19	100
	(1,1,1)	$w_t = -0.009 w_t + a_t - 0.433 a_{t-1}$ (0.041) (2.043)	0.000085	19.63	18	100
NLG	(0,1,0)		0.000100	37.44	20	100
	(0,1,1)	$w_t = a_t + 0.183 a_{t-1}$ (1.846)	0.000095	21.51	19	100
	(1,1,0)	$w_t = -0.280 w_{t-1}$ (2.894)	0.000093	14.96	19	100
	* (1,1,1)	$w_t = -0.695 w_{t-1} + a_t - 0.459 a_{t-1}$ (3.296) (1.781)	0.000092	12.09	18	100

$$x_{.05}^2(17) = 27.6 ; x_{.05}^2(18) = 28.9 ; x_{.05}^2(19) = 30.1 ; x_{.05}^2(20) = 31.4$$

$$w_t = 1nS_t - 1nS_{t-1}$$

Tällöin on otettava huomioon, että

$$E_t (S_{t-n}) = S_{t-n} \quad n = 0, 1, \dots$$

$$E_t (S_{t+n}) = S_t^e(n) \quad n = 0, 1, \dots$$

$$E_t (a_{t-n}) = a_{t-n} \quad n = 0, 1, \dots$$

$$E_t (a_{t+n}) = 0 \quad n = 1, 2, \dots$$

Japanin jenille, Sveitsin frangille ja Hollanin guldenille estimoituja malleja käytettiin otoksen ulkopuolella generoitujen kuukausiennusteiden laskemiseksi. Laskentatyön rajoittamisen ja tutkimuksen rajallisuuden johdosta mallin parametreja ei katsottu tarpeelliseksi päivittää uusien havaintojen niin salliessa.<sup>24</sup> Toisin sanoen valuuttakursseja generoivan prosessin oletettiin säilyneen ajassa stabiilina.

Tarkastelun kohteina olevien kolmen valuutan<sup>25</sup> ennustefunktiot voidaan kirjoittaa

$$(a) \quad \text{JPY } (0,1,2) : \ln S_t^e(4) = \ln S_t + (\theta_1 + \theta_2)a_t + \theta_2 a_{t-1}$$

$$(b) \quad \text{CHF } (0,1,1) : \ln S_t^e(4) = \ln S_t + \theta_1 a_t$$

$$(c) \quad \text{MLG } (1,1,1) : \ln S_t^e(4) = (1+\phi_1) \ln S_t^e(3) - \phi_1 \ln S_t^e(2)$$

<sup>24</sup>Todellisessa ennustetilanteessa kurssiennusteen tekijän tulisi luonnollisesti harkita parametrien päivittämättä jättämiseen liittyvän ennustetarkkuuden ja päivityskustannusten välistä suhdetta.

<sup>25</sup>ARIMA (0,1,0) ovat random walk -malleja.

Jotta ARIMA-mallien ennustekykä voitaisiin verrata aikaisemmin esitettyihin arbitraasi- ja spekulatiomalleihin, generoitiin ennustemallien (a) - (c) avulla kurssiennusteita ajanjaksolle 1982B21 - 1984B34 ja ennustevirheistä laskettiin tavanomaiset tunnusluvut. Nämä on esitetty taulukossa 7.

#### TAULUKKO 7

##### Arima ennusteet

JPY (0,1,2)	ME	=	- 1.14029
	MSE	=	10.25691
	MAE	=	2.01706
CHF (0,1,1)	ME	=	- 0.32047
	MSE	=	7.37529
	MAE	=	1.58204
NLG (1,1,1)	ME	=	- 0.23571
	MSE	=	6.96234
	MAE	=	1.33400

Taulukosta havaitaan, että tarkasteluajanjaksolla Japanin jenille estimoidun mallin ennustefunktio generoi selvästi suurimman keskineliövirhepoikkeaman muihin malleihin verrattuna. Jos taulukon 7 tunnuslukuja verrataan taulukossa 5 esitettyihin vastaaviin lukuihin, nähdään, että estimoidut ARIMA-mallit ovat ennustekyvyltään jossain määrin heikompia kuin random walk -hypoteesin tuottamat ennusteet MSE kriteerin perusteella. Tämä johtuu todennäköisimmin siitä, että mallin parametrit eivät ole täysin stabiileja analyysiperiodilla. Parametrien stabiilisuuden arviointi rajataan kuitenkin tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Termiiniennusteiden ja ARIMA-ennusteiden erot, paitsi Japanin jeniä koskevat, ovat varsin vähäiset.

Yhteenvedona edellä esitetyn neljän valuuttakurssiennusteen analysoinnista voidaan todeta, että korkopariteettiin perustuva ennuste osoittautui muita ennusteita selvästi heikommaksi. Sen sijaan Theilin kehittämän ennusteanalyysin perusteella hypoteesia termiini- tai random walk -ennusteen harhattomuudesta ja tehokkuudesta ei voitu hylätä tarkasteluajanjaksona. Valuuttakurssiennusteiden osuvuutta kuvaavien kri-

teereiden perusteella näyttäisi kuitenkin siltä, että random walk -ennusteet ovat olleet tarkasteluajanjaksona jossain määrin osuvampia kuin termiini- ja ARIMA-ennusteet. Tämän johdosta seuraavaksi esitettävässä vaihtoehtoisten sijoitusstrategioiden analyysissä käytetään random walk -hypoteesia ex ante tuotto-odotusten laskemisessa.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup>Mielenkiintoinen tarkastelukulma olisi mm. tutkia vaihtoehtoisten ennustemenetelmien merkitystä sijoituspolitiikan tuloksellisuuden kannalta. Tätä kysymystä ei kuitenkaan voida tarkastella tässä yhteydessä tutkimuksen rajallisuuden vuoksi.

## 5 PORTFOLIOSTRATEGIOIDEN TEHOKKUUS

Edellä on tarkasteltu portfolioteorian empiiriseen soveltamiseen liittyviä ongelmia ja osoitettu, että aidoissa päätöksentekotilanteissa sijoittaja joutuu arvioimaan kilpailevien valuuttakurssien määräytymistä koskevien hypoteesien mielekkyyttä potentiaalisten ennustevirheiden pienentämiseksi. Lisäksi tarkasteltiin yleisimpiä "halpoja" ennustekriteereja ja todettiin, että yksinkertainen random walk -malli näyttäisi tuottavan yleisten ekonometristen kriteereiden perusteella kilpailukykyisiä lyhyen aikavälin valuuttakurssiennusteita. Tässä luvussa testataan saatuja tuloksia keskuspankin sijoituspäätösten tehokkuuden kannalta.

### 5.1 Valuuttadiversifointi kelluvien valuuttakurssien aikana

Ennen kuin siirrymme keskuspankin kannalta aidoissa päätöksentekotilanteissa tarvittavien sijoitussääntöjen analysointiin, on syytä tarkastella valuuttadiversifioinnin avulla saavutettuja etuja kelluvien valuuttakurssien aikana (ex post).

Seuraavissa laskelmissa on oletettu, että keskuspankki olisi sijoittanut valuuttavarannon kymmenen tai viiden eri valtion kansallisille pääomamarkkinoille. Tarkasteluajanjakso on rajattu kelluvien valuuttakurssien aikaan, josta on muodostettu kaksi osaperiodia. Ensimmäinen ajanjakso käsittää vuodet 1974 - 1978 ja toinen vuodet 1979 - 1983.<sup>1</sup>

Suomen markkoina ilmaistuja sijoitustuottoja laskettaessa on kansallisina korkoina käytetty call money -korkoa, milloin se on ollut mahdollista. Näiden korkojen oletetaan parhaiten kuvaavan sitä korkotuottoa,

---

<sup>1</sup>Valuuttakurssit alkoivat itse asiassa kellua jo vuoden 1973 maaliskuussa.

joka saataisiin lyhyen aikavälin sijoituksista ko. kansallisilla markkinoilla. Keskimääräiset vuosikorot eri maiden osalta on esitetty liitteessä 7.

Kuten luvussa 4.2 huomautettiin, voi keskuspankki vaikuttaa valuuttaindeksin arvoon ja siten välillisesti sijoituspäätösten optimoinnissa käytettyyn riskimatriisiin ex ante. Tämän johdosta on jäljempänä myös arvioitu diversifioinnin merkitystä tapauksessa, jossa keskuspankin valuuttaindeksin muutosten generoimat vaikutukset on eliminoitu tuotosarjoista.

Liitetaulukosta 7 havaitaan, että eri maiden korkokehityksissä on ollut suuriakin eroja. Jos valuuttakurssien muutosten generoimia pääomatuloja/-tappioita ei otettaisi huomioon, olisi Italian liira ollut selvästi muita valuuttoja kannattavampi sijoituskohde kelluvien valuuttakurssien aikakautena. Liiran keskimääräinen tuotto on ollut ko. aikakautena runsaat 15 prosenttia. Heikoimman keskimääräisen korkotuoton olisi saanut Sveitsin frangin määräisistä sijoituksista, joiden tuotto oli vajaat 5 prosenttia.

Jos kansallisten korkojen lisäksi otetaan huomioon Suomen markkoina ilmaistut valuuttojen kurssinmuutokset yksittäisiä sijoituksia arvioidessa, muuttuvat johtopäätökset edellä tehdyistä selvästi. Tämä nähdään taulukosta 8a, jossa on esitetty yhden ja kolmen kuukauden vuosittaisilla kurssinmuutoksilla korjatut vaihtoehtoisten valuuttasijoitusten tuotot.

Kelluvien kurssien aikakauden alkupuolella 1974 - 1978 1 kk:n sijoitukset Sveitsin frangiin tuottivat keskimäärin n. 20 prosentin vuosituoton, kun vastaava liirainvestointi olisi tuottanut ainoastaan n. 8 prosenttia Suomen markkoina mitattuna. Koska liiratuoton ja Sveitsin frangin tuoton keskihajonnat olivat vastaavana ajanjaksona lähes yhtä suuria (ks. taulukko 10a), ei liiraan investoinut sijoittaja saanut kompensatiota edes pienemmän riskin muodossa. Tarkasteluajanjakson loppupuolella 1979 - 1983 liira osoittautuu kuitenkin olevan jossain määrin parempituottoinen investointi myös sijoitukseen liittyvä riski huomioon ottaen.



Dollarin voimakas vahvistuminen kansainvälisillä valuuttamarkkinoilla 1980-luvun alkupuolella on luonnollisesti vaikuttanut sen markkatuottoon merkittävästi. Sijoitukset dollariin viime vuosina ovatkin olleet selvästi kannattavampia kuin muut yksittäiset vaihtoehdot. Yleiskuva eri sijoitusvaihtoehtojen toteutuneesta tuottokehityksestä ei juurikaan muutu jos sijoitusten kestoaikaa pidennetään 1 kk:sta 3 kk:een.

Jos tuottolaskelmista eliminoidaan Suomen markan ulkoisen arvon muutosten vaikutukset, muuttuvat tulokset jossain määrin. Kuten taulukosta 8b havaitaan, olisivat erityisesti devalvaatiovuosina 1977, 1978 ja 1982 valuuttasijoituksista saadut tuotot olleet huomattavasti pienempiä toteutuneeseen kehitykseen verrattuna.

Edellä esitettyjen yksittäisten valuuttatuottojen lisäksi on kiintoisaa arvioida myös erilaisten valuuttasalkkujen keskimääräisiä tuottoja ja tuottoihin liittyvää epävarmuutta yhden ja kolmen kuukauden sijoitusten osalta molempina tarkasteluajanjaksoina. Analyysi on rajattu 10 ja 5 valuutan salkkuihin. Vaihtoehtoisten sijoituskohteiden tuottojen väliset korrelaatorakenteet on esitetty liitteessä 8.

Taulukossa 9a on esitetty viiden valuutan avulla muodostetut minimivarianssiportfoliot,<sup>2</sup> jotka on laskettu ko. maiden kansallisiin korkoihin ja toteutuneisiin valuuttojen markkakursseihin perustuvien tuottojen avulla. Tuloksista todennetaan mm. se jo aikaisemmin esitetty toteamus, että investointihorisontin valinta vaikuttaa selvästi portfolion kokoonpanoon. Lisäksi jakaumasta havaitaan, että siirryttäessä tarkastelussa ajanjaksosta 1974 - 1978 ajanjaksoon 1979 - 1983 kasvava osuus minimivarianssisalkussa selvästi, kun taas lähinnä dollarin ja Saksan markan osuudet pienenevät.

---

<sup>2</sup>Minimivarianssiportfoliot on ratkaistu yhtälöryhmän (57) avulla (ks. esim. Lehmuusaari & Tarkka 1984).

Sijoitusvektori  $w = \frac{-1}{c} e$ , jossa  $c = e' \Omega e$

Jos Suomen Pankin valuuttaindeksin muutosten generoimia valuuttakurs-sivoittoja tai -tappioita ei oteta huomioon tuottosarjojen laskemises-sa, olisivat minimivarianssiportfolion valuuttakoostumukset olleet tarkasteluajanjaksoina taulukon 9b mukaisia. Kansallisiin korkoihin ja kansainvälisen kurssirakenteen muutoksiin perustuvassa minimivarians-sisalkussa punnan osuus on myös selvästi kohonnut tarkasteluajanjakson loppupuolella.

Diversifioinnin avulla saavutetut edut sijoituksen tuottoepävarmuuden kannalta voidaan todentaa vertailemalla taulukkoja 9 ja 10. Keskiha-jontalukujen perusteella mitattu epävarmuus on sekä 1 että 3 kuukauden portfoliosijoitusten kohdalla ollut tuntuvasti pienempi kuin yksittäisissä valuutoissa. Lisäksi taulukoista voidaan todentaa va-luuttaindeksin muutosten epävarmuutta lisäävä vaikutus.

Jos sijoituskohteiden lukumäärää lisätään, pienenee sijoitussalkun kes-kihajonta edelleen. Tämä on osoitettu taulukoissa 11a - 11b. Sijoitus-kohteiden kasvattamiseen liittyy kuitenkin se kiusallinen piirre, että sijoittajan tulisi olla halukas velkaantumaan useissa valuutoissa, jotta lisädiversifioinnin hyöty saavutettaisiin. Tämä ei kuitenkaan aina välttämättä ole mahdollista tai toivottavaa käytännössä, mikä tu-lisi ottaa huomioon diversifioinnin avulla saavutettavissa olevia po-tentiaalisia etuja arvioitaessa.

## TAULUKKO 8a

Yhden ja kolmen kuukauden valuuttasijoitusten keskimääräiset tuotot  
(p.a.)  
Suomen markkoina mitattuna vuosina 1974 - 1983 (korke + kurssimuutos)

Va- luut- ta	1974	1975	1976	1977	1 kk tuotto %					
					1978	1979	1980	1981	1982	1983
USD	-1.81	12.14	3.34	13.12	4.43	2.65	15.09	26.09	31.18	17.84
GBP	6.75	2.22	-9.23	25.93	12.75	15.62	24.89	4.87	15.18	6.71
DEM	14.19	4.07	11.85	22.30	14.25	6.51	-0.49	9.82	22.16	1.97
FRF	14.42	16.00	-4.37	20.84	16.13	7.79	3.58	4.95	16.67	1.71
NLG	15.31	5.09	13.17	18.48	16.78	7.70	2.54	8.85	20.78	0.18
ITL	3.26	12.89	-10.03	20.94	13.39	8.29	6.54	6.15	24.94	9.96
NOK	11.23	9.07	12.22	16.83	10.04	3.59	10.73	13.17	14.16	12.08
SEK	13.62	8.94	12.08	4.30	13.10	5.67	10.09	3.54	5.07	12.28
JPY	2.72	15.01	9.39	33.67	22.66	-21.62	27.57	15.75	16.78	18.69
CHF	24.99	11.62	10.84	28.58	22.08	0.92	-2.73	16.10	12.91	6.74

Va- luut- ta	1974	1975	1976	1977	3 kk tuotto %					
					1978	1979	1980	1981	1982	1983
USD	1.42	10.14	4.36	12.97	2.72	3.75	11.64	28.15	32.66	15.21
GBP	7.86	1.08	-11.24	25.80	13.39	14.64	24.97	4.70	19.51	4.60
DEM	12.60	6.15	10.76	19.90	16.55	5.58	0.81	9.30	19.61	5.46
FRF	14.58	17.77	-4.41	19.78	16.37	6.76	5.06	-4.69	13.41	4.88
NLG	14.53	6.63	11.66	17.25	17.98	6.43	4.67	8.09	19.42	2.84
ITL	4.97	12.60	-10.08	20.37	14.07	7.43	6.56	6.13	22.09	12.58
NOK	10.78	9.27	11.55	14.56	12.82	3.78	10.16	11.78	14.05	13.94
SEK	13.63	9.51	11.38	4.44	13.60	5.66	9.34	3.57	6.08	10.93
JPY	2.59	13.53	10.39	31.18	26.75	-22.39	22.33	16.64	13.62	22.62
CHF	21.08	14.06	12.61	23.44	28.84	-2.05	-1.05	14.16	10.51	9.71

## TAULUKKO 8b

Yhden ja kolmen kuukauden valuuttasijoitusten keskimääräiset tuotot Suomen markkoina mitattuna vuosina 1974 - 1983 (korke + indeksin muutoksilla korjattu kurssimuutos)

Va- luut- ta										
	1974	1975	1976	1977	1 kk tuotto %					
	1978	1979	1980	1981	1982	1983				
USD	-1.55	11.18	3.94	2.32	-1.63	5.33	17.09	26.09	21.17	17.84
GBP	6.83	1.26	-8.64	15.13	6.69	18.30	26.89	4.87	5.18	6.71
DEM	14.46	3.11	12.45	11.50	8.19	9.18	1.50	9.82	12.15	1.97
FRF	14.69	15.04	-3.77	10.04	10.06	10.46	5.58	4.95	6.67	1.71
NLG	15.57	4.13	13.77	7.68	10.72	10.38	4.54	8.85	10.78	0.18
ITL	3.53	11.93	-9.43	10.14	7.33	10.97	8.54	6.15	14.93	9.96
NOK	11.49	8.11	12.82	6.03	3.98	6.27	12.73	13.17	4.16	12.08
SEK	13.88	7.98	12.68	-6.50	7.04	8.34	12.09	3.54	-4.93	12.28
JPY	2.98	14.05	9.99	22.87	16.60	-18.94	29.57	15.75	6.78	18.69
CHF	25.25	10.66	11.44	17.78	16.02	3.60	-0.73	16.10	2.91	6.74

Va- luut- ta										
	1974	1975	1976	1977	3 kk tuotto %					
	1978	1979	1980	1981	1982	1983				
USD	0.89	9.38	5.39	3.41	-4.58	6.49	13.64	28.15	23.21	14.62
GBP	7.33	0.32	-10.20	16.25	6.10	17.38	26.96	4.70	10.06	4.01
DEM	12.07	5.40	11.79	10.34	9.26	8.32	2.81	9.30	10.15	4.88
FRF	14.05	17.02	-3.38	10.22	9.07	9.50	7.06	4.69	3.96	4.30
NLG	14.00	5.88	12.70	7.69	10.69	9.17	6.66	8.09	9.97	2.25
ITL	4.44	11.85	-9.05	10.81	6.78	10.17	8.56	6.13	12.64	11.99
NOK	10.25	8.52	12.59	5.00	5.53	6.52	12.15	11.78	4.59	13.35
SEK	13.10	8.75	12.41	-5.11	6.31	8.40	11.34	3.57	-3.37	10.35
JPY	2.06	12.77	11.42	21.62	19.46	-19.65	24.33	16.64	4.17	22.04
CHF	20.55	13.31	13.65	13.89	21.55	0.69	0.95	14.16	1.06	9.13

## TAULUKKO 9a

Viiden valuutan minimivarianssisalkku (%)<sup>1</sup>

	1974 - 1978		1979 - 1983	
	1 kk	3 kk	1 kk	3 kk
USD	40.5	44.5	22.3	23.0
GBP	15.4	10.6	22.7	35.3
DEM	45.2	50.0	39.0	33.2
JPY	-4.1	-15.1	7.4	-3.6
CHF	3.1	10.0	8.5	12.1
hajonta	13.7	8.1	16.3	10.1

<sup>1</sup>Luvut ovat pyöristämättömiä eivätkä välttämättä summaudu sadaksi. Negatiivinen luku merkitsee velkaantumista ko. valuutassa.

## TAULUKKO 9b

Viiden valuutan minimivarianssisalkku (%)<sup>1</sup> (indeksin muutoksilla korjattu)

	1974 - 1978		1979 - 1983	
	1 kk	3 kk	1 kk	3 kk
USD	30.5	27.9	24.9	23.9
GBP	15.2	13.5	20.7	23.1
DEM	50.5	54.3	45.8	46.8
JPY	2.8	3.0	5.5	2.5
CHF	1.0	1.3	3.1	3.6
hajonta	5.7	3.4	4.1	2.8

<sup>1</sup>Luvut ovat pyöristämättömiä eivätkä välttämättä summaudu sadaksi. Negatiivinen luku merkitsee velkaantumista ko. valuutassa.

TAULUKKO 10a

Valuuttasijoitusten tuottojen keskihajonnat (%)

	1974 - 1978		1979 - 1983	
	1 kk	3 kk	1 kk	3 kk
USD	20.1	14.1	27.0	17.7
GBP	22.5	16.2	25.7	16.6
DEM	18.7	11.2	21.2	14.6
FRF	20.6	14.6	22.6	15.2
NLG	18.6	11.3	21.5	15.0
ITL	26.9	20.9	18.9	13.3
NOK	14.7	8.7	15.9	9.3
SEK	16.1	10.0	10.9	8.0
JPY	26.6	18.9	32.3	25.6
CHF	27.7	18.5	25.6	18.2

TAULUKKO 10b

Valuuttasijoitusten tuottojen keskihajonnat (%) (indeksin muutoksilla korjattu)

	1974 - 1978		1979 - 1983	
	1 kk	3 kk	1 kk	3 kk
USD	17.3	12.8	21.3	14.2
GBP	18.6	13.2	20.7	15.5
DEM	12.4	7.6	13.9	9.4
FRF	16.7	11.5	15.4	10.0
NLG	11.6	7.4	13.6	9.9
ITL	22.4	17.4	10.5	7.0
NOK	11.4	7.0	10.4	7.4
SEK	14.8	9.5	19.8	13.8
JPY	22.3	15.4	28.9	22.5
CHF	24.1	16.7	20.7	14.5

TAULUKKO 11a

Kymmenen valuutan minimivarianssiportfolio (%)<sup>1</sup>

	1974 - 1978		1979 - 1983	
	1 kk	3 kk	1 kk	3 kk
USD	28.8	35.9	-2.4	-2.1
GBP	16.3	20.5	-2.7	11.5
DEM	27.0	8.1	-9.2	40.8
FRF	4.3	-13.4	-2.4	24.4
NLG	-42.4	-28.8	35.4	-8.9
ITL	-4.1	-3.2	-9.9	-34.2
NOK	36.4	38.5	17.4	0.0
SEK	34.2	42.4	69.5	65.8
JPY	-3.7	-13.2	-4.3	-4.6
CHF	3.1	13.3	8.7	7.5
hajonta	10.2	5.8	5.7	3.4

<sup>1</sup>Luvut ovat pyöristämättömiä eivätkä välttämättä summaudu sadaksi. Negatiivinen luku merkitsee velkaantumista ko. valuutassa.

TAULUKKO 11b

Kymmenen valuutan minimivarianssiportfolio (%)<sup>1</sup> (indeksin muutoksilla korjattu)

	1974 - 1978		1979 - 1983	
	1 kk	3 kk	1 kk	3 kk
USD	20.2	16.8	18.9	15.9
GBP	11.0	11.1	10.0	13.6
DEM	26.0	17.7	21.1	18.0
FRF	1.3	3.9	5.4	0.5
NLG	22.1	9.4	1.8	4.1
ITL	3.3	2.8	18.1	24.8
NOK	-4.0	16.1	8.6	10.7
SEK	18.8	14.0	12.3	10.4
JPY	3.6	5.9	-0.9	-0.8
CHF	-2.4	2.5	4.6	2.7
hajonta	2.0	1.6	2.0	1.2

<sup>1</sup>Luvut ovat pyöristämättömiä eivätkä välttämättä summaudu sadaksi. Negatiivinen luku merkitsee velkaantumista ko. valuutassa.

## KUVIO 8

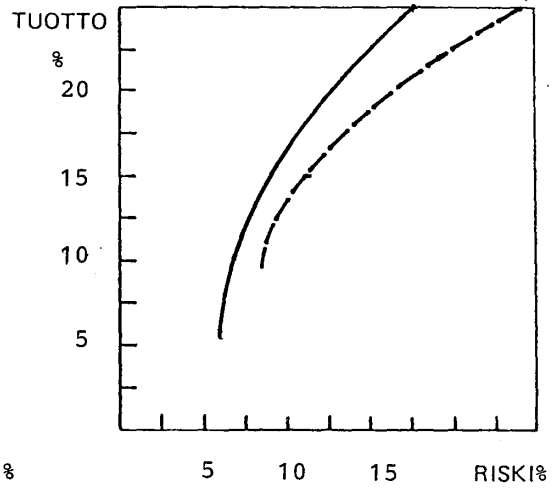
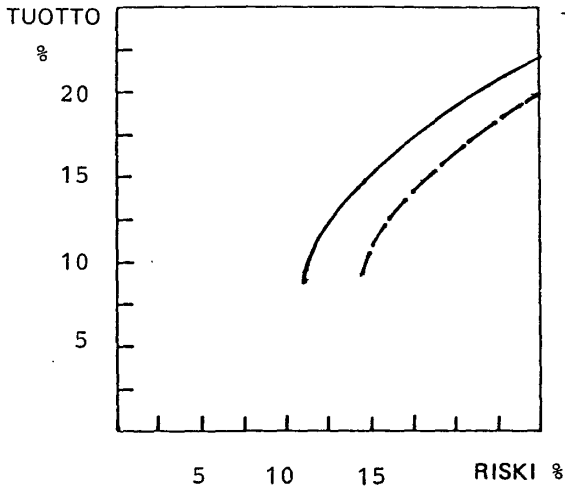
Tehokkaiden portfolioiden ura kelluvien kurssien aikana

— 10 valuuttaa  
 - - - 5 valuuttaa

1974 - 1978

1 kk

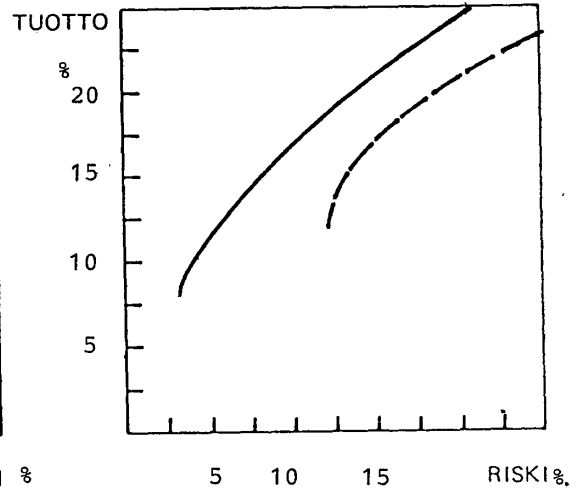
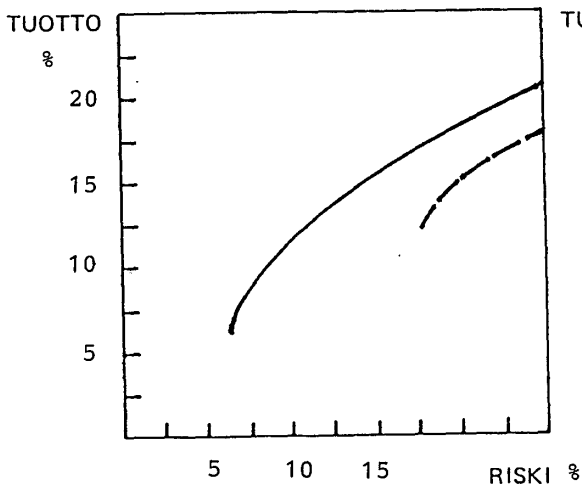
3 kk



1979 - 1983

1 kk

3 kk





Edellä esitetyt laskelmat perustuvat ajatukseen, että sijoittajan riskinkarttamisaste on ääretön. Sijoittaja, jonka riskinottohalu on suuri, kykeni myös kasvattamaan sijoituksista saatua tuottoa selvästi. Kuviossa 8 on esitetty vaihtoehtoisten sijoituskombinaatioiden tuotto - riski trade offit niissä tapauksissa, joissa tuotot laskettiin kansallisten korkojen ja valuuttojen toteutuneiden markkakurssimuutosten avulla. Kuvioista havaitaan mm. se, että sijoitusvaihtoehtojen lisääminen paransi tuntuvasti valuuttariskeiltä suojautumisen mahdollisuuksia, erityisesti minimivarianssiportfolion kohdalla, tarkasteluajanjakson loppupuolella. Liitteessä 9 on lisäksi esitetty 10, 15 ja 20 prosentin tuottovaatimusten edellyttämät tehokkaat sijoitussäännöt. Tulokset viittaavat siihen, että sijoituskombinaatiot ovat varsin herkkiä asetetulle tuottovaatimukselle.

## 5.2 Aitojen sijoitussääntöjen operationaalinen suorituskyky

Tutkimuksen neljännen luvun alussa kiinnitettiin huomiota sijoituspäätösten luonteeseen aidossa päätöksentekotilanteessa portfolioteorian kannalta. Empiirisen osan lopuksi pyritään arvioimaan portfolioteorian käyttökelpoisuutta sen operationaalisen soveltamisen kannalta valuuttasijoitusten hoidossa. Tarkasteluajanjakso on rajattu vuoden 1983 alusta vuoden 1984 kesäkuun loppuun ja analyyseissa tarkastellaan ai-noastaan neljän ja viiden valuutan koreja. Seuraavassa pohdittavia kysymyksiä ovat:

- A. Kuinka paljon aidossa sijoitustilanteessa riskiä minimoivan keskuspankin<sup>3</sup> sijoitustulos poikkeaa (suboptimaalisuus) täydellisen informaation avulla saavutetusta tuloksesta? Toisin sanoen kuinka paljon keskuspankki voisi periaatteessa maksaa preemiota täydellisestä pääoma- ja valuuttamarkkinoita koskevasta informaatiosta?

---

<sup>3</sup>Keskuspankin riskinottohalu voitaisiin luonnollisesti määritellä myös toisin.

- B. Kuinka suuri vaikutus reaalilla - vs. nimellisillä preferensseillä on keskuspankin sijoitussääntöön? Mikä on suojautumisportfolion rakenne (ks. luku 3)?
- C. Kuinka paljon jatkuvasti toteutettu uudelleendiversifiointi parantaa sijoitustoiminnalle asetettujen tavoitteiden toteutumista yksinkertaiseen "buy and hold -strategiaan" verrattuna?
- D. Miten portfolioteorian avulla johdettujen sijoitussääntöjen tulokset poikkeavat nk. naiveista säännöistä eli mitkä ovat teorian operationalisoinnilla saavutetut edut?

Sijoitustoiminnan ex ante -luonteesta johtuvien virheiden arvioimiseksi on taulukossa 12 esitetty tarkasteluajanjaksolta lasketut vaihtoehtoisten yhden kuukauden valuuttasijoitusten toteutuneet annualisoidut keskimääräiset suhteelliset tuotot, tuottojen varianssit sekä niiden keskihajonnat (sarake 1). Kaikissa laskelemissa on ajateltu, että keskuspankki sijoittaa valuuttavarannon euromarkkinoille aikatalletuksina. Korkotekijänä on tällöin käytetty ko. valuutan eurokorkoa. Korkotekijän ohella tuottoihin vaikuttavat valuuttojen Suomen markkoina ilmaistujen arvojen muutokset.

Lisäksi taulukossa on esitetty random walk -hypoteesin (ks. luku 4.2.2) avulla laskettujen annualisoitujen suhteellisten tuottojen keskimääräiset odotetut arvot ex ante, ennustevirheet, keskineliövirheet sekä keskineliövirheiden neliöjuuret valuutoittain (sarake 3). Vaikka todellisuudessa sijoittajan investointikäyttäytyminen riippuu hetkellisistä tuotto- ja riskinäkemuksista, voidaan ajanjaksolta laskettujen keskimääräisten, sijoitusnäkyviä kuvaavien lukujen perusteella kuitenkin pyrkiä arvioimaan sijoitusten ex ante -luonnetta. Nimellisiin tuottoihin perustuvien tunnuslukujen lisäksi vastaavat reaali-termeihin perustuvat laskeleimat on raportoitu sarakeissa 2 ja 4.

TAULUKKO 12

Vaihtoehtoisten valuuttasijoitusten tunnuslukuja (1983B1-1984B24)

Va- luut- ta	ex post (nim) (1)			ex post (reaali) (2)			ex ante (nim) (3)				ex ante (reaali) (4)			
	ka	var	kh	ka	var	kh	$E(\tau)$	ME	MSE	$\sqrt{MSE}$	$E(\tau)$	ME	MSE	$\sqrt{MSE}$
USD	.1839	.0524	.2289	.1526	.0474	.2179	.0977	.0861	.0591	.2431	.0977	.0548	.0498	.2232
GBP	.0621	.0418	.2046	.0309	.0413	.2033	.0965	-0.0344	.0424	.2061	.0965	-0.0656	.0450	.2132
DEM	.0198	.0196	.1402	-0.0113	.0349	.1869	.0535	-0.0336	.0205	.1432	.0535	-0.0649	.0386	.1967
JPY	.1191	.0309	.1758	.0879	.0354	.1882	.0632	.0558	.0336	.1834	.0632	.0246	.0355	.1885
CHF	-0.01277	.0144	.1202	-0.0439	.0149	.1222	.0374	-0.0502	.0167	.1295	.0374	-0.0814	.0213	.1462

Yksittäisten valuuttasijoitusten nimellisten tuottojen avulla lasketut tunnusluvut osoittavat, että odotetut tuotot selvästi aliarvioivat Yhdysvaltojen dollarin ja Japanin jenin osalta sekä yliarvioivat Englannin punnan, Saksan markan ja Sveitsin frangin osalta toteutuneen tuottokehityksen tarkasteluajanjaksona, mikä olisi todennäköisesti johtanut liian pieniin dollari- ja jeniosuuksiin valuuttaportfolioissa (olet. eksog. riskimatriisi).<sup>4</sup> Vastaava tulos on myös voimassa reaali-termein suoritettussa tarkastelussa. Lukujen perusteella ei voida kuitenkaan tehdä johtopäätöksiä virheiden systemaattisuudesta pitemmällä ajanjaksolla.

Taulukosta voidaan lisäksi todentaa, että ex ante ja ex post nimellisten tuottojen avulla laskettujen riskimatriisien diagonaalialkioiden arvot ovat lähes samansuuruisia. Reaalitarkastelussa diagonaalialkiot poikkeavat toisistaan jonkin verran enemmän. Jos tarkastellaan diagonaalien ulkopuolisia valuuttatuottojen kovarianssien arvoja, jotka on raportoitu liitteessä 10, huomataan kuitenkin joidenkin ex ante -kovarianssi-alkioiden poikkeavan selvästi vastaavista ex post -alkioista. Tästä mm. seuraa, että otoksesta laskettu riskimatriisi ei täysin riittävästi kuvaa sijoittajan kohtaamaa epävarmuutta sijoitustilanteissa tarkasteluajanjaksona, jos sijoittaja olisi ko. periodilla muodostanut valuuttakurssi-odotuksensa random walk -hypoteesin avulla.

Oletetaan nyt, että keskuspankki pyrkii sijoituspolitiikassaan minimoimaan valuuttavarannon tuottoon liittyvää epävarmuutta (riskiversio on ääretön). Tällöin optimaalinen sijoituspolitiikka (ex post) olisi edellyttänyt neljän ja viiden valuutan sijoitussalkuissa taulukossa 13 esitettyjä sijoitusosuuksia (sarakkeet 1 & 2). Valuuttajakaumien lisäksi taulukkoon on kirjattu sijoitussääntöjen avulla saatu tuotto ja tuoton hajonta.<sup>5</sup> Hajontalukujen perusteella voidaan sanoa, että va-

---

<sup>4</sup>Minimivarianssiportfolioihin odotetut tuotot eivät luonnollisesti vaikuta.

<sup>5</sup>On helppo osoittaa, että minimivarianssiportfolion hajonta on muotoa  $1/\sqrt{c}$  ja tuotto  $b/c$ , jossa  $b = r' \Omega^{-1} e$  ja  $c = e' \Omega e$  (ks. esim. Lehmuusari & Tarkka 1984).

Taulukko 13

Minimivarianssiportfolioiden osuudet (%) (1983B1-1984B24)<sup>1</sup>

4 valuuttaa

Valuutta	(1) ex post (nim)	(2) ex post (reaali)	(2)-(1) h	(3) ex ante (nim)	(4) ex ante (reaali)	(4)-(3) h
USD	20.4	26.6	6.2	20.5	28.7	8.2
GBP	20.0	24.2	4.2	20.0	21.7	1.7
DEM	49.3	37.9	-11.4	49.3	35.7	-13.6
JPY	10.3	11.4	1.1	10.3	13.8	3.5

tuotto	7.210	5.376		7.219 (7.212)	7.693 (5.863)	
hajonta	4.363	8.815		4.331 (4.364)	8.991 (8.865)	

5 valuuttaa

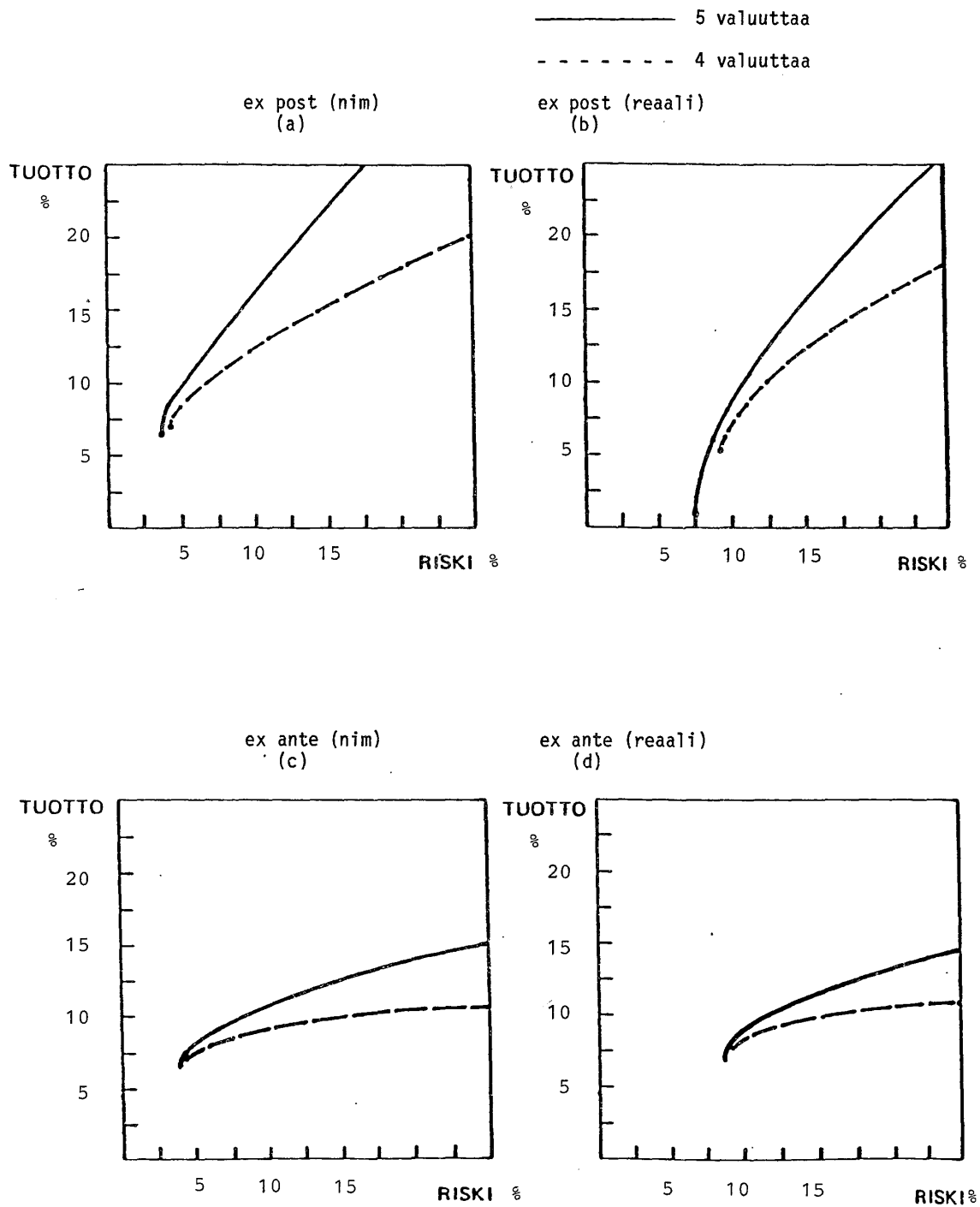
Valuutta	(1) ex post (nim)	(2) ex post (reaali)	(2)-(1)	(3) ex ante (nim)	(4) ex ante (reaali)	(4)-(3)
USD	20.5	26.8	6.3	21.0	30.3	9.3
GBP	17.6	14.7	-2.9	17.6	14.8	-2.8
DEM	45.6	23.2	-22.4	46.0	26.1	-19.9
JPY	4.4	-12.1	-16.5	6.5	2.4	-4.1
CHF	11.9	47.4	35.5	8.9	26.4	16.5

tuotto	6.149	1.136		6.961 (6.527)	6.928 (3.952)	
hajonta	4.216	7.582		4.221 (4.231)	8.522 (7.941)	

<sup>1</sup> Portfolio-osuudet ovat pyöristämättömiä, eivätkä siten välttämättä summaudu sadaksi.

Kuvio 9

Neljän ja viiden valuutan portfolioiden tehokkaat urat



luuttasalkun kasvattaminen Sveitsin frangilla ei nimellisiin preferensseihin perustuvassa tarkastelussa vähentänyt minimivarianssiportfolioon liittyvää epävarmuutta olennaisesti. Lisäksi Sveitsin frangin mukaanottaminen ei juurikaan muuttanut dollarin suhteellista osuutta, vaan frangin osuus pienensi ensisijassa jenipositiota. Sen sijaan reaalityttöjen tapauksessa valuuttasalkun kasvattaminen vähensi myös salkun reaalitytön hajontalukua.

Jos keskuspankki olisi ollut halukas ottamaan riskiä enemmän kuin minimivarianssiportfolio edellytti, olisivat lisädiversifioinnin edut kuitenkin olleet huomattavia. Tämä on osoitettu kuviossa 9 a - b, jossa neljän ja viiden valuutan sijoitussalkkujen tehokkaat kombinaatiot on esitetty riski - tuotto-koordinaatistossa. Tiettyjä urapisteitä vastaavien valuuttapositionien vektorit on esitetty liitteessä 11. Liitteestä 11 voidaan mm. havaita dollariosuuden tuntuva kasvu sijoitussalkussa tuottotavoitteen kohotessa, mikä johtuu dollarin voimakkaasta vahvistumisesta tarkasteluajanjaksolla muihin valuuttoihin nähden.

Taulukossa 13 on myös esitetty random walk -hypoteesin avulla lasketut ex ante tehokkaat minimivarianssiportfoliot 4 ja 5 valuutan tapauksissa.<sup>6</sup> Valuuttaportfolioiden ex ante tuotot ja tuottojen hajonnat, jotka kuvaavat riskiä minimoivan keskuspankin investointinäkyviä sijoitustilanteessa, on raportoitu niinikään taulukon alaosassa.

Portfolio-osuuksista nähdään, että nimellisten tuottojen avulla lasketut ex ante - osuudet eivät juurikaan poikkea ex post -osuuksista minimivarianssiportfolioiden osalta, vaikka ko. riskimatriiseissa todettiin olevan joitakin eroja. Myös 4 ja 5 valuutan sijoitussalkkujen riski ex ante on iänhes sama kuin ex post -ratkaisuisissa, lukuun ottamatta viiden valuutan salkun reaalityratkaisua.

Tarkastelujakson keskimääräisten ex ante -tuottojen ja niiden ennustevirheiden perusteella ratkaistujen minimivarianssiportfolioiden todel-

---

<sup>6</sup>Sijoitusosuudet on optimoitu yhtälöryhmän (62) mukaisesti.

liset tuotot ja tuottojen keskihajonnat on esitetty taulukossa 13 sul-  
kulausekkeissa. Nämä ovat lähes samoja ex post -ratkaisujen kanssa. Minimivarianssiportfolioratkaisuissa näyttäisi siltä, että keskimää-  
räiset ex ante -ratkaisut eivät merkittävästi poikkea ex post  
-ratkaisuista.

Edellä esitetty johtopäätös ei kuitenkaan näyttäisi olevan voimassa, jos keskuspankki olisi ollut halukas ottamaan riskiä tarkasteluajan-  
jakson kuluessa. Tämä voidaan todentaa kuvioissa 9 c & d esitetyistä neljän ja viiden valuutan ex ante tehokkaista riski - tuotto trade  
offeista, jotka poikkeavat selvästi vastaavista ex post -urista (kuvio 9a & b). Tuloksista nähdään, että keskimääräiset investointinäkömät ex  
ante ovat aliarvioineet selvästi todelliset valuuttadiversifioinnilla potentiaalisesti saavutettavissa olevat sijoitustulokset. Liitteessä 11 on myös esitetty tiettyjä trade off -ratkaisuja vastaavat optimaal-  
liset ex ante valuuttakombinaatiot molemmille sijoitussalkuille, jotka nekin kuviotarkastelun perusteella poikkeavat tuntuvasti ex post  
-ratkaisuista.

Yllä esitettyjen laskelmien perusteella näyttäisi siltä, että tarkas-  
teluajanjakson kuluessa epätäydellisestä informaatiosta ex ante aiheu-  
tunut sijoitustoiminnan suboptimaalisuus on erityisen korostunut ti-  
lanteissa, joissa keskuspankki on halukas ottamaan riskejä korkeampien  
tuottotavoitteiden johdosta. Sen sijaan minimivarianssiratkaisussa ero  
on melko vähäinen.

Tutkimuksen teoreettisessa osassa luvussa 3.1.1 arvioitiin optimaalis-  
ten sijoitussääntöjen eroja tapauksissa, joissa rationaalinen sijoit-  
taja tarkasteli investointiongelmia nimellisin ja reaali-termien. Täl-  
löin osoitettiin, että reaalisesti tehokas valuuttasalkku voidaan ai-  
kaansaada nimellisesti tehokkaasta sijoitussalkusta nk. suojautumis-  
portfolion avulla. Lisäksi osoitettiin, että suojautumisportfolio ei  
edellyttänyt nettoinvestointeja.

Jos edelleen oletetaan, että keskuspankki pyrkii minimoimaan varannon  
tuottoon liittyvää epävarmuutta ja lisäksi että keskuspankin prefe-



renssit määräytyvät reaalisuureiden perusteella, olisivat järkevät sijoituskombinaatiot olleet tarkasteluajanjaksona neljän ja viiden valuutan sijoitussalkkujen tapauksissa taulukossa 13 raportoitujen valuuttajakaumien mukaiset (sarakkeet 2 & 4).

Ex ante -laskelmissa reaalin odotettu tuotto (p.a.) on laskettu yhtälön (82) perusteella

$$(82) \quad E(\tau_t^i) = 12 \left\{ \frac{1}{S_{i,t}} \left( 1 + r_t^f / 1200 \right) S_{i,t+1} - 1 - E \left[ \ln \left( \frac{P_{t+1}}{P_t} \right) \right] \right\}^7$$

Tutkimustavoitteen ja laskennallisten näkökohtien kannalta oli yksinkertaisinta olettaa, että sijoittajan tuontihintaindeksin (P) muutoksia koskevat odotukset muodostuvat staattisen hypoteesin perusteella. Muut mahdolliset odotusten muodostumista kuvaavat hypoteesit rajattiin siten tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Riskimatriisin diagonaalien alkiot voidaan kirjoittaa.

$$(83) \quad MSE^i = E \left\{ 12 \left[ \frac{1}{S_{i,t}} \left( 1 + r_t^f / 1200 \right) S_{i,t+1} - 1 \right] - E \left( r_t^f / 100 \right) \right\}^2$$

Taulukossa 13 esitettyjen suojautumisportfolioiden h jakaumien perusteella näyttäisi siltä, että optimaaliset sijoituspolitiikat, nimellinen vs. reaalin, eroavat selvästi toisistaan. Erityisesti viiden valuutan tapauksen suojaportfolio h olisi edellyttänyt ex post -ratkaisussa meiko tuntuvia lyhyitä positioita. Taulukon 13 tulokset viittaavat lisäksi siihen, että reaaliarvojen arvioitujen ex ante -sijoitusnäkömät antoivat jossain määrin yioptimistisen käsityksen odotettävissa olevasta reaaliarvosta toteutuneeseen tuottokehitykseen verrattuna.

---

<sup>7</sup>Ulkomainen korko  $r^f$  on merkitty prosenteissa p.a.

### 5.3 Portfolioteorian operationaalinen voima naiveihin sijoitussääntöihin verrattuna

Eräs empiirisen portfolioanalyysin mielenkiintoisimmista kysymyksistä on, voidaanko teorian avulla johdetuilla ja operationalisoiduilla sijoitussäännöillä parantaa valuuttasijoitusten (portfolioiden) sijoittajan preferenssit huomioon ottavia tuottoja yksinkertaisimpiin nk. naiveihin sijoitussääntöihin verrattuna.

Seuraavassa analysoidaan portfolioteorian avulla johdettujen ja eräiden naivien sijoitussääntöjen suorituskykyä vuoden 1983 alusta vuoden 1984 kesäkuun loppuun (18 kk).<sup>8</sup> Testausmenettely on seuraava: Kuten edellä valuuttasijoitukset oletettiin investoiduksi euromarkkinoille neljänä tai viitenä valuuttana, kuitenkin niin, että keskuspankilla oli mahdollisuus sijoittaa valuuttavaranto uudelleen jokaisen kuukauden alussa käytettävissä olevan informaation perusteella. Sijoitusten juoksuaika oli kuukausi. Keskuspankin oletettiin minimoivan sijoitusten tuottoon liittyvää epävarmuutta. Koska analyysin tarkoituksena on ensisijassa arvioida portfolioteorian operationaalista voimaa sekä jatkuvalla sopeuttamisella saavutettavissa olevia etuja, suoritettiin laskelmat ainoastaan nimellisten Suomen markkoina ilmaistujen tuottojen avulla. Koska aikasarja-aineistona käytettiin noteerausten päivähavainnoista aggregoituja taseviikkosarjoja ja tuontihintaindeksisarjat perustuvat kuukausihavaintoihin oli rajaus myös tästä näkökulmasta laskennallisista syistä perusteltua.

Uudelleen allokoinnin perustana olevat ja random walk -hypoteesiin perustuvat ex ante -riskimatriisit (18 kpl) laskettiin liukuvasti kuukausittain otosaikavälinä neljännesvuosi (12 hav.).<sup>9</sup> Riskimatriisit on esitetty liitteessä 12. Uudelleen allokoinnin avulla saatuja portfolioita on jatkossa merkitty MVP:llä.

---

<sup>8</sup>Tarkasteluajanjakson kuluessa markan ulkoinen arvo nousi n. 1.5 prosenttia.

<sup>9</sup>Ensimmäistä riskimatriisia laskettaessa käytettiin kuitenkin ainoastaan 11 havaintoa, jotta vuoden 1982 lokakuussa toteutetun devalvaation vaikutukset eivät vääristäneet riskimatriisia.

Kilpailevia naiveja sijoitussääntöjä oli molempien sijoitussalkkujen kohdalla viisi. Vaihtoehtoisiksi sijoitusstrategioiksi ajateltiin ensinnäkin, että keskuspankki olisi sijoittanut valuuttavarantonsa tarkasteluajanjaksona ko. valuuttoihin niiden valuuttaindeksiosuuk-sien suhteessa. Toiseksi ajateltiin, että sijoitukset olisi tehty Suomen bilateraalisten vientiosuuk-sien ja kolmanneksi tuontiosuuk-sien suhteessa. Neljäntenä vaihtoehtona oli sijoittaa jokaiseen valuuttaan ta-saosuus ja lopulta suorittaa sijoitukset IMF:n MERM-mallin tuottamien valuuttaosuuk-sien suhteessa.<sup>10</sup> Lisäksi verrattiin tarkasteluajanjakson ulkopuolella laskettujen (ks. luku 4.2) ex ante ja ex post -ratkai-sujen avulla saatuja "buy and hold" -sijoitussääntöjä jatkuvasti so-peutettuihin positioihin. Portfolioiden kokoonpanot on esitetty taulu-kossa 14.

Jokaiselle sijoituskombinaatiolle laskettiin annualisoitu suhteellinen tuotto kuukausittain (18 kpl) ja kuukausituottosarjoista keskiarvo sekä sarjan keskihajonta. Tulokset on esitetty taulukoissa 15 ja 16. Taulukoissa on myös esitetty uudelleen allokoinnin tuloksena saadut ex ante optimaaliset sijoituskombinaatiot ja näitä vastaavat tuottoluvut. Suomen markan ulkoisen arvon nousu maaliskuussa 1984 ilmenee mm. port-foliotuottojen negatiivisuutena tarkasteluajanjakson 15 kuukauden ha-vainnoissa.

Vaihtoehtoisten sijoitussääntöjen suorituskykyä kuvaavan taulukon 17 luvut viittaavat siihen, että jos keskuspankki olisi tarkasteluajan-jakson kuluessa kuukausittain allokoinnut valuuttapositionsa uudelleen käytettävissä olevan informaation edellyttämällä tavalla, olisi varan-on tuoton varianssi ollut pienempi (riskin minimointi) kaikkiin tar-kastelun kohteina oleviin naiveihin sijoitussääntöihin verrattuna.

Mielenkiintoista on mm. havaita, että esimerkiksi neljän valuutan ta-pauksessa valuuttojen indeksisuhteessa toteutettu sijoituspolitiikka

---

<sup>10</sup>MERM on lyhennys sanoista Multilateral Exchange Rate Model ks. esim. Artus & Rhombert (1973).

olisi tuottanut vajaat 500 prosenttia suuremman varianssin jatkuvasti portfolioteorian avulla allokoituun ratkaisuun (MVP) verrattuna. Vastaava tunnusluku tasaisesti jaetussa portfoliossa oli n. 750 prosenttia. Parhaaksi naiviksi sijoitussäännöksi osoittautui tarkasteluajanjaksona neljän valuutan osalta bilateraalisten tuontiosuuksien mukaan allokoitu valuuttapositio, jonka tuoton varianssi oli vajaat 200 prosenttia suurempi uudelleen allokoitun portfolion varianssiin nähden.

"Buy & hold" -strategiaa arvioitaessa (A6, A7) havaitaan, että ex post-ratkaisun varianssi oli n. 280 prosenttia suurempi kuin sopeutettujen positioiden avulla saadun ratkaisun. Toisin sanoen keskuspankille sopeuttamisesta syntyviä kustannuksia (riskimatriisien generointi, transaktio ja ym. kustannukset) olisi verrattava tähän, tuottoon liittyvän epävarmuuden vähentymistä ilmaisevaan tunnuslukuun.

TAULUKKO 14

Vaihtoehtoisten sijoitussääntöjen valuuttajakaumat (%)

Valuutta	VAL. IND.	VAL. IND.	TAS. JAK.	TAS. JAK.	TUONTI	TUONTI	VIENTI	VIENTI	MERM	MERM	BUY & HOLD ex ante	BUY & HOLD ex ante	BUY & HOLD ex post	BUY & HOLD ex post
	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4	A5	B5	A6	B6	A7	B7
USD	20.9	19.9	25.0	20.0	17.2	16.3	19.7	18.8	44.7	44.6	31.9	31.0	27.0	27.4
JPY	10.2	9.7	25.0	20.0	17.9	17.0	4.5	4.3	26.1	25.5	7.2	11.3	18.5	18.5
GBP	30.2	28.7	25.0	20.0	21.5	20.4	39.0	37.1	5.3	5.2	61.9	50.1	52.0	47.9
DEM	38.7	36.9	25.0	20.0	43.4	41.2	36.8	35.1	22.9	22.4	-1.0	1.6	2.5	3.2
CHF	-	4.8	-	20.0	-	5.1	-	4.7	-	2.3	-	6.0	-	2.9

TAULUKKO 15 Uudelleen allkoitujen portfolioiden (MVP) ja vaihtoehtoisten sijoitussääntöjen suhteelliset tuotot (pa), neljä valuuttaa

Valuutta/kk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Tuotto hajonta
Portfolion kokoonpano (MVP)																			
USD	31.9	31.5	30.7	27.2	14.7	32.1	33.3	28.1	19.1	19.7	31.7	31.0	31.0	28.5	20.9	40.7	34.3	20.5	
GBP	7.2	12.3	24.5	14.1	21.4	16.4	15.7	16.0	16.3	32.9	16.0	17.5	17.2	17.1	1.2	-24.2	-19.5	-20.8	
DEM	61.9	49.6	18.4	24.3	47.5	44.3	44.7	45.3	42.2	35.3	50.5	54.5	54.5	55.3	64.5	79.2	77.9	68.1	
JPY	-1.0	6.6	26.4	34.4	16.3	7.2	6.3	10.6	22.5	12.0	1.8	-3.0	-2.7	-9.6	13.4	4.2	7.3	32.1	
sij. sääntö Suhteelliset tuotot (pa)																			
MVP	.0524	.0996	.1104	.0912	.0804	.0660	.0768	.1212	.0936	.1272	.0936	.0720	.0660	.1044	.0300	.0912	.1188	.0780	.08740 .02506
A1	-.0046	.0751	.0948	.1889	.1313	.0091	.0854	.1182	.0445	.1277	.0954	.0910	.0714	.0106	-.0782	.0969	.0884	.0855	.07397 .06037
A2	.0523	.0762	.1054	.1783	.1490	.0441	.1315	.1295	.0854	.1434	.1592	.1409	.1125	-.1198	-.0192	.1684	.0796	.0963	.09515 .07317
A3	.0144	.0916	.1221	.1108	.0921	.0293	.0624	.1015	.0770	.1478	.0896	.1068	.0651	.0068	-.0225	.0956	.0680	.0729	.07396 .04335
A4	-.0374	.0618	.0614	.2649	.1614	-.0205	.0936	.1227	.0209	.1140	.0844	.0721	.0643	.0388	-.1243	.0816	.0938	.0831	.06870 .08177
A5	.1628	.0937	.2019	.0098	.1057	.1376	.1530	.1605	.0945	.1446	.2266	.1802	.1656	-.2368	.0355	.2433	.1254	.1536	.11987 .10676
A6	.0524	.1118	.2140	-.0612	.0166	.0811	.0169	.1172	.0331	.1308	.0697	.0800	.0622	.0694	-.0422	.0734	.1274	.1173	.07054 .06480
A7	.0218	.0941	.1580	.0574	.0698	.0451	.0464	.1183	.0333	.1270	.0776	.0806	.0641	.0518	-.0663	.0795	.1121	.1033	.07077 .04911

Taulukko 16 Uudelleen allokoitujen portfolioiden (MVP) ja vaihtoehtoisten sijoitussääntöjen suhteelliset tuotot (pa), viisi valuuttaa

Valuutta/kk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Tuotto hajonta
Portfolion kokoonpano (MVP)																			
USD	31.0	30.9	30.4	24.9	7.1	32.1	33.1	43.0	18.3	20.7	17.0	24.7	31.7	35.5	22.2	37.4	34.6	22.7	
GBP	11.3	13.7	24.0	11.9	17.4	16.5	15.8	-2.9	11.6	19.0	32.1	24.2	17.9	59.8	-3.2	-14.4	-14.9	-27.7	
DEM	50.1	43.9	20.3	26.9	45.3	44.8	44.2	47.4	38.0	28.9	-0.8	32.2	51.1	-4.0	64.4	78.7	86.0	61.1	
JPY	1.6	5.3	22.2	23.3	4.6	7.6	5.6	-28.0	6.6	-11.1	-0.3	-4.6	-4.6	-33.9	10.1	11.9	8.6	30.7	
CHF	6.0	6.2	3.1	13.0	25.5	-1.0	1.2	40.4	25.4	42.6	52.0	23.4	3.9	42.7	6.5	-13.6	-14.2	13.2	
Suhteelliset tuotot (pa)																			
sij. sääntö																			
MVP	.0636	.0768	.1092	.0672	.0384	.0648	.0768	.0912	.0720	.0852	.0924	.0780	.0648	-.0720	.0312	.1140	.1212	.0636	.06880 .04216
B1	.0062	.0618	.0902	.1816	.1243	.0139	.0876	.1097	.0484	.1259	.0907	.0924	.0643	.0025	-.0759	.0895	.0855	.0752	.07076 .05742
B2	.0857	.0201	.0833	.1522	.1177	.0564	.1320	.0918	.0932	.1327	.1274	.1368	.0751	-.1283	-.0223	.1235	.0693	.0511	.07765 .06805
B3	.0248	.0766	.1157	.1075	.0869	.0332	.0660	.0932	.0795	.1449	.0850	.1075	.0579	-.0018	-.0231	.0879	.0659	.0625	.07056 .04163
B4	-.0251	.0494	.0586	.2540	.1532	-.0143	.0954	.1141	.0258	.1130	.0805	.0745	.0578	.0293	-.1198	.0752	.0908	.0732	.06586 .07746
B5	.1667	.0877	.1999	.0106	.1048	.1391	.1552	.1583	.0950	.1440	.2250	.1806	.1630	-.2392	.0330	.2403	.1260	.1502	.11891 .10699
B6	.0635	.0828	.1794	.0008	.0477	.0757	.0525	.1156	.0393	.1250	.0874	.0913	.0680	.0156	-.0504	.0876	.1215	.1058	.07272 .05210
B7	.0329	.0827	.1506	.0670	.0757	.0489	.0589	.1171	.0364	.1248	.0850	.0861	.0667	.0279	-.0659	.0855	.1117	.1000	.07178 .04762

## TAULUKKO 17

## Portfolioiden suorituskyky

	Neljä valuuttaa				Viisi valuuttaa		
	keski- arvo	keski- hajonta	vari- anssi		keski- arvo	keski- hajonta	vari- anssi
MVP	.08740	.02506	.00063	MVP	.06880	.04216	.00178
A1	.07397	.06037 140.9%	.00364 477.8%	B1	.07076	.05742 36.2%	.00330 85.4%
A2	.09515	.07317 192.0%	.00535 749.2%	B2	.07765	.06805 61.4%	.00463 160.1%
A3	.07396	.04335 73.0%	.00188 185.7%	B3	.07056	.04163 -1.3%	.00173 -2.8%
A4	.0687	.08177 226.3%	.00669 961.9%	B4	.06586	.07746 83.7%	.00600 237.1%
A5	.11987	.10676 326.0%	.01140 1709.5%	B5	.11891	.10699 153.8%	.01145 543.3%
A6	.07054	.06480 158.6%	.00420 566.7%	B6	.07272	.05210 23.6%	.00271 52.2%
A7	.07077	.04911 96.0%	.00241 282.5%	B7	.07178	.04762 12.9%	.00227 27.5%

Tunnuslukujen alla olevat prosenttiluvut ilmaisevat niiden poikkeaman uudelleen allokoinnin avulla (MVP) saaduista tunnusluvuista.



Jos neljän valuutan sijoitussalkkuun lisätään Sveitsin frangi, kilpaillevien strategioiden paremmuus toisiinsa nähden pysyy ennallaan B1- ja B6-strategioiden välisen paremmuuden kuitenkin poiketessa vastaavista A-strategioista (ks. taulukko 17). Tärkein johtopäätös viiden valuutan sijoitussalkun käyttäytymisestä on, että lisädiversifioinnille ei voitu vähentää valuuttavarannon tuottoon liittyvää epävarmuutta aidossa investointitilanteessa, vaan viidennen valuutan mukaanotto sijoitussalkkuun lisäsi ex ante -minimivarianssiportfolion hajontalukua. Tulos, joka on ristiriidassa yleensä kirjallisuudessa suoritettujen ex post -tarkastelujen kanssa, seuraa Saksan markan ja Sveitsin frangin tuottojen hyvin epästabiiilista kovarianssista muihin valuuttapareihin verrattuna (ks. liite 13), mikä johtaa epästabiiileihin riskimatriiseihin ja "tarpeettomaan" suboptimaalisuuteen.

Saksan markan ja Sveitsin frangin tuottojen voimakkaan kovarianssirakenteen aiheuttamasta suboptimaalisuudesta huolimatta kuukausittain uudelleen allokoitu valuuttapositio johti muihin strategioihin verrattuna pienempään tuottoepävarmuuteen lukuun ottamatta naivia tuontiportfoliota, jonka tuoton varianssi oli lähes sama uudelleen allokoitun portfolion tuoton varianssin kanssa. Lisäksi "buy & hold" -strategiat osoittautuivat viiden valuutan tapauksessa "halvemiksi" saavutettuun tulokseen nähden kuin neljän valuutan tapauksessa.

Edellä esitetyn analyysin perusteella näyttäisi siltä, että portfolio-teorian avulla johdetut vaihtoehtoisten sijoituskohteiden kysyntäyhtälöt tuottavat aidossa investointitilanteissa sijoittajan näkökulmasta parempia tuloksia kuin yksinkertaiset sijoitussäännöt.

Lisäksi suoritettut laskelmat viittaavat siihen, että riskimatriisien epästabiiilisuudesta johtuvat kustannukset aidossa sijoitustilanteissa saattavat olla tuntuvia. Epästabiiilisuudesta mm. seuraa, että sijoittajan tulisi jatkuvasti seurata eri valuuttasijoitusten tuottojen kovarianssirakenteen kehitystä ja valita portfolioon ainoastaan ne valuutat, joiden välisessä tuottojen kovarianssirakenteessa ei esiinny "keskimääräistä" voimakkaampaa epästabiiilisuutta.

## 6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin keskuspankin valuuttavaranon optimaalisen valuuttajakauman määrittäminen. Tutkimusongelman ratkaisun talousteoreettiseksi lähtökohdaksi valittiin moderni portfolioteoria, jonka avulla keskuspankin sijoitustoiminnan tavoitteenasettelu voidaan pelkistetyesti kuvata.

Tutkimusongelman taustaa kuvailevan johdantoluvun jälkeen rakennettiin ongelman selvittämiseen tarvittava tarkastelukehikko, joka perustui jatkuvan ajan intertemporaalisen optimointiongelman ratkaisuun stokastisessa ympäristössä. Näkökulmavalintaa perusteltiin sillä, että metodin edellyttämät taustaolettamukset olivat keskuspankkia ja kansainvälisten rahoitus- ja valuuttamarkkinoiden ominaispiirteitä ajatellen lievät. Optimointiongelman ratkaisun avulla keskityttiin lähinnä keskuspankin valuuttaposition karakterististen ominaisuuksien analysointiin. Tämän lisäksi tarkasteltiin modernin, jatkuvan ajan optimointiin perustuvan, portfolioteorian suhdetta klassiseen analyysiin ja osoitettiin, että tietyin valuuttakurssikehityksen stokastisia ominaisuuksia koskevin olettamuksin molempien analyysitapojen avulla johdetut vaihtoehtoisten sijoituskohteiden kysyntäyhtälöt yhtenevät. Klassisen analyysin taustaolettamukset olivat kuitenkin jossain määrin rajoittavat jatkuvan ajan metodiin verrattuna.

Luvussa kolme pohdittiin valuuttakurssiriskin luonnetta ja sen suhdetta nimellisiin ja reaalisin termein määriteltyihin preferensseihin. Keskeisenä ongelmana oli tutkia rahailluusion vaikutusta optimaaliseen sijoituspolitiikkaan. Ongelman eksplisiittisen ratkaisun löytämiseksi vertailtiin nimellisiin ja reaalisin preferensseihin perustuvia kysyntäyhtälöitä. Vertailun perusteella voitiin todeta, että reaalisesti tehokas sijoitussalkku voidaan aina aikaansaada nimellisesti tehokkaasta salkusta hankkimalla nk. suojapositio. Suojapositio ei edellyttänyt nettoinvestointeja. Rahailluusionalyysin yhteydessä analysoitiin lisäksi reaalityottojen mittaamisen ongelmia ja osoitettiin, että

valuutan ostovoimaa tietyn hyödykekorin suhteen voidaan mitata mm. nk. Kouri - Macedo-indeksin avulla.

Tutkimuksen empiirisen osan keskeisenä tavoitteena oli tutkia portfolioteorian operationaalista voimaa keskuspankin näkökulmasta aidoissa sijoitustilanteissa. Empiirisen osan alussa selvitettiin teorian operationalisoinnin ongelmia ja osoitettiin, että aidon valuuttaposition päätöksen taustalla on aina subjektiivinen näkemys valuuttakurssien kehityksestä. Tämä subjektiivisuus ei kuitenkaan näyttäisi välttämättä merkittävää optimaalisella valuuttadiversifioinnilla aikaansaataavissa olevien hyötyjen kaventumista.

Koska aitojen sijoituspäätösten analysointi edellytti valuuttakurssien määrätymishypoteesin valintaa, testattiin yleisimpien ennustemallien lyhyen ajanjakson ennustetarkkuutta Theilin ennusteanalyysin keinoin. Suomen markkaurssiaineistolla suoritettu analyysi viittasi siihen, että random walk -hypoteesiin perustuva kurssiennuste oli tarkasteluajanjaksolla jossain määrin suorituskykyisempi muihin vertailtuihin ennustemalleihin nähden, mikä johdosta se valittiin jatkoanalyysiin.

Ennen aitojen sijoitussääntöjen analysointia tarkasteltiin luvun 5 alussa valuuttadiversifioinnin merkitystä kellovuihin valuuttakurssien aikana. Suoritetun analyysin avulla voitiin mm. todeta, että sijoitukset Ruotsin kruunuun ja Hollannin guldeniin olisivat antaneet erityisen hyvän riskisuojan tarkasteluajanjaksona. Lisäksi osoitettiin, että valuuttadiversifioinnilla saavutettu tuottoepävarmuuden vähentyminen oli minimivarianssitapauksessa ko. ajanjaksona keskimäärin noin 10 prosenttiyksikköä yksittäisiin valuuttasijoituksiin verrattuna.

Ex ante päätöstilanteiden tarkastelussa näytettiin, että otoksista lasketut riskimatriisit eivät välttämättä kuvaa täysin riittävästi sijoittajan kohtaamaa epävarmuutta eri sijoitustilanteissa. Lisäksi osoitettiin, että minimivarianssiportfoliotarkasteluissa keskimääräiset ex ante -ratkaisut eivät merkittävästi poikenneet ex post ratkaisuista. Jos keskuspankki oli kuitenkin halukas ottamaan suurempia riskejä korkeampien tuottotavoitteiden vuoksi, epätäydellisestä informaatiosta ex ante aiheutuva sijoitustoiminnan suboptimaalisuus korostui.

Empiirisen osan lopussa verrattiin portfolioteorian avulla johdettujen sijoitussääntöjen suorituskkyä aidoissa päätöstilanteissa nk. naiveihin sijoitussääntöihin sekä arvioitiin nimellisesti ja reaalisesti tehokkaat portfoliot erottavan suojaposition suuruutta.

Tutkimuksen tärkein johtopäätös on, että portfolioteorian avulla johdettu valuuttadiversifiointi näyttäisi parantavan sijoitustulosta myös todenmukaisissa päätöksentekotilanteissa tarkastelun kohteena olleen simulointiajanjakson kuluessa mielivaltaisesti valittuihin naiveihin sijoitussääntöihin nähden. Erityisesti ex ante sijoitustilanteissa aika ajoin suoritettu portfolion uudelleen sopeuttaminen paransi sijoitustoiminnalle asetettujen tavoitteiden saavuttamista muihin vaihtoehtoihin verrattuna. Teorian operationaalisen voiman lisäksi empiiriset tulokset viittaavat siihen, että portfolioon mukaanotettavien valuuttojen valinnassa tulee erityisesti kiinnittää huomiota vaihtoehtoisten valuuttaparien tuottojen kovarianssien stabiilisuuteen. Kovarianssirakenteen epästabiilisuutta lisäävän valuutan mukaanotto portfolioon heikentää sijoitusten suorituskkyä portfoliotasolla.



KIRJALLISUUSLUETTELO.

ADLER, M. & DUMAS, B. (1983): International Portfolio Choice and Corporation Finance: A Synthesis. *The Journal of Finance*, vol. 38, no. 3, s. 925 - 984.

ARROW, K.J. (1965): Aspects of the Theory of Risk Bearing  
Yrjö Jahnsson Lectures, Helsinki.

ARTUS, J.R. & RHOMBERG, R.R. (1973): A Multilateral Exchange Rate Model. IMF Staff Papers, March.

BEN-BASSAT, A. (1980): The Optimal Composition of Foreign Exchange Reserves. *Journal of International Economics*, vol. 10, s. 285 - 295.

BEN-BASSAT, A. (1982): Reserve Currency Diversification and the Substitution Account. Discussion Papers Series. Bank of Israel, Dec.

BERGLUND, T. & WAHLROOS, B. & ÖRNMARK, A. (1983): The Efficiency of the Helsinki Stock Exchange: Test of Non-Randomness and Arbitrage Opportunities. Swedish School of Economics and Business Administration, Working Papers 103.

BILSON, J. F.O. (1978): Expectations and the Exchange Rate. Kirjassa, *The Economics of Exchange Rates*, ed. Frenkel J.A & Johnson H.G., Addison-Wesley.

BOX, G.E.P. & JENKINS, G.M. (1976): *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-Day.

- BRANSON, W.H. (1979): Exchange Rate Dynamics and Monetary Policy. Kirjassa, Inflation and Employment in Open Economies. Toim. Assar Lindbeck, North-Holland.
- BREEDEN, D.T. (1979): An Intertemporal Asset Pricing Model with Stochastic Consumption and Investment Opportunities..Journal of Financial Economics, vol. 7, s. 265 - 296.
- BREUSCH, T.S. & PAGAN, A.R. (1980): The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics. Review of Economic Studies, 47, s. 239 - 253.
- CHOW, G.C. (1981): Econometric Analysis by Control Methods. John Wiley.
- CUMBY, R.E. & OBSTFELD (1981): A Note on Exchange-Rate Expectations and Nominal Interest Differentials: A Test of the Fisher Hypothesis. The Journal of Finance, vol. 36, no. 3, s. 697 - 703.
- CORNELL, B. (1977): Spot Rates, Forward Rates and Exchange Market Efficiency. Journal of Financial Economics, No. 5, s. 55 - 65.
- COX, D.R. & MILLER, H.D. (1970): The Theory of Stochastic Processes. Lontoo.
- CUDDINGTON, J.T. & GLUCK J. (1983): Exchange Rate Forecasting and the International Diversification of Liquid Asset Holdings. Institute for International Economic Studies, Stockholm. Seminar Paper No. 245, April.
- DREYFUS, S.E. (1965): Dynamic Programming and the Calculus of Variations. Academic Press.

- DICKEY, D.A. (1976): Estimation and Hypothesis Testing in Nonstationary Time Series. Unpublished dissertation, Iowa State University.
- DICKEY, D.A & FULLER, W.A. (1979): Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Journal of American Statistical Association, vol. 74, no. 366, s. 427 - 431.
- DICKEY, D.A & FULLER, W.A. (1981): Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Econometrica, vol. 49, no. 4, s. 1057 - 1072.
- DORNBUSCH, R. (1983a): Exchange Rate Risk and the Macroeconomics of Exchange Rate Determination. Kirjassa, Research in International Business and Finance, ed. Hawkins R., Levich, R.M., Whilborg, C.G.
- DORNBUSCH, R. (1983b): Exchange Rate Economics: Where Do We Stand?. Kirjassa, Economic Interdependence and Flexible Exchange Rates. Ed. Bhandari J.S. & Putnam B.H., Cambridge.
- EAKER, M.R. (1981): The Numeraire Problem and Foreign Exchange Risk, The Journal of Finance, vol. 36, May.
- FAMA, E.F. (1970): Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. Journal of Finance s. 383 - 423, May.
- FAMA, E.F. (1972): Ordinal and Measurable Utility. Kirjassa, In Studies of the Theory of Capital Markets, ed. M. Jensen, Praeger.
- FAMA, E.F. & FARBER, A. (1979): Money, Bonds and Foreign Exchange. American Economic Review, s. 639 - 649, Sept.



- FELDSTEIN, M.S. (1969): Mean-Variance Analysis in the Theory of Liquidity Preference and Portfolio Selection. *Review of Economic Studies*, s. 5 - 12, Jan.
- FISHER, S. (1975): The Demand for Index Bonds. *Journal of Political Economy*, s. 509 - 534, June.
- FRANKEL, J.A. (1979): The Diversifiability of Exchange Risk. *Journal of International Economics*, Vol. 9., s. 379 - 393.
- FRANKEL, J.A. (1981): Estimation of Portfolio-Balance Functions that are Mean-Variance Optimizing: the Mark and the Dollar. *International Finance Discussion Papers Number 188*, Sept.
- FRENKEL, J.A. (1981): Flexible Exchange Rates. Prices and the Role of "News": Lessons from the 1970s. *Journal of Political Economy*, vol. 89, no. 4.
- FURSTENBERG, VON G.M. (1981): Incentives for International Currency Diversification by U.S. Financial Investors. *IMF-Staff Papers*, vol. 28, No. 3, Sept.
- GAILLIOT, H.J. (1970): Purchasing Power Parity as an Explanation of Long Term Changes in Exchange Rates. *Journal of Money Credit and Banking*, s. 348 - 357, Aug.
- GIDDY, I.H. & DUFEEY G. (1975): The Random Behavior of Flexible Exchange Rates: Implications for Forecasting. *Journal of International Business Studies*, No. 1, s. 1 - 32.
- GRAUER, F.L.A. & LITZENBERGER, R.H. & STEHLE, R. (1976): Sharing Rules and Equilibrium in an International Capital Market Under Uncertainty. *Journal of Financial Economics* 3, s. 233 - 256.

- GRUBEL, H.B. (1968): Internationally Diversified Portfolios: Welfare Gains and Capital Flows. *American Economic Review*, vol. 58, s. 1299 - 1314
- HAAPARANTA, P. (1984): Kansainvälisen rahajärjestelmän kehityksestä. *Työväen Taloudellisen Tutkimuslaitoksen Katsaus*, no. 4.
- HANSEN, L.P. & HODRICK, R.J. (1980): Forward Exchange Rates as Optimal Predictors of Future Spot Rates: An Econometric Analysis. *Journal of Political Economy*, vol. 88, no. 5, s. 820 - 853.
- HARVEY, A.C. (1981): *Time Series Models*. Philip Allan.
- HELLER, R.H. & KNIGHT, M. (1978): Reserve Currency Preferences of Central Banks. *Essays in International Finance* No. 131, s. 1 - 31, Dec.
- HODRICK, R.J. (1981): International Asset Pricing with Time Varying Risk Premia. *Journal of International Economics* 11, s. 573 - 587.
- KALLBERG, J.G. & ZIEMBA, W.T. (1983): Comparison of Alternative Utility Functions in Portfolio Selection Problems. *Management Service* s. 1257 - 1276, Nov.
- KENEN, P.B. (1983): Use of the SDR to Supplement or Substitute for Other Means of Finance. *Princeton Studies in International Finance*, No. 23, Dec.
- KORHONEN, A. (1977): Stock Prices, Information and the Efficiency of the Finnish Stock Market: Empirical Tests. *The Helsinki School of Economics, Series A:23*.

- KORKMAN, S. (1980): Exchange Rate Policy, Employment and External Balance. Bank of Finland Publications, Series B33, Helsinki.
- KOURI, P.J.K. & PORTER, M.G. (1974): International Capital Flows and Portfolio Equilibrium. Journal of Political Economy 86, s. 443 - 467.
- KOURI, P.J.K. (1976): The Determinants of the Forward Premium. Seminar Paper no. 62; Institute for International Economic Studies, Stockholm.
- KOURI, P.J.K. (1977): International Investment and Interest Rate Linkages Under Flexible Exchange Rates. Kirjassa, The Political Economy of Monetary Reform, ed. Aliber R.Z.
- KOURI, P.J.K. & MACEDO, J. (1978): Exchange Rates and the International Adjustment Process. Brookings Papers on Economic Activity, 1.
- KROLL, Y. & LEVY, H. & MARKOWITZ, H. (1984): Mean-Variance Versus Direct Utility Maximization. The Journal of Finance, s. 47 - 61, March.
- KRUEGER, A.O. (1983): Exchange Rate Determination. Cambridge University Press.
- LEHMUSSAARI, O-P. & TARKKA, J. (1984): Portfolio-optimoinnin suorittaminen "salkku"tietokoneohjelmalla. Keskustelualoitteita, Suomen Pankin valuuttapolitiikan osasto 1/84.
- LEVICH, R. (1983): Empirical Studies of Exchange Rates: Price Behaviour; Rate Determination and Market Efficiency. NBER - Working Paper, No. 1112.

- LEVICH, R.M. (1985): Empirical Studies of Exchange Rates: Price Behavior, Rate Determination and Market Efficiency. Kirjassa Handbook of International Economics, vol 2., ed. Jones R.W. & Kenen P.B., North Holland.
- LEVY, H. (1973): The Demand for Assets Under Conditions of Risk. Journal of Finance, s. 79 - 96.
- LEVY, H. (1981): Optimal Portfolio of Foreign Currencies with Borrowing and Lending. Journal of Money Credit and Banking, vol. 13, No. 3.
- LEVY, H. (1983): The Capital Asset Pricing Model: Theory and Empiricism. The Economic Journal, 93, s. 145 - 165.
- LEVY, H. & SARNAT, M. (1978): Exchange Rate Risk and the Optimal Diversification of Foreign Currency Holdings. Journal of Money Credit and Banking, vol. 10, No. 4.
- LINTNER, J. (1965): Security Prices, Risk and Maximal Gains from Diversification. The Journal of Finance, Dec., s. 587 - 615.
- LONG, J. (1974): Stock Prices, Inflation and the Term Structure of Interest Rates. Journal of Financial Economics, s. 131 - 170.
- MACEDO, J. (1982): Portfolio Diversification Across Currencies. Kirjassa, The International Monetary System under Flexible Exchange Rates, ed. Cooper, R. ja Macedo, J., Ballinger.
- MACEDO, J. (1983): Optimal Currency Diversification for a Class of Risk Averse International Investors. Journal of Economic Dynamics and Control, s. 173 - 185.

- MAKIN, J.H. (1978): Portfolio Theory and the Problem of Foreign Exchange Risk. *The Journal of Finance*, vol. 33, No. 2, s. 517 - 534.
- MANASTER, S. (1979): Real and Nominal Efficient Sets. *The Journal of Finance*, March.
- MARKOWITZ, H.M. (1952): Portfolio Selection. *Journal of Finance* 7, s. 77 - 91.
- MARKOWITZ, H.M. (1959): *Portfolio Selection*, John Wiley.
- MENDELSON, M.S. (1982): How Central Banks Manage Their Reserves. *The Banker*, April.
- MERTON, R.C. (1969): Lifetime Portfolio Selection Under Uncertainty: The Continuous-Time Case. *The Review of Economics and Statistics*, s. 247 - 257.
- MERTON, R.C. (1971): Optimum Consumption and Portfolio Rules in a Continuous-Time Model. *Journal of Economic Theory*, 3, s. 373 - 413.
- MERTON, R.C. (1972): An Analytic Derivation of the Efficient Portfolio Frontier. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Sept.
- MERTON, R.C. (1973): An Intertemporal Capital Asset Pricing Model. *Econometrica*, Vol. 41, No. 5, s. 867 - 887.
- MINCER, J. & ZARNOWITZ, V. (1969): The Evaluation of Economic Forecast. Kirjassa, *Economic Forecast and Expectations, Analysis of Forecasting Behavior and Performance*. Ed. Mincer J. NBER.

- NARS, K. & PEKONEN, K. (1980): Ulkomainen rahoitus ja valuuttastrategia. Weilin - Göös.
- MURFIN, A. & ORMEROD, P. (1984): The Forward Rate for the U.S. Dollar and the Efficient Markets Hypothesis, 1978-1983. The Manchester School of Economic and Social Studies, No. 3.
- OFFICIER, L.H. (1976): The PPP Theory of Exchange Rates: A Review Article. IMF Staff Papers, No. 1, March.
- OKSANEN, H. (1981): Valuuttakurssiriskien hallinta suomalaisessa yrityksessä. TTT, tutkimuksia, No. 10.
- OKSANEN, H. (1984): Suomen valuuttakurssijärjestelmä uudistui. KOP:n katsaus No. 1.
- OKSANEN, H. (1985): The Basket-Peg System in Exchange Rate Policy: Some Implications and Applications. Liiketaloudellinen aikakauskirja, No. 2.
- PINDYCK, R.S. & RUBINFELD, D.I. (1981): Econometric Models and Economic Forecasts. McGraw.
- POLAK, J.J. (1979): The SDR as a Basket of Currencies. IMF Staff Papers, Dec.
- PONCENT, P. (1983): Optimum Consumption and Portfolio Rules with Money as an Asset. Journal of Banking and Finance, s. 231 - 252.
- PURO, I. (1984): Finland's Currency Index System and It's Development. Bank of Finland Monthly Bulletin, no. 2.

- ROLL, R. (1975): A Critique of the Asset Pricing Theory Tests. *Journal of Financial Economics* 4.
- ROLL, R. (1979): Violations of Purchasing Power Parity and Their Implications for Efficient International Commodity Markets. *International Finance and Trade*, s. 133 - 176.
- ROPER, D. (1975): The Role of Expected Value Analyses for Speculative Decisions in the Forward Currency Market. *Quarterly Journal of Economics* 89, no. 1, s. 157 - 169.
- ROSS, S.A. ja WALSH, M.M. (1983): A Simple Approach to the Pricing of Risky Assets with Uncertain Exchange Rates. *Research in International Business and Finance*.
- SAMUELSON, P.A. (1969): Lifetime Portfolio Selection by Dynamic Stochastic Programming. *The Review of Economics and Statistics*, s. 239 - 246, August.
- SERCU, P. (1981): A Note on Real and Nominal Efficient Sets. *The Journal of Finance*, June.
- SHAFER, J.R. & LOOPESKO, B.E. (1983): Floating Exchange Rates after Ten Years. *Brookings Papers of Economic Activity*, No. 1.
- SHARPE, W.F. (1964): Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *The Journal of Finance*, 29, no. 3, s. 425 - 442.
- SIEGEL, J.J. (1972): Risk, Interest Rates and the Forward Economics. *Quarterly Journal of Economics*, May, s. 303 - 09.
- SOLNIK, B.H. (1973): *Towards a General Theory of International Investment*. Lexington Books.

- SOLNIK, B.H. (1974): An Equilibrium Model of the International Capital Market. *Journal of Economic Theory*, 8, s. 500 - 524.
- SOLNIK, B.H. (1978): Inflation and Optimal Portfolio Choices. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Dec.
- SOLOMON, R. (1977): *The International Monetary System 1945-1976: An Insider's View*. Harper & Row.
- STOCKMAN, A.C. (1978): Risk, Information and Forward Exchange Rates. Kirjassa, *The Economics of Exchange Rates: Selected Studies* Ed. Frenkel J.A. and Johnson H.G. Addison - Wesley.
- STOLL, H.R. (1968): An Empirical Study of the Forward Exchange Market Under Fixed and Flexible Exchange Rate Systems. *Canadian Journal of Economics*, vol. 1, No. 1, s. 55 - 78.
- SZEGÖ, G.P. (1980): *Portfolio Theory with Application of Bank Asset Management*. Academic Press 1980.
- THEIL, H. (1961): *Economic Forecasts and Policy*. Amsterdam.
- TOBIN, J. (1958): Liquidity Preference as Behavior Towards Risk. *Review of Economic Studies*, 25.
- TSIANG, S.C. (1958): The Theory of Forward Exchange and Effects of Government Intervention on the Forward Exchange Market. *IMF-Staff Papers*, No. 1, s. 75 - 106.
- TSIANG, S.C. (1972): The Rationale of the Mean-Standard Deviation Analysis, Skewness Preference, and the Demand for Money. *American Economic Review*.



URWIN, R. (1983): Efficiency in the Forward Markets for Foreign Exchange. Warwick Economic Research Papers, No. 246, Coventry.

VASAMA, P.-M. & VARTIA, Y. (1973): Johdatus tilastotieteeseen osa II. Gaudeamus.

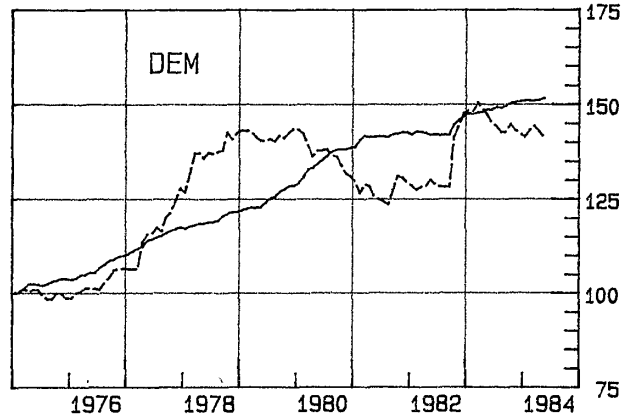
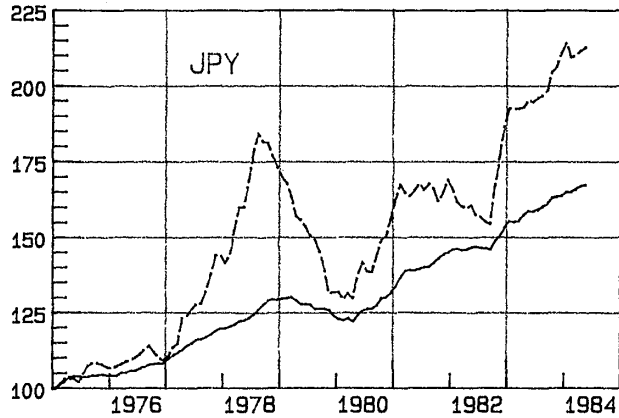
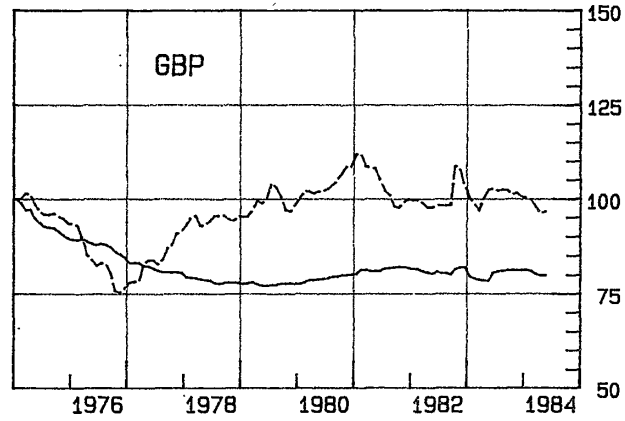
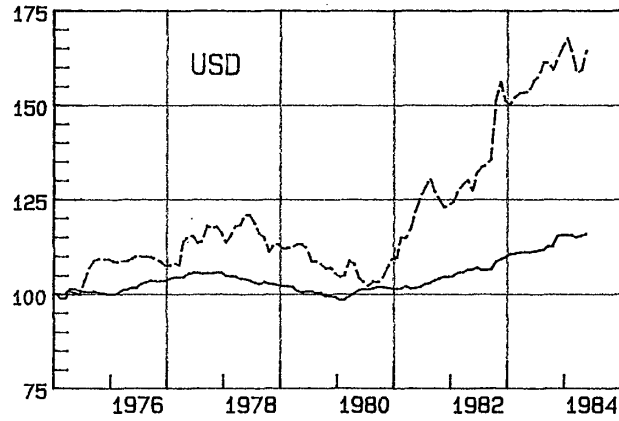
The International Monetary System (1984): Forty Years After Bretton Woods. Proceedings of a Conference Held at Bretton Woods. Federal Reserve Bank of Boston.

IMF (1984): Exchange Arrangements & Exchange Restrictions. Annual Report.

LIITE 1

OSTOVOIMAPARITEETTI JA AVISTAMYNTIKURSSI

— PPP-KURSSI  
 - - - MARKKAKURSSI



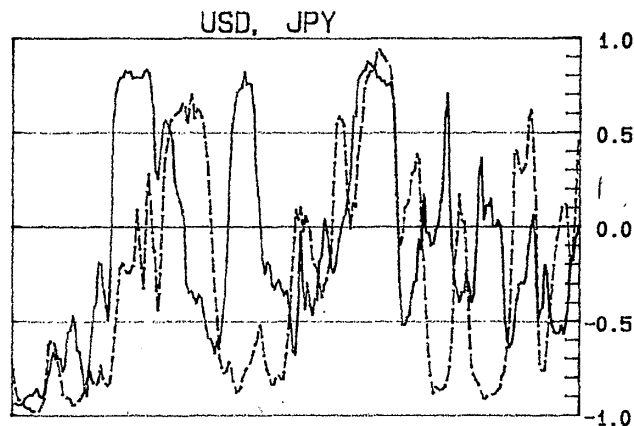
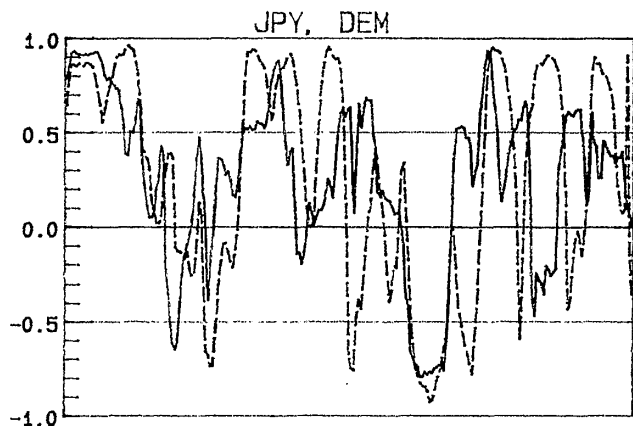
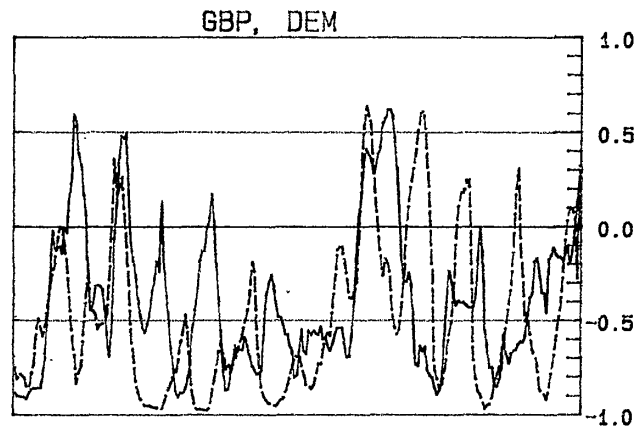
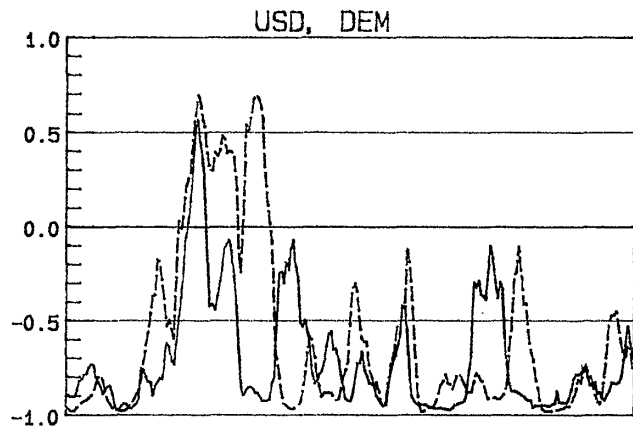
## LIITE 2

## TASEVIIKOT

VKO	PVÄ			VKO
1.	1-8			25.
2.	9-15	TAMMI		26.
3.	16-23		HEINÄ	27.
4.	24-			28.
5.	1-8			29.
6.	9-15	HELMI		30.
7.	16-23		ELO	31.
8.	24-			32.
9.	1-8			33.
10.	9-15	MAALIS		34.
11.	16-23		SYYS	35.
12.	24-			36.
13.	1-8			37.
14.	9-15	HUHTI		38.
15.	16-23		LOKA	39.
16.	24-			40.
17.	1-8			41.
18.	9-15	TOUKO		42.
19.	16-23		MARRAS	43.
20.	24-			44.
21.	1-8			45.
22.	9-15	KESÄ		46.
23.	16-23		JOULU	47.
24.	24-			48.

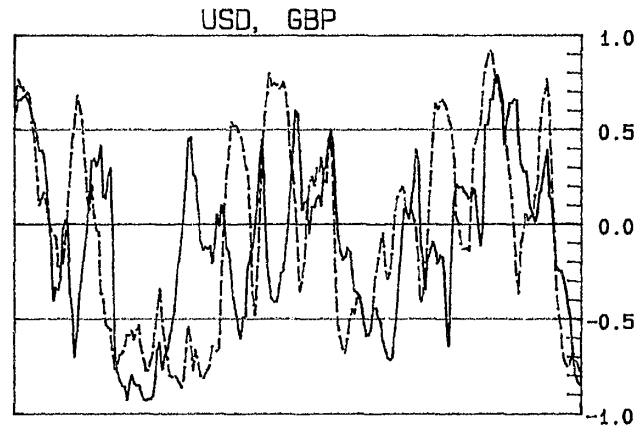
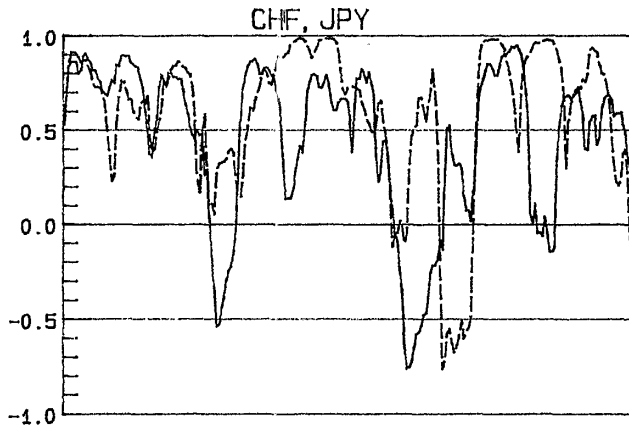
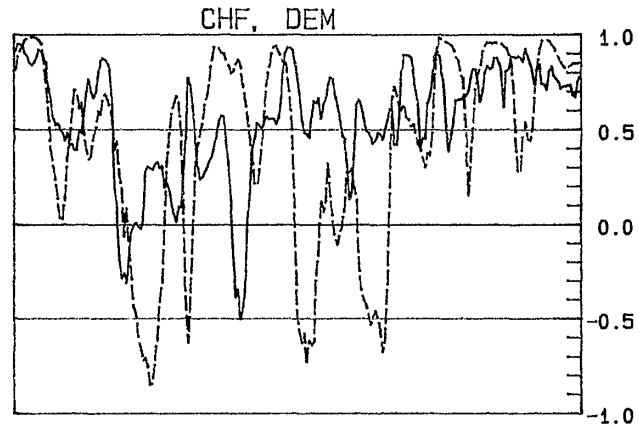
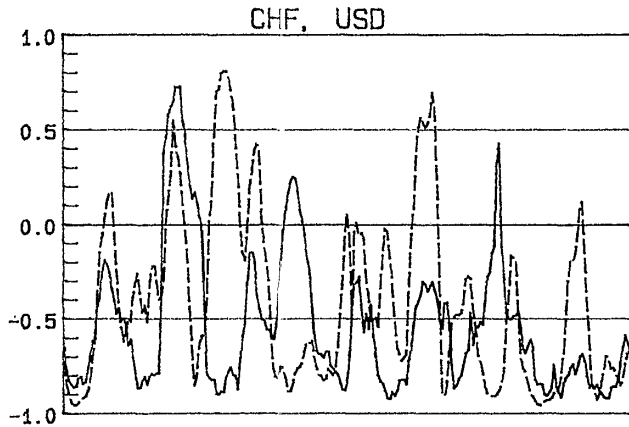
MARKKAKURSSISIMUUTOSTEN KORRELAATIO V. 1983

— 5 HAVAINTOA  
- - - 20 HAVAINTOA



MARKKAKURSSIMUUTOSTEN KORRELAATIO V. 1983

— 5 HAVAINTOA  
- - - 20 HAVAINTOA



## LIITE 4

Breusch-Pagan Lagrange-kerroin testisuureita  $r_i$  viiveelle  $i$ .  
 $H_0$ :  $n$  voimassa ollessa  $r_i \sim N(0,1)$

$$\ln S_t = a + b \ln F_{t-4} + u_t$$

valuutta	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$	$r_8$	$r_9$	$r_{10}$
USD	8.609	6.044	3.106	.124	-1.364	-2.475	-3.203	-3.436	-3.623	-3.555
GBP	8.579	6.062	3.507	1.182	0.387	0.204	0.179	-0.176	-0.355	-0.334
DEM	8.026	5.284	2.822	.774	.935	1.131	1.085	.780	.923	.730
JPY	7.652	4.988	3.288	2.311	3.496	3.403	1.841	0.062	-0.911	-0.858
CHF	7.606	4.765	2.366	.291	.733	1.038	1.166	0.998	1.726	2.179
NLG	8.138	5.528	3.045	.917	.999	1.111	1.126	.946	1.031	.806

$$\ln(S_t/S_{t-4}) = a + b \ln(F_{t-4}/S_{t-4}) + u_t$$

valuutta	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$	$r_8$	$r_9$	$r_{10}$
USD	8.594	5.971	2.892	-0.256	-1.746	-2.885	-3.592	-3.778	-3.984	-4.006
GBP	8.170	5.054	1.856	-0.904	-1.614	-1.648	-1.505	-1.778	-1.884	-1.875
DEM	7.830	4.781	1.989	-0.167	.096	.315	.272	.008	.164	-0.069
JPY	7.507	4.801	3.082	2.008	3.384	3.315	1.527	-0.267	-1.214	-1.330
CHF	7.553	4.753	2.338	.317	.804	1.132	1.310	1.043	1.754	2.015
NLG	7.891	4.946	2.086	-0.261	-0.199	-0.059	.012	-0.083	.037	-0.254

## LIITE 4 jatkuu

$$\ln S_t = a + b \ln S_{t-4} + \mu_t$$

valuutta	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>	r <sub>9</sub>	r <sub>10</sub>
USD	8.606	6.045	3.099	.102	-1.378	-2.493	-3.228	-3.470	-3.679	-3.641
GBP	8.537	5.951	3.319	.952	.162	-0.022	-0.050	-0.430	-0.636	-0.661
DEM	7.998	5.202	2.672	.601	.764	.944	.877	.566	.699	.484
JPY	7.620	4.942	3.227	2.221	3.451	3.356	1.731	-0.053	-1.024	-1.021
CHF	7.595	4.771	2.368	.303	.733	1.018	1.139	.929	1.636	2.015
NLG	8.061	5.404	2.848	.690	.747	.858	.870	.695	.738	.498

## LIITE 4 jatkuu

$$\ln S_t = a + b \ln F_{t-1} + u_t$$

Va- luutta	otos	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>
USD	1	.285	-1.770	-1.680	.411	.674	-0.142
	2	.107	-1.888	-1.126	.284	.825	-0.504
	3	-0.291	-1.738	-0.068	.026	-0.017	-0.414
	4	.287	-1.582	-1.176	.753	.272	-0.349
GBP	1	.453	.027	-0.177	-0.055	-0.763	.812
	2	.188	.183	.048	-0.047	-0.968	1.092
	3	.485	-0.028	-0.171	-0.571	-0.216	1.203
	4	1.236	-0.560	-0.741	-0.206	-0.517	.470
DEM	1	.227	.606	-0.293	-0.964	.509	-1.178
	2	.343	.389	-0.329	-0.783	.168	-0.941
	3	.878	-0.037	-0.512	-0.398	-0.118	-0.664
	4	-0.094	.198	-0.206	-0.149	.204	-0.543
JPY	1	1.151	.230	.165	-2.434	-1.162	-0.575
	2	1.458	-0.736	-0.789	-1.582	-1.140	-0.473
	3	1.595	-0.272	-1.445	-1.505	-1.180	-0.565
	4	-0.232	-0.189	-0.324	-1.214	-0.868	-0.769
CHF	1	-0.090	.587	1.089	-2.025	-0.460	-0.341
	2	.037	.701	.446	-2.089	-0.132	-0.262
	3	.913	.725	-0.286	-1.677	-0.269	-0.425
	4	-0.529	-0.360	1.101	-0.426	-1.129	-0.090
NLG	1	.560	.354	-0.099	-0.592	.360	-1.271
	2	.265	.577	-0.085	-0.699	-0.092	-0.795
	3	.604	.513	-0.186	-0.452	-0.444	-0.490
	4	.274	.239	-0.061	.055	.356	-0.825



## LIITE 4 jatkuu

$$\ln S_t = a + b \ln S_{t-1} + u$$

Va- luutta	otos	r1	r2	r3	r4	r5	r6
USD	1	.311	-1.819	-1.740	.384	.750	-0.086
	2	.086	-1.855	-1.179	.195	.847	-0.461
	3	-0.342	-1.725	-0.149	-0.003	.094	-0.388
	4	.198	-1.600	-1.247	.790	.277	-0.264
GBP	1	.342	-0.040	-0.376	-0.178	-0.848	.883
	2	.100	.075	-0.142	-0.180	-1.005	1.111
	3	.368	-0.166	-0.324	-0.739	-0.199	1.204
	4	1.143	-0.706	-0.915	-0.319	-0.567	.480
DEM	1	.088	.491	-0.458	-1.001	.484	-1.144
	2	.260	.266	-0.485	-0.875	.164	-0.928
	3	.805	-0.140	-0.617	-0.532	-0.125	-0.680
	4	-0.180	.102	-0.322	-0.194	.150	-0.540
JPY	1	1.120	.105	-0.025	-2.465	-1.105	-0.554
	2	1.349	-0.820	-0.781	-1.503	-1.007	-0.503
	3	1.503	-0.182	-1.583	-1.539	-1.178	-0.539
	4	-0.440	-0.248	-0.158	-1.222	-0.817	-0.734
CHF	1	-0.118	.567	.917	-2.049	-0.535	-0.360
	2	.004	.660	.327	-2.150	-0.171	-0.290
	3	.883	.664	-0.364	-1.822	-0.822	-0.474
	4	-0.500	-0.392	.981	-0.451	-1.210	-0.091
NLG	1	.417	.218	-0.251	-0.673	.330	-1.259
	2	.168	.483	-0.216	-0.796	-0.106	-0.795
	3	.552	.407	-0.284	-0.572	-0.446	-0.507
	4	.181	.134	-0.173	-0.006	.305	-0.862

## LIITE 4 jatkuu

$$\ln S_t = a + b \ln \left[ S_{t-4} \left( \frac{1+r^d}{1+r^f} \right) \right] + u_t$$

valuutta	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>	r <sub>9</sub>	r <sub>10</sub>
USD	8.715	6.348	3.622	.792	-0.821	-2.002	-2.773	-3.072	-3.205	-2.987
GBP	9.368	8.052	6.730	5.465	4.655	4.181	3.800	3.220	2.834	2.581
DEM	9.071	7.540	6.166	5.019	4.923	4.833	4.592	4.147	3.942	3.569
JPY	8.132	5.884	4.412	3.517	4.335	4.195	2.948	1.580	.777	.731
CHF	8.501	6.493	4.654	3.162	3.197	3.219	3.254	3.083	3.498	3.794
NLG	9.177	7.766	6.425	5.270	5.128	4.993	4.797	4.426	4.194	3.785

## LIITE 4 jatkuu

## korkopariteetti / poiminta

Valuutta	otos	r1	r2	r3	r4	r5	r6
USD	1	.283	-1.599	-1.276	.271	.495	-0.004
	2	.349	-1.620	-0.777	.183	.252	-0.564
	3	.385	-1.477	.155	-0.071	-0.643	-0.585
	4	.774	-0.955	-0.956	.574	-0.301	-0.671
GBP	1	2.613	1.611	.964	.669	.033	.646
	2	2.351	1.544	.954	.556	-0.108	.818
	3	3.110	1.323	.066	-0.623	.006	.751
	4	3.062	1.729	1.193	.940	.528	.770
DEM	1	2.521	2.310	1.253	.226	.454	-0.814
	2	2.496	2.089	1.127	.224	.222	-0.768
	3	2.727	1.794	.906	.242	-0.023	-0.613
	4	2.178	1.800	.950	.613	.312	-0.476
JPY	1	1.797	.874	.613	-1.629	-1.174	-0.959
	2	1.935	.257	-0.101	-1.094	-1.263	-0.977
	3	1.993	.475	-0.907	-1.454	-1.432	-1.093
	4	.369	.160	.135	-1.025	-1.148	-1.115
CHF	1	1.365	1.530	1.930	-0.731	-0.054	-0.041
	2	1.548	1.769	1.476	-0.661	.306	-0.107
	3	2.202	1.774	.847	-0.639	.097	-0.205
	4	1.067	.849	1.675	.360	-0.478	-0.021
NLG	1	2.751	2.242	1.472	.701	.643	-0.488
	2	2.473	2.236	1.348	.497	.329	-0.410
	3	2.685	2.203	1.265	.404	.073	-0.223
	4	2.566	1.999	1.279	1.016	.658	-0.282

## LIITE 5

$$\ln(S_t/S_{t-4}) = a + b \ln(F_{t-4}/S_{t-4}) + u_t$$

valuut- ta	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$	$\hat{t}(b=1)$
USD	.0257 (4.23)	-4.0288 (2.70)	.357	.063	.028	9.390	.356 (52)	3.36
GBP	.0050 (0.98)	-2.0300 (1.40)	.442	.018	.029	3.200	.422 (52)	2.09
DEM	.0247 (2.36)	-9.7559 (2.15)	.500	.041	.024	5.645	.297 (52)	2.92
JPY	.0241 (2.62)	-2.6201 (1.58)	.549	.023	.027	4.083	.162 (52)	2.19
CHF	.0225 (1.47)	-2.2965 (1.29)	.545	.015	.026	4.103	.342 (52)	1.85
NLG	.0276 (3.03)	-4.0314 (2.90)	.489	.072	.024	8.258	.347 (52)	3.62

\*  $F_{.05}(2,108) \approx 3.1$  ja  $F_{.01}(2,108) \approx 4.7$   
 $t_{.05} \approx 1.98$ ;  $D_{.05}^L = 1.65$  ja  $D_{.05}^U = 1.69$

---

D-W            Durbinin ja Watsonin testisuure  
R<sup>2</sup>            kokonaiskorrelaatiokertoimen neliö  
SE            selitettävän muuttujan estimoidun arvon keskivirhe  
F            F-testisuure  
t            t-testisuure

$\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$  keskiarvotestin t-luku

## LIITE 5 jatkuu

$$\ln S_t = a + b \ln S_{t-4} + u_t$$

valuutta	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$	$\hat{t}(b=1)$
USD	.2531 (4.51)	.8572 (25.89)	.341	.861	.027	18.351	-.535 (52)	4.31
GBP	.7220 (4.46)	.6597 (8.65)	.367	.409	.027	10.031	.106 (52)	4.47
DEM	.9819 (3.96)	.8171 (17.67)	.460	.743	.023	8.460	-.196 (52)	3.96
JPY	.0609 (3.15)	.9379 (39.95)	.519	.937	.026	11.347	-.345 (52)	2.64
CHF	.7952 (3.58)	.8570 (21.39)	.522	.809	.051	7.154	-.188 (52)	3.57
NLG	1.0901 (4.15)	.7927 (15.83)	.441	.701	.023	8.987	-.163 (52)	4.14

---

D-W                      Durbinin ja Watsonin testisuure  
 R<sup>2</sup>                        kokonaiskorrelaatiokertoimen neliö  
 SE                         selitettävän muuttujan estimoidun arvon keskivirhe  
 F                          F-testisuure  
 t                            t-testisuure  
 $\bar{S}_{t+n} = \bar{F}_{t,n}$         keskiarvotestin t-luku

## LIITE 5 jatkuu

$$\ln S_t = a + b \ln \left[ S_{t-4} \left( \frac{1+r^d}{1+r^f} \right)^4 \right] + u_t$$

valuutta	a	b	D-W	R <sup>2</sup>	SE	F	$\bar{S}_{t+n} = \bar{S}^e$	t(b=1)
USD	.5999 (13.93)	.6393 (25.72)	.311	.861	.027	146.58	.956 (46)	14.49
GBP	1.5326 (9.95)	.2737 (3.84)	.191	.121	.032	123.100	3.472 (49)	10.20
DEM	2.5573 (12.12)	.5159 (13.28)	.249	.263	.028	421.64	4.450 (45)	12.48
JPY	.1349 (7.05)	.7793 (36.55)	.416	.926	.029	293.616	1.883 (50)	10.36
CHF	1.8121 (8.20)	.6618 (16.88)	.349	.727	.030	572.343	5.270 (49)	8.63
NLG	2.5679 (10.91)	.5040 (11.40)	.230	.548	.029	377.462	4.783 (46)	11.22

F<sub>.05</sub> (2.108) ≈ 3.1 ja F<sub>.01</sub> (2.108) ≈ 4.7

t<sub>.05</sub> ≈ 1.98; D<sub>.05</sub><sup>L</sup> = 1.65 ja D<sub>.05</sub><sup>U</sup> = 1.69

---

D-W                    Durbinin ja Watsonin testisuure  
R<sup>2</sup>                      kokonaiskorrelaatiokertoimen neliö  
SE                       selitettävän muuttujan estimoidun arvon keskivirhe  
F                         F-testisuure  
t                         t-testisuure

$\bar{S}_{t+n} = \bar{S}^e$        keskiarvotestin t-luku

## LIITE 6

Va- luutta	(p,d,q)	Identifioitu malli 80B14 - 82B17 N = 100	Jäännös variassi	Q	cl.f.	N
USD	(0,1,0)		0.000100	22.73	20	100
GBP	(0,1,0)		0.000081	25.97	20	100
DEM	(0,1,0)		0.000049	16.53	20	100
JPY	(0,1,0)		0.000121	36.61	20	100
	(0,1,1)	$0.002 + a_t - 0.186 a_{t-1}$ (1.971) (1.875)	0.000114	30.28	18	100
	*(0,1,2)	$0.002 + a_t - 0.305 a_{t-1} - 0.267 a_{t-2}$ (1.404) (3.118) (2.715)	0.000106	18.81	17	100
	(1,1,1)	$0.0004 + 0.801 w_{t-1} + a_t + 0.530 a_{t-1}$ (0.764) (5.338) (2.829)	0.000113	24.63	17	100
	(1,1,2)	$0.002 - 0.273 w_{t-1} + a_t - 0.659 a_{t-1} - 0.364 a_{t-2}$ (0.321) (0.868) (2.899) (3.160)	0.000105	17.35	16	100
CHF	(0,1,0)		0.000100	23.20	20	100
	*(0,1,1)	$0.001 + a_t - 0.377 a_{t-1}$ (0.810) (4.242)	0.000085	18.84	18	100
	(1,1,1)	$0.001 - 0.009 w_{t-1} + a_t - 0.400 a_{t-1}$ (0.923) (0.039) (1.816)	0.000089	18.20	17	100
NLG	(0,1,0)		0.000100	37.44	20	100
	(0,1,1)	$-0.001 + a_t + 0.183 a_{t-1}$ (0.802) (1.834)	0.000095	21.54	18	100
	(1,1,0)	$-0.001 - 0.280 w_{t-1}$ (0.649) (2.883)	0.000093	15.01	18	100
	*(1,1,1)	$-0.001 - 0.695 w_{t-1} + a_t - 0.459 a_{t-1}$ (0.591) (3.297) (1.779)	0.000093	12.09	17	100

## LIITE 7

## Eräiden valuuttojen keskimääräiset kansalliset korot 1974-1983

valuutta	koroko	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
USD	Treasury bill rate	7.9	5.8	5.0	5.3	7.2	10.0	11.6	14.1	10.7	8.6
GBP	"-	11.3	10.2	11.1	7.7	8.5	13.0	15.1	13.0	11.5	9.6
DEM	Call money	8.9	4.4	3.9	4.1	3.4	5.9	9.1	11.3	8.7	5.4
FRF	"-	12.9	7.9	8.6	9.1	8.0	9.0	11.8	15.3	14.9	12.5
NLG	"-	9.2	4.2	7.3	3.8	6.2	9.0	10.1	11.0	8.1	5.3
ITL	"-	14.6	10.6	15.7	14.8	11.5	11.7	17.2	19.6	20.2	18.5
NOK	"-	8.1	7.5	7.4	9.8	9.4	8.4	11.2	12.3	13.9	12.3
SEK	"-	5.5	7.8	7.9	10.0	7.2	8.2	12.2	14.4	13.3	12.3
JPY	"-	12.5	10.7	7.0	5.7	4.3	5.7	10.3	7.4	6.9	6.4
CHF	Government bond yield	7.1	6.4	5.0	4.0	3.3	3.4	4.8	5.6	4.8	4.5

Lähde: International Financial Statistics











## LIITE 9 Portfolioiden muuttuminen tuottovaatimuksen kasvaessa

74-78  
1 kk

USD	40.2	18.6	-2.9
GBP	13.6	-5.7	-24.9
DEM	47.3	43.3	39.4
JPY	-4.2	18.1	40.5
CHF	3.2	25.6	48.0
tuotto	10	15	20
hajonta	14.7448	17.845	24.7589

74-78  
3 kk

USD	44.9	20.1	-4.6
GBP	9.6	-15.8	-41.2
DEM	50.9	61.3	71.7
JPY	-14.8	9.4	33.7
CHF	9.4	24.9	40.5
tuotto	10	15	20
hajonta	8.6131	11.527	17.538

79-83  
1 kk

USD	22.1	42.9	81.9
GBP	21.0	20.6	19.9
DEM	33.5	15.5	-18.2
JPY	8.8	10.4	13.3
CHF	14.6	10.6	3.1
tuotto	12.3392	15	20
hajonta	18.6011	20.0815	28.6476

79  
3 kk

USD	21.3	43.9	86.2
GBP	35.3	34.3	32.2
DEM	27.7	14.4	-10.6
JPY	-2.5	-2.1	-1.3
CHF	18.2	9.6	-6.5
tuotto	12.3259	15	20
hajonta	11.7884	12.9753	19.5199

74-78  
1 kk

USD	26.1	9.4	-7.2
GBP	13.6	5.8	-12.4
DEM	16.2	-37.6	-91.4
JPY	-0.8	18.7	38.1
CHF	6.8	23.7	40.6
FRF	6.3	13.0	19.8
NLG	-25.5	34.0	93.4
ITL	-7.3	-17.1	-26.9
NOK	30.4	30.3	30.3
SEK	34.1	25.0	15.9
tuotto	10	15	20
hajonta	11.3832	14.8253	20.8182

74-78  
3 kk

USD	32.1	17.5	2.8
GBP	15.3	0.1	-15.2
DEM	-4.2	-53.7	-103.2
JPY	-8.1	8.8	25.7
CHF	15.6	25.0	34.4
FRF	-6.0	12.3	30.5
NLG	-2.2	72.2	146.7
ITL	-9.1	-23.0	-36.9
NOK	32.3	33.7	35.0
SEK	34.3	7.2	-19.9
tuotto	10	15	20
hajonta	6.50341	9.18631	13.9988

79-83  
1 kk

USD	12.2	33.8	55.4
GBP	2.4	10.5	18.7
DEM	24.5	73.3	122.3
JPY	-0.5	4.2	8.9
CHF	9.4	9.4	9.3
FRF	-26.8	-62.8	-98.8
NLG	2.0	-50.2	-102.4
ITL	12.0	47.9	83.8
NOK	9.9	0.6	-8.8
SEK	54.9	33.3	11.7
tuotto	10	15	20
hajonta	8.64603	15.8983	24.1483

79-83  
3 kk

USD	6.5	21.3	36.1
GBP	1.4	6.2	11.0
DEM	-19.5	-12.0	-4.6
JPY	-4.5	-4.5	-4.6
CHF	9.4	3.8	-1.8
FRF	-37.9	-86.9	-136.0
NLG	43.2	26.9	10.5
ITL	18.8	65.5	112.1
NOK	33.9	61.3	88.7
SEK	48.7	18.5	-11.6
tuotto	10	15	20
hajonta	4.84108	9.89755	15.4863

## ex post (nim)

	USD	GBP	DEM	JPY	CHF
USD	.05243	.00487	-0.02125	.00656	-0.00369
GBP		.04188	-0.01479	-0.00171	.00185
DEM			.01966	-0.00464	-0.00013
JPY				.03094	.01245
CHF					.01446

## ex post (reaali)

	USD	GBP	DEM	JPY	CHF
USD	.04749	.00213	-0.01608	.00634	-0.00592
GBP		.04134	-0.00741	.00026	.00183
DEM			.03495	.00525	.00775
JPY				.03543	.01494
CHF					.01494

## ex ante (nim)

	USD	GBP	DEM	JPY	CHF
USD	.05912	.00184	-.02386	.01129	-.00797
GBP		.04248	-.01343	-.00361	.00356
DEM			.02052	-.00646	.00156
JPY				.03363	.00948
CHF					.01678

## ex ante (reaali)

	USD	GBP	DEM	JPY	CHF
USD	.04984	-.00151	-.01942	.00761	-.01031
GBP		.04507	-.00305	-.00136	.00715
DEM			.03868	.00358	.01293
JPY				.03555	.01273
CHF					.02137

Ex post (nim)Ex post (reaali)

5-valuuttaa

4 valuuttaa

5-valuuttaa

4 valuuttaa

USD	25.2	31.2	37.3	USD	34.4	59.3	84.3
GBP	21.1	25.7	30.2	GBP	11.5	-3.7	-18.9
DEM	50.7	57.3	63.8	DEM	35.1	9.8	-15.6
JPY	23.4	48.1	72.7	JPY	19.0	34.6	50.2
CHF	-20.4	-62.2	-104.1				
Tuotto 10 15 20				Tuotto 10 15 20			
Hajonta 5.502 9.153 13.395				Hajonta 6.720 14.923 23.833			

USD	25.2	31.2	37.3	USD	34.4	59.3	84.3
GBP	21.1	25.7	30.2	GBP	11.5	-3.7	-18.9
DEM	50.7	57.3	63.8	DEM	35.1	9.8	-15.6
JPY	23.4	48.1	72.7	JPY	19.0	34.6	50.2
CHF	-20.4	-62.2	-104.1				
Tuotto 10 15 20				Tuotto 10 15 20			
Hajonta 5.502 9.153 13.395				Hajonta 6.720 14.923 23.833			

Ex ante (nim)Ex ante (reaali)

5-valuuttaa

4 valuuttaa

5-valuuttaa

4 valuuttaa

USD	27.2	37.4	47.6	USD	54.0	114.2	174.5
GBP	49.6	102.2	154.8	GBP	58.9	128.9	198.9
DEM	62.4	89.4	116.3	DEM	15.5	-45.2	-105.9
JPY	26.2	58.8	91.3	JPY	-28.3	-97.9	-167.4
CHF	-65.4	-187.8	-310.1				
Tuotto 10 15 20				Tuotto 10 15 20			
Hajonta 10.464 25.678 41.300				Hajonta 16.790 45.602 74.695			

USD	36.6	46.8	57.0	USD	56.5	116.7	177.0
GBP	47.1	99.7	152.3	GBP	54.0	124.0	194.0
DEM	42.6	69.6	96.5	DEM	7.7	-53.0	-113.7
JPY	22.4	54.9	87.4	JPY	-18.2	-87.7	-157.2
CHF	-48.7	-171.0	-293.3				
Tuotto 10 15 20				Tuotto 10 15 20			
Hajonta 12.896 26.824 42.063				Hajonta 16.183 43.566 72.362			

## Riskimatriiseja (nim, ex ante)

<u>82B38 - 82B48</u>					<u>83B5 - 83B16</u>					
	USD	GBP	DEM	JPY	CHF	USD	GBP	DEM	JPY	CHF
USD	.08579	.07364	-.05435	-.11366	-.09469	.00856	-.01063	.00602	-.00051	-.00311
GBP		.21852	-.06810	-.29545	-.14226		.12943	-.05641	.01461	.01478
DEM			.03816	.10090	.06642			.02967	-.00693	-.01199
JPY				.42919	.18946				.01222	.00291
CHF					.15421					.01420

<u>82B41 - 83B4</u>					<u>83B9 - 83B20</u>					
USD	.08777	.06445	-.05576	-.11602	-.08493	.02018	.00349	-.01409	-.00439	-.00736
GBP		.15519	-.05474	-.18062	-.12147		.13152	-.05215	.01225	-.00462
DEM			.03824	.08492	.05778			.03108	-.00282	.00716
JPY				.25579	.16062				.01580	.00646
CHF					.14812					.00823

<u>82B45 - 83B8</u>					<u>83B13- 83B24</u>					
USD	.04221	-.00663	-.01537	-.03143	-.03129	.02331	.00617	-.01929	-.00135	-.00519
GBP		.08494	-.02403	-.05379	-.04349		.06251	-.02735	.00576	-.01156
DEM			.02520	.02342	.00958			.02457	-.00357	.00674
JPY				.07098	.06855				.01852	.00849
CHF					.09564					.00991

<u>83B1 - 83B12</u>					<u>83B17 - 83B28</u>					
USD	.02642	-.02445	-.00158	-.00573	-.00665	.04779	.00883	-.03275	.00509	-.00478
GBP		-.10996	-.03855	.00558	.02391		.02818	-.01318	-.0046	.00841
DEM			.02780	.00144	-.01371			.02680	-.00288	.00396
JPY				.00527	.00150				.01075	.00856
CHF					.02458					.01046



## LIITE 12 jatkuu

<u>83B21 - 83B32</u>						<u>83B37 - 83B48</u>				
	USD	GBP	DEM	JPY	CHF	USD	GBP	DEM	JPY	CHF
USD	.03155	.00449	-.01859	.00757	.00252	.04749	-.00818	-.02229	.04142	-.00520
GBP		.01320	-.0028	-.00542	-.00224		.01057	.00087	-.01203	-.00573
DEM			.01462	-.00694	-.00399			.01170	-.01753	.00488
JPY				.01322	.00540				.04320	.00143
CHF					.00520					.00812
<u>83B25 - 83B36</u>						<u>83B41 - 84B4</u>				
USD	.03521	.01335	-.02305	-.01496	-.00929	.07213	-.00786	-.03336	.07232	.02141
GBP		.01538	-.00951	-.02443	-.01122		.00897	.0012	-.00873	.00039
DEM			.02009	.01644	.00808			.01631	-.03312	-.01046
JPY				.05472	.02321				.07627	.02279
CHF					.01206					.01201
<u>83B29 - 83B40</u>						<u>83B45 - 84B8</u>				
USD	.02901	.01477	-.02031	-.01136	-.01817	.11108	.03074	-.04652	.04967	.02339
GBP		.01590	-.01132	-.02279	-.01409		.02776	-.00801	-.00999	.00763
DEM			.01801	.01447	.01495			.02171	-.029	-.01085
JPY				.05806	.01931				.06516	.01563
CHF					.01594					.0112
<u>83B33 - 83B44</u>						<u>84B1 - 84B12</u>				
USD	.04464	.00196	-.02476	.01059	-.01197	.10711	.03272	-.04574	.04302	.02386
GBP		.02043	-.00870	-.03099	-.01624		.04238	-.00188	-.00729	.01863
DEM			.01800	.00863	.01322			.02594	-.0256	-.00547
JPY				.07397	.02466				.05475	.01664
CHF					.01723					.01956

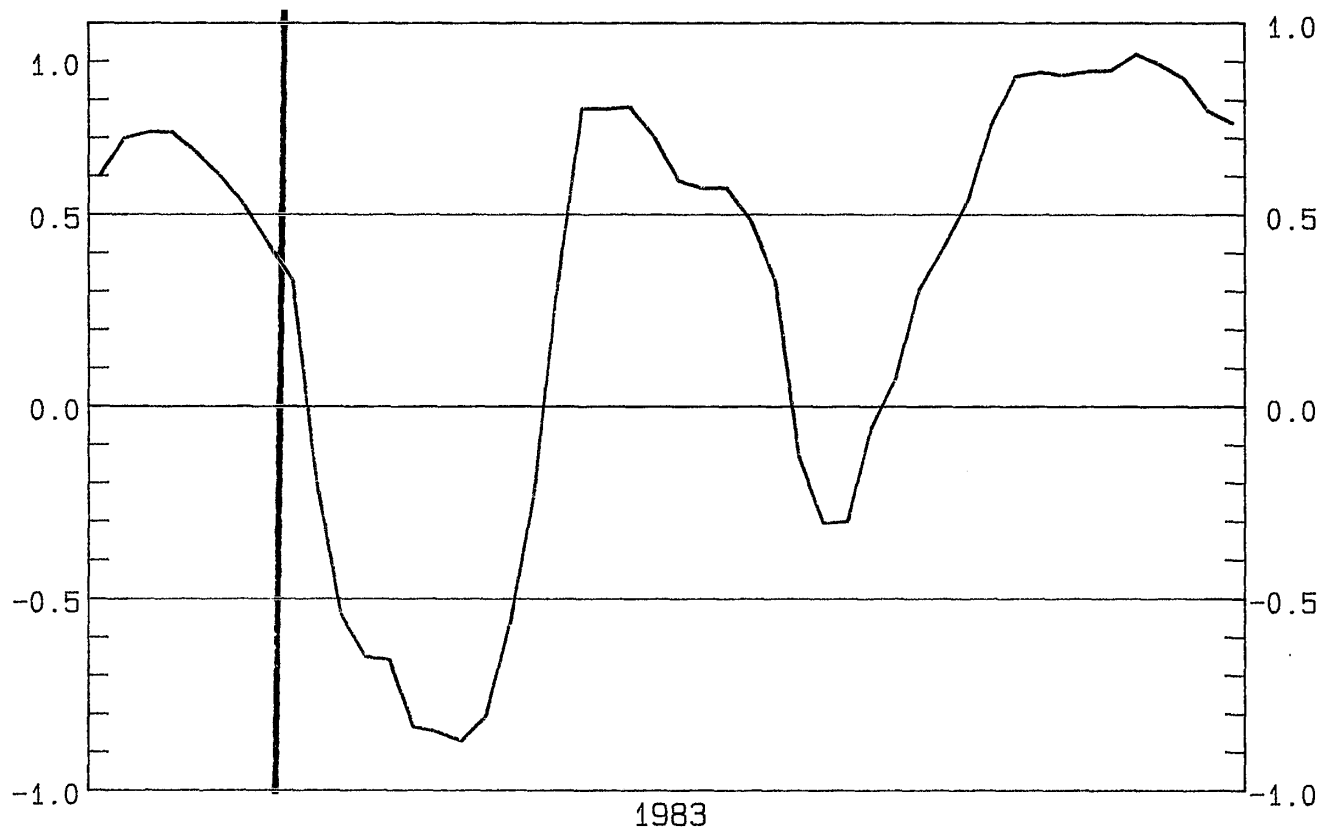
LIITE 12 jatkuu

	<u>84B5 - 84B16</u>				
	USD	GBP	DEM	JPY	CHF
USD	.11645	.03673	-.04144	.01566	-.00666
GBP		.04279	-.00249	-.00958	.01314
DEM			.02055	-.00979	.00953
JPY				.02688	-.00534
CHF					.01385

	<u>84B9 - 84B20</u>				
USD	.06735	.00921	-.02547	.0216	-.01741
GBP		.01944	.00112	.00906	.01010
DEM			.01666	-.01352	.0119
JPY				.02544	-.00334
CHF					.01522

LIITE 13

KURSSIMUUTOKSILLA KORJATTU SAKSAN MARKAN JA SVEITSIN FRANGIN  
1 KK TUOTTOJEN KORRELAATIO V. 1983



# EXCHANGE RATE UNCERTAINTY AND THE MANAGEMENT OF OFFICIAL RESERVES

by Olli-Pekka Lehmussaari

## SUMMARY

### 1. Introduction and the purpose of the study

The breakdown of the system of fixed exchange rates in 1971 resulted in a major change in the international monetary system. By March 1973, many countries had adopted a floating exchange rate system. Other countries had pegged their exchange rates to another currency or to a basket of currencies, while still others continued to manage their exchange rates through intervention. The suspension of the gold convertibility of the U.S. dollar, together with the development of a more integrated international financial system, contributed to a structural change in the monetary system. During the 1970s and 1980s, the demand for currencies other than the U.S. dollar in official reserves increased and credit supply from private sources denominated in foreign currencies became increasingly available.

The change in the monetary system was of a crucial importance for official reserve management. Under the Bretton Woods par value system, gold and U.S. dollars were the principal components of reserves, which at times led to a shortage of international liquidity. In the 1980s, however, the choice of several reserve currencies has made reserve management an important task for monetary authorities. In particular, strong fluctuations in exchange rates and interest rates may have contributed to increased reserve diversification, as monetary authorities have attempted to reduce the risk inherent in the holding of reserves.

The purpose of this study is to examine the reserve management problem faced by the central bank given foreign exchange uncertainty. The main emphasis is on the question of how to determine the currency distribution of foreign reserves, given the characteristics and constraints related to international capital markets. Modern portfolio

theory provides a fruitful framework for analyzing the problem. Although there are numerous empirical studies based on portfolio theory, most of them investigate optimal portfolio diversification ex post and therefore they only partly reflect the actual investment situation faced by an investor. In this study, however, emphasis is placed on real decision making situations ex ante and on the operational power of portfolio theory.

## 2. The structure and results of the study

In chapter 2, we construct a theoretical framework for solving the portfolio choice faced by the central bank. In section 2.2, the demand functions for different foreign assets are derived using the well-known results of Merton's continuous time, intertemporal optimization model. In this model the investor is assumed to maximize the expected utility of his lifetime consumption function in a world of unified capital markets with no taxes or transaction costs. These assumptions allow portfolios to be adjusted continuously. We also assume that exchange rates follow stationary Ito processes. The important feature of this model is that it justifies the mean variance paradigm without requiring universally quadratic utility functions. In addition, although the original decision making problem is formulated as a simultaneous consumption and investment problem, it turns out that consumption decisions are separable and do not affect the optimal diversification of assets. It follows that this optimal portfolio is a combination of so-called speculative and minimum variance portfolios.

In chapter 3 we focus on the problem of money illusion. In classical portfolio analysis the optimal portfolio is usually a combination of a riskless portfolio and a market portfolio, with weights  $z$  and  $1-z$ . In this approach, investor's risk aversion is reflected in a choice of the size of the parameter  $z$ . In the theory of international finance, which largely mirrors that of domestic financial theory, it is often assumed that the variability of the relevant price index in the home country is small relative to the variability of interest rates and exchange rates. Therefore the investor is assumed to ignore inflation.

Nominal rates of return given in foreign currency can be translated into the home currency simply by multiplying the foreign currency rate of return by the ratio of the end-of-period exchange rate to the beginning-of-period exchange rate.

Portfolio diversification based on the nominal returns of assets is, however, seldom rational, and can only be justified, if at all, in a case where factors related to bookkeeping are important. In the case of a central bank, a continuously depreciating home currency would increase the nominal rate of return on foreign reserves although the purchasing power of the reserves in terms of imported goods would remain unchanged given the constant foreign price level. Of crucial importance in this respect is how an efficient portfolio based on real returns would differ from an efficient portfolio based on nominal terms. In section 3.1, we show that a portfolio that is efficient in real terms can always be constructed from an efficient nominal portfolio through a hedge portfolio with zero net investment. Furthermore, our analysis suggests that the hedge portfolio is not generally zero and therefore investment rules based on real returns and nominal returns are usually different. The size of the hedge portfolio is an empirical question and is studied in chapter 5.

In chapter 3, we also focus on some special assumptions regarding investors' utility functions and exchange markets. In general, the components of the hedge portfolio depend on the choice of the consumer price index and therefore investors' preferences. However, if investors have logarithmic utilities, optimal portfolio choice is independent of the price index and the nominally efficient portfolio choice is identical with the portfolio choice that is efficient in real terms. Moreover, if we assume purchasing power parity in the exchange market, investors would view real returns of assets identically and real returns would be independent of national characteristics.

In chapter 4, we discuss some empirical problems related to portfolio theory and examine foreign exchange rate behaviour in Finland. The main problem facing the investor using portfolio theory is how to calculate

the covariance matrix and expected returns in order to derive the optimal investment rule. The traditional wisdom has been to calculate these "parameters" from past observations ex post and to use them as proxies for future developments. We find, however, that the correlation structure of investment yields with respect to major currencies is relatively unstable and therefore investment rules based on these parameters may prove to be suboptimal.

The approach we adopt in this study is to calculate expected returns using simple, well-known hypotheses of exchange rate behaviour and to assume that investments are made in short-term time deposits with given rates of interest. Assuming indefinite risk aversion, the relevant problem is to find the investment rule that minimizes the forecast risk in the portfolio, given the desired portfolio yield. In order to calculate expected returns, in section 4.2 we test four different hypotheses of exchange rate behaviour. First, we assume that the forward rate is the best forecast for the future spot rate. Second, we assume that exchange rates follow a random walk process. Third, we examine the proposition that "open" interest rate parity holds, and finally, we analyse exchange rate forecasts generated by ARIMA models.

The econometric analysis is carried out using average weekly quotations for the Finnish markka against the U.S. dollar, the pound sterling, the German mark, the Japanese yen, the Swiss franc and the Dutch guilder. The data cover observations from June 1982 to mid-September 1984 for the first three hypotheses of exchange rate behaviour. The estimation period for ARIMA models covers the weeks from mid-April 1980 to May 1982. The estimated ARIMA models are used to generate exchange rate forecasts outside the estimation period.

The results suggest that we cannot reject the hypotheses that covered interest rate parity and a random walk process produce unbiased and efficient forecasts of foreign exchange market developments. By contrast, the hypothesis of open interest rate parity is rejected. In addition, indicators that measure the accuracy of forecasts indicate that the random walk forecast is slightly more accurate than the other

forecasts, and therefore it is used in the analysis of ex ante investment rules.

The questions analyzed empirically in chapter 5 are as follows. First, we examine to what extent ex ante investment policy differs from ex post investment policy, i.e. we assess the loss in portfolio performance due to imperfect market information. Second, we examine the question posed in section 3.1 concerning the size of the hedge portfolio. Finally, we assess how much the continuously adjusted investment rule improves the outcome of investment.

Before assessing the loss in portfolio performance in the ex ante portfolio selection we examine potential gains from portfolio diversification under the floating exchange rate system. We analyse two sub-periods, 1974 to 1978 and 1979 to 1983, assuming investment horizons of one and three months. We examine the performance of 5 and 10 currency portfolios. The calculations indicate that investors in both sub-periods were able to improve significantly the performance of the portfolios through diversification. However, the results suggest that, as the number of potential assets increase, investors would also have to take increasingly short positions, which in the case of the central bank is not always possible.

In section 5.2, we show that the size of the potential suboptimality can be substantial. This is especially true if the central bank is willing to accept a higher risk for higher expected returns. However, the components of the minimum variance portfolio differ only marginally in our sample. The same conclusions can be drawn from the results based on the portfolios that are efficient in real terms.

As noted earlier, a portfolio that is efficient in real terms can always be constructed from a nominally efficient portfolio through a hedge portfolio with zero net investment. The empirical results in section 5.2 indicate that the components of the hedge portfolio can, indeed, be large and therefore portfolio choice based on nominal terms can differ from that based on real terms. Our conclusions remain the same whether we examine ex post or ex ante efficient portfolios.



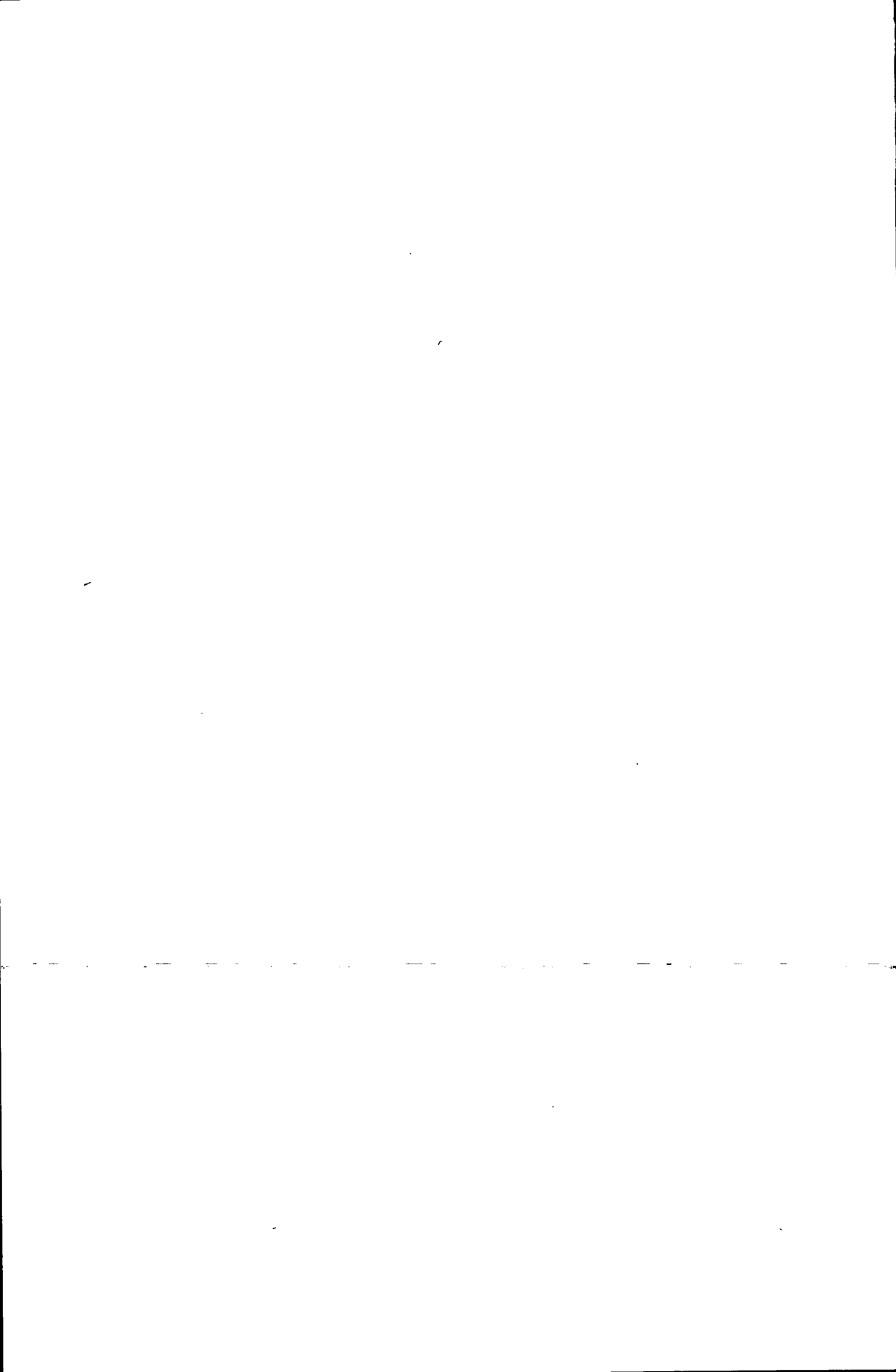
In section 5.3, we study how much continuously adjusted investment policy can improve the investment results and to what extent, if any, portfolio theory outperforms a number of naive investment rules. To answer this question, we compare the performance of a monthly adjusted investment policy with five naive investment rules and with a buy and hold strategy throughout the period. The period covered was January 1983 to June 1984. In addition, we assume that exchange rates follow a random walk process and that the objective of the central bank is to minimize the risk inherent in the holding of reserves. Moreover, we assume that investments are made in the Eurocurrency market. All calculations are done with regard to four and five asset portfolios. The naive investment rules are as follows. First, the portfolio is constructed according to the weights of the currency index of the Finnish central bank. Second, investments are equally distributed. Third, we use an import-weighted portfolio. Fourth, we use an export-weighted portfolio. Finally, we use MERM weights.

The empirical results show that the continuously adjusted investment rule that assumes that exchange rates follow a random walk outperforms the naive investment rules during the simulation period. In addition, the results show that the stability of the covariance matrix of the investment yields plays a crucial role in the management of the portfolio. In fact, adding a fifth asset to the portfolio weakens the outcome of the investment policy. This result, which contradicts the traditional results of classical portfolio theory with perfect information, is due to the increasing instability of the covariance matrix. Therefore in portfolio management special attention should be paid to the choice of the assets in the portfolio.

### 3. The conclusions of the study

The present study provides new empirical information on aspects of the use of modern portfolio theory in the management of official reserves. Although the number of empirical studies based on portfolio theory is large most of them are essentially backward looking and assume perfect information. Investment situations are, however, forward looking and therefore investors have to focus on expected developments in various

asset prices denominated in investors' currency habitats. In the empirical part of this study, reserves are assumed to be invested in the Eurocurrency market, with given rate of return in foreign currency. Furthermore, we assume that exchange rates follow a random walk. Our major conclusion is that in real, ex ante, investment situations, portfolio choice based on the modern portfolio theory seems to outperform naive investment rules. In addition, the results pinpoint the large potential negative impact of structural instability of investment yields on investment outcome. Therefore care should be taken in choosing the foreign assets in the portfolio.



SUOMEN PANKIN JULKAISUJA

Sarja D (ISSN 0355-6042)

(N:ot 1 - 30 Suomen Pankin taloustieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja, ISSN 0081-9506)

1. PERTTI KUKKONEN On the Measurement of Seasonal Variations. 1963. 11 s.
2. The Index Clause System in the Finnish Money and Capital Markets. 1964, tarkistettu laitos 1969. 15 s.
3. J.J. PAUNIO Adjustment of Prices to Wages. 1964. 15 s.
4. HEIKKI VALVANNE - JAAKKO LASSILA The Taxation of Business Enterprises and the Development of Financial Markets in Finland. 1965. 26 s.
5. MARKKU PUNTILA Likvidien varojen kysyntä ja yleisön likviditeetin kehitys Suomessa vuosina 1948-1962. 1965. 110 s.
6. J.J. PAUNIO Taloudellinen kasvu ja suhdannevaihtelut dynaamisen makrotarkastelun valossa. 1965. 117 s.
7. AHTI MOLANDER Kokonaistaloudelliseen hinta- ja palkkatasoon vaikuttavat tekijät Suomessa vuosina 1949-1962. 1965. 159 s.
8. ERKKI PIHKALA Keskinäisen taloudellisen avun neuvoston pysyvät komissiot työnjaon toteuttajina. 1965. 35 s.
9. KARI NARS Statens prispolitiska parametrar. 1965. 118 s.
10. HEIKKI VALVANNE The Framework of the Bank of Finland's Monetary Policy. 1965. 34 s.
11. JOUKO SIVANDER Ulkomaankaupan substituutiojoustojen teoriasta ja mittaamisesta. 1965. 91 s.
12. TIMO HELELÄ - PAAVO GRÖNLUND - AHTI MOLANDER Muistio palkkanuotteluja varten. 1965. 56 s.
13. ERKKI LAATTO Suomen ulkomaisen tavarakaupan volyyymi-indeksit neljännesvuosittain vuosina 1949-1964 eräistä lyhytaikaisista vaihteluista puhdistettuina. 1965. 24 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.)
14. DOLAT PATEL The Share of the Developing Countries in Finnish Foreign Trade. 1966. 31 s.

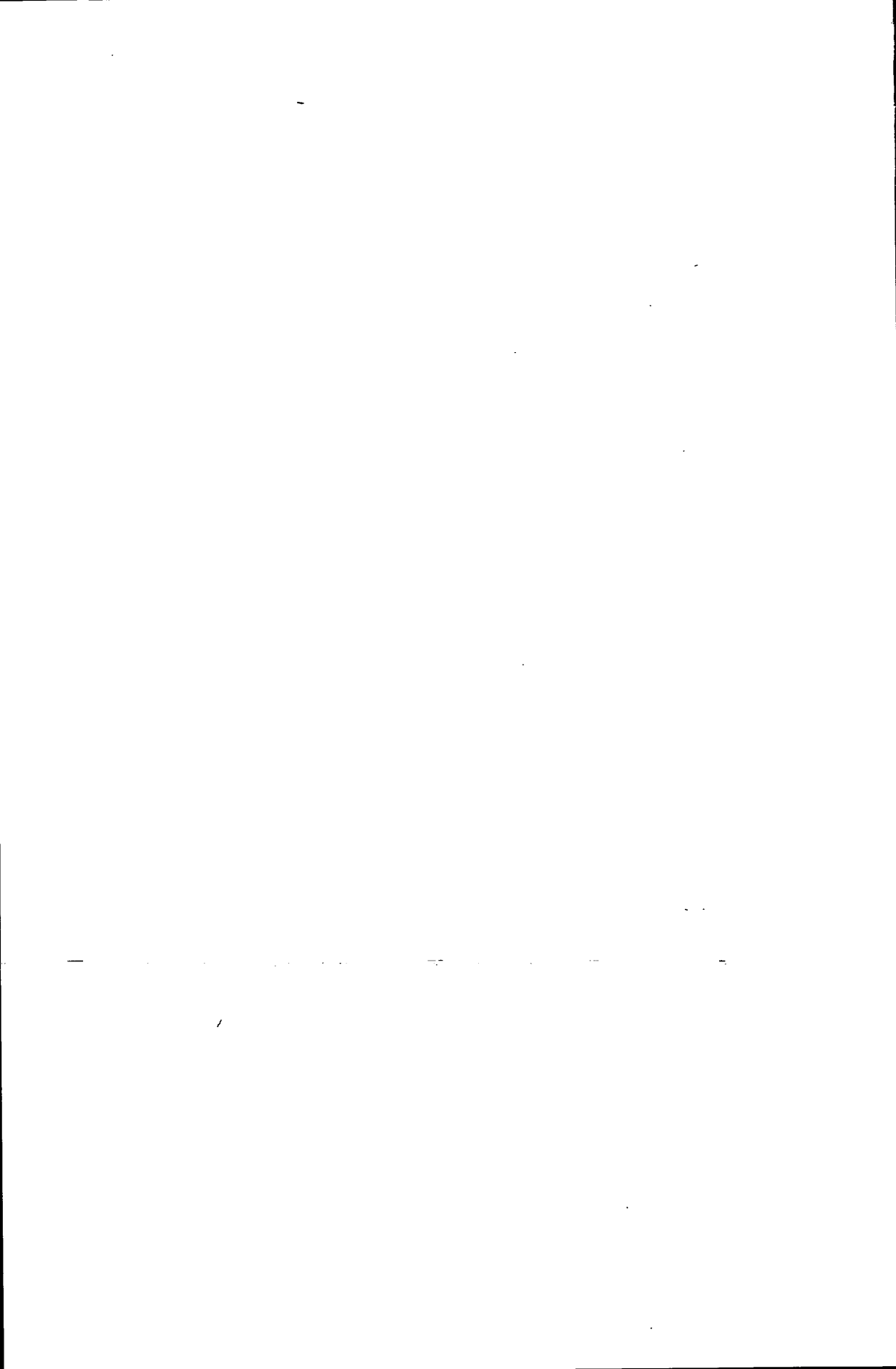
15. PEKKA LAHIKAINEN Tuotoksen ja työpanoksen välisen suhteen vaihteluista. 1966. 25 s.
16. HEIKKI U. ELONEN Yrityksen rahoituspääomien kysynnästä ja tarjonnasta. 1966. 88 s.
17. TIMO HELELÄ - J.J. PAUNIO Memorandum on Incomes Policy. 1967. 10 s.
18. KARI NARS Undersökning av efterfrågetrycket. 1967. 119 s.
19. KARI PUUMANEN Indeksivaateet valintakohteina. 1968. 186 s.
20. RICHARD ALAND Sijoituspankkitoiminta Yhdysvalloissa - The Investment Banking Function in the United States. 1968. 31 s.
21. TIMO HELELÄ Työnseisaukset ja teolliset suhteet Suomessa vuosina 1919-1939. 1969. 341 s. (Kahtena niteenä)
22. SIRKKA HÄMÄLÄINEN Kotitalouksien säästämiseen vaikuttavista psykologisista tekijöistä ja niiden mittaamismahdollisuuksista. 1969. 177 s.
23. HEIKKI KOSKENKYLÄ An Evaluation of the Predictive Value of the Investment Survey of the Bank of Finland Institute for Economic Research. 1969. 12 s.
24. HEIKKI KOSKENKYLÄ Suomen Pankin investointikyselyn otantaan liittyvistä ongelmista. 1970. 71 s.
25. PERTTI KUKKONEN - ESKO TIKKANEN Jäänmurtajat ja talviliikenne. 1970. 136 s.
26. HEIKKI U. ELONEN - ANTERO ARIMO Tutkimus kirkon taloudesta. 1970. 73 s.
27. JUHANI HIRVONEN Kansainvälisen talouden ekonometrinen simultaanimalli. 1971. 64 s.
28. HEIKKI KOSKENKYLÄ Teoreettisen ja empiirisen investointianalyysin ongelmista. Suomen tehdasteollisuuden investointitoiminta vuosina 1948-1970. 1972. 182 + 58 s. (ISBN 951-686-001-X)
29. A Quarterly Model of the Finnish Economy by the Model Project Team of the Research Department. 1972. 105 s. (ISBN 951-686-002-8, toinen painos ISBN 951-686-007-9)
30. HANNU HALTTUNEN Tuotanto, hinnat ja tulot Suomen kansantalouden ekonometrisessa kokonaismallissa. 1972. 120 s. (Toisessa painoksessa englanninkielinen tiivistelmä; 123 s.) (ISBN 951-686-003-6, toinen painos ISBN 951-686-013-3)

31. SIMO LAHTINEN Työn kysyntä Suomen kansantalouden ekonometrisessä kokonaismallissa. 1973. 171 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-008-7)
32. MAURI JAAKONAHO Suomen sähköenergian kokonaiskulutusta ja sen ennakointia koskeva empiirinen tutkimus. 1973. 144 s. (ISBN 951-686-009-5)
33. ESKO AURIKKO Ulkomaankauppa Suomen kansantalouden ekonometrisessä kokonaismallissa. 1973. 100 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-011-7)
34. HEIKKI KOSKENKYLÄ - ILMO PYYHTIÄ Suomen allokaatio-ongelman peruspiirteistä ja taustasta. 1974. 61 s. (ISBN 951-686-014-1)
35. IMMO POHJOLA Ekonometrinen tutkimus Suomen rahamarkkinoista. 1974. 120 s. (ISBN 951-686-016-8)
36. JUHANI HIRVONEN On the Use of Two Stage Least Squares with Principal Components. 1975. 91 s. (ISBN 951-686-023-0)
37. HEIKKI KOSKENKYLÄ - ILMO PYYHTIÄ Pääomakerroin makro- ja mikrota-  
loudellisena investointikriteerinä. 1975. 65 s. (Englannin-  
kielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-024-9)
38. ALPO WILLMAN Ekonometrinen tutkimus finanssipolitiikan vaikutuk-  
sista. 1976. 217 s. (ISBN 951-686-028-1)
39. JORMA HILPINEN Muuttoliike, työhön osallistuminen ja suhdanteiden  
eteneminen työllisyydessä. 1976. 69 s. (ISBN 951-686-030-3)
40. OLAVI RANTALA Säästämiskohteiden valintaan vaikuttavat tekijät  
Suomessa. 1976. 115 s. (ISBN 951-686-031-1)
41. Rahoitustilinpito analyysivälineenä (AHTI HUOMO Rahoitustilinpi-  
dollinen näkökulma; TAPIO KORHONEN Maksutaseen ja valtiontalouden  
rahoitusmarkkinakytkennät; IMMO POHJOLA Valtiontalous rahoitusti-  
linpidossa; OLAVI RANTALA Rahoitustilinpidon käyttö ja rajoituk-  
set kvantitatiivisessa analyysissä). 1976. 98 s.  
(ISBN 951-686-033-8)
42. ILMO PYYHTIÄ Varjohinnat ja tuotannontekijöiden allokaatio Suomen  
tehdasteollisuudessa vuosina 1948-1975. 1976. 176 s.  
(ISBN 951-686-035-4)
43. PETER NYBERG Työvoiman tarjonnan vaihteluista Suomessa. 1978.  
65 s. (ISBN 951-686-046-X)
44. MARJA TUOVINEN Inflaatio-odotusten muodostumisesta ja erään  
inflaatio-odotussarjan optimaalisuudesta. 1979. 154 s.  
(ISBN 951-686-056-7)
45. KALEVI TOURUNEN Teollisuuden varastoinvestoinneista Suomessa vuo-  
sina 1961-1975. 1980. 71 s. (ISBN 951-686-059-1)

46. URHO LEMPINEN Rationaaliset odotukset makroteoriassa. 1980. 83 s. (ISBN 951-686-060-5)
47. HANNU HALTTUNEN - SIXTEN KORKMAN Central Bank Policy and Domestic Stability in a Small Open Economy. 1981. 79 s. (ISBN 951-686-066-4)
48. SEPPO KOSTIAINEN Rahoitusmarkkinavaikutusten välittymismekanismit ja teollisuuden sijoittumispäätökset Suomessa. 1981. 126 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-067-2)
49. URHO LEMPINEN Teoreettinen tutkimus keskuspankkirahoituksen ja ulkomaisen rahoituksen substituutiosta. 1981. 131 s. (ISBN 951-686-069-9)
50. ILMO PYYHTIÄ Suomen Pankin investointitiedustelu teollisuuden investointien ennakoitinvälineenä. 1981. 93 s. (ISBN 951-686-071-0)
51. ILKKA SALONEN Teknisen kehityksen mittaamisesta tuotantofunktion avulla ja sovellutus Suomen kansantalouteen. 1981. 93 s. (ISBN 951-686-073-7)
52. ALPO WILLMAN The Effects of Monetary and Fiscal Policy in an Economy with Credit Rationing. 1981. 66 s. (ISBN 951-686-075-3)
53. JOHNNY ÅKERHOLM Finansspolitikens totalekonomiska effekter på kort sikt. 1982. 73 s. (ISBN 951-686-078-8)
54. HANNELE LUUKKAINEN Kotitaloussektorin kulutus-, investointi- ja rahoituspäätökset yhdistävä malli. 1983. 128 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-085-0)
55. Inflaatio ja talouspolitiikka (TAPIO PEURA Inflaatio Suomessa; JOHNNY ÅKERHOLM Eri inflaatiokeselitykset ja talouspolitiikka; JUKKA PEKKARINEN Suomen palkkainflaatiosta: reaali-palkkojen vai tulo-jaon jäykkyys? ALPO WILLMAN Kotimaisen inflaation riippuvuus ulkomaisesta inflaatiosta suomalaisen inflaatiotutkimuksen valossa; PENTTI FORSMAN Inflaation pitkän aikavälin kustannuksista; P. SCHELDE ANDERSEN Inflation: Theories, Evidence and Policy Implications; GAVIN BINGHAM Inflation: an Overview). 1983. 204 s. (ISBN 951-686-088-5)
56. PETER JOHANSSON Korkopoliitiikan vaikutus kokonaistuotantoon ja hintatasoon. 1984. 91 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-091-5)
57. PENTTI PIKKARAINEN Teollisuuden energian kysynnästä Suomessa 1960-1982. 1984. 86 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-096-6)

58. ILKKA LYYTIKÄINEN Suomen työvoimamarkkinoiden ekonometrinen malli: Empiirinen tutkimus vuosien 1960 - 1982 aineistolla. 1984. 157 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-098-2)
59. Suomen kansantalouden neljännesvuosimalli BOF3 (toimittaneet Juha Tarkka ja Alpo Willman). 1985. 455 s. (ISBN 951-686-107-5)  
(Englanninkielinen laitos ISBN 951-686-108-3)
60. JARMO PESOLA Varastoinvestointien suhdannekäyttäytyminen Suomen yrityssektorissa, Ekonometrinen tutkimus vuosien 1963 - 1981 neljännesvuosiaineistolla. 1985. 178 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-109-1)
61. JUHA TARKKA Suomalaiset pankkiluottomarkkinat ja uusklassinen rahateoria. 1986. 162 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.)  
(ISBN 951-686-114-8)
62. PENTTI PIKKARAINEN Valuuttakurssi-indeksin painot ja kokonaisaloudelliset tavoitteet. 1986. 77 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-121-0)
63. MONICA AHLSTEDT Small Sample Estimation and Stochastic Simulation of an Econometric Model. 1986. 181 s.  
(ISBN 951-686-127-X)
64. OLLI-PEKKA LEHMUSAAARI Valuuttakurssiepävarmuus ja keskuspankin valuuttavarannon sijoittaminen. 1987. 169 s. (Englanninkielinen tiivistelmä.) (ISBN 951-686-132-6)





SUOMEN  
KIRJASTO

IVA5a 1987 41922.4  
Suomen  
Suomen Pankki  
D:064  
Lehmussaari, Olli-Pekka  
Valuuttakurssiepävarmuus ja  
keskuspankin valuuttavarannon  
1996-05-14

