

KESKUSTELUALOITTEITA  
DISCUSSION PAPERS

SUOMEN PANKIN  
KIRJASTO 5

Suomen Pankin Rahapolitiikan osasto  
Bank of Finland Monetary Policy Department

Urho Lempinen  
Setelistön ja metallirahan kysynnän  
ja valmistamistarpeen ennustamisesta

Suomen Pankin kirjasto



175543

IVA5a

Kirjasto: alaholvi

SUOMEN PANKKI RAH

Setelistön ja metallirahan kysynnän ja valmistamista  
Suomen Pankin Rahapolitiikan osasto. Keskustelualoitteita  
01/82 1980

RP 1/82

14.8.1980

Urho Lempinen

SETELISTÖN JA METALLIRAHAN KYSYNNÄN JA VALMISTAMIS-  
TARPEEN ENNUSTAMISESTA

14.8.1980  
Suomen Pankin  
rahopolitiikan osasto  
RP 1/82

## SISÄLTÖ

	sivu
ESIPUHE	1
I. YLEISIÄ NÄKÖKOHTIA RAHAN KYSYNNÄN JA RAHALAJIEN VALMISTUSTARPEIDEN ENNUSTAMISESTA	2
I.1. Rahan kokonaiskysynnän teoreettisista perusteista	2
I.2. Rahalajien kysyntöjen ennustamisen peruslähestymistavat	4
I.3. Rahan kokonaiskysynnän regressiomalleista	5
I.4. Liikkeessä olevan rahan sisäisen rakenteen käyttäytyminen	8
I.5. Rahan kulumisesta	9
I.6. Ennusteisiin liittyvistä epävarmuuksista	10
I.7. Ennustemenettelystä	12
II. SETELISTÖN JA METALLIRAHAN VALMISTAMISTARPEEN ENNUSTAMINEN: SOVELLUTUS	13
II.1. Yleistä	
II.2. Seteli- ja metallirahalajien liikkeessä olevien määrien ennustaminen	13
II.3. Setelilajien eliniän määrittäminen	17
II.4. Setelien ja metallirahojen valmistustarve	19
LIITE: SETELISTÖN KYSYNTÄ: ENNUSTEIDEN JA TOTEUTUNEEN SEURANTA	21

## ESIPUHE

Tässä muistiossa esitellään suppeasti lähestymistapaa, jonka avulla voidaan laatia ennusteita liikkeessä olevan rahan kokonaisu-määrän, eri rahalajien liikkeessä olevien määrien sekä rahalajien valmistustarpeiden kehittymisestä. Muistio rakentuu kahdesta varsin erillisestä osasta seuraavasti:

1. Ensimmäisessä osassa selvitetään yleiseltä kannalta katsoen vaihtoehtoisia ennustamisen lähestymistapoja sekä yksittäisiä ongelmia, jotka on ratkaistava, jotta päästään tavoitteena oleviin rahalajikohtaisiin ennusteisiin. Lisäksi arvioidaan ennusteisiin liittyviä epävarmuustekijöitä sekä ennusteiden käyttömahdollisuuksia ja soveltamistapaa.
2. Toisessa osassa esitetään kuvaus käytännön ennustussovellutuksesta.

## I. Yleisiä näkökohtia rahan kysynnän ja rahalajien valmistustarpeiden ennustamisesta

### I.1. Rahan kokonaiskysynnän teoreettisista perusteista

Rahan kysyntää on perinteisesti selitetty kahdella eri lähestymistavalla. Kvantiteettiteoreettinen selitys perustuu siihen, että rahan kysyntä johtuu ensi sijassa institutionaalisista seikoista. Keynesiläinen näkemys on pääpiirteissään, että institutionaalisten seikkojen lisäksi käteisen rahan ja sitä läheisesti korvaavien sijoitusmuotojen hinta- ja likvidiyssuhteet ja rahaa pitävien asennoituminen näihin suhteisiin vaikuttavat rahan kysyntään.

Kvantiteettiteorian mukaan rahan kysyntä (M) riippuu talouden transaktioiden määrästä (T), hintatasosta (P) ja rahan kiertonopeudesta (V) seuraavasti

$$(1) \quad M = \frac{PT}{V}$$

Transaktioiden määrään ja rahan kiertonopeuteen vaikuttavat keskeisesti erilaiset institutionaaliset seikat kuten maksuliikkeen ja pankkiteknologian kehittyneisyys. Yleisesti oletetaan, että pankkiteknologian kehittyessä tarvittavien transaktioiden määrä pienenee ja rahan kiertonopeus kasvaa, jolloin kysytyn rahan määrä pienenee. Usein kvantiteettiteoria formuloidaan muodossa

$$(2) \quad M = a Y$$

missä

a on vakiokerroin

Y on nimellinen kansantuotos

Tällöin BKT kuvaa sekä hintatasoa että transaktioiden määrää ja vakiokerroin institutionaalisia seikkoja. Kertoimen a oletetaan olevan suhteellisen vakaa, mutta alenevan pitkällä aikavälillä pankkiteknologian kehittyessä.

Keynesiläisen tulkinnan mukaan rahan kysyntä johtuu kolmesta likviditeetin pitomotiivista - transaktiomotiivista, varautumis-  
motiivista ja spekulatiivimotiivista. Rahan kokonaiskysyntä (M)  
on transaktiokysynnän ( $M_T$ ), varautumiskysynnän ( $M_V$ ) ja spekulatio-  
kysynnän ( $M_S$ ) summa

$$(3) \quad M = M_T + M_V + M_S$$

Kokonaiskysynnän komponenttien oletetaan olevan seuraaventyyppisiä  
funktioita:

$$(4a) \quad M_T = f(Y)$$

$$(4b) \quad M_V = f(Y, r), \quad \frac{\partial M_V}{\partial Y} > 0, \quad \frac{\partial M_V}{\partial r} < 0$$

$$(4c) \quad M_S = f(r), \quad \frac{\partial M_S}{\partial r} < 0$$

missä

Y = nimellinen bruttokansantuotos

r = korkokanta

Rahan kokonaiskysyntä riippuu siten BKT:sta ja korkokannasta  
seuraavalla tavalla:

$$(5) \quad M = f(Y, r)$$

$$\frac{\partial M}{\partial Y} > 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial r} < 0$$

Tämä merkitsee sitä, että kansantuotoksen kasvun oletetaan lisäävän  
rahan kysyntää ja koron nousun vähentävän sitä.

Kvantiteettiteorian ja keynesiläisen selityksen ero on hyvin pel-  
kistetysti ilmaistuna siinä, että keynesiläisen käsityksen mukaan  
osa rahan kysynnästä riippuu korkotasosta, kun taas kvantiteetti-  
teoria ei usko tällaisen komponentin olemassaoloon.

Suomen olosuhteissa on yleisesti ajateltu, että rahan kysyntä  
riippuu vain tulotasosta eikä oleellisessa määrin korkotasosta.  
Tätä käsitystä on perusteltu mm. siten, että Suomen heikosti kehit-  
tyneet ns. lyhyet rahamarkkinat eivät tarjoa kovin hyviä substituutte-  
ja käteisrahalle. Tällaisessa tilanteessa korkeakaan korkotaso ei  
oleellisesti siirrä käteisvaroja lyhytaikaisiin sijoitusmuotoihin.

## I.2. Rahalajien kysyntöjen ennustamisen peruslähestymistavat

Yksittäisiä rahalajeja koskevia ennusteita voidaan kehittää kolmella periaatteessa toisistaan poikkeavalla tavalla, jotka ovat

1. Aggregaattilähestymistapa
2. Rahalajikohtaiset regressiomallit
3. Rahalajikohtaiset ARIMA-mallit

Aggregaattilähestymistavan perusajatus on se, että ennustetaan ensi vaiheessa koko rahan kysyntä halutulle jaksolle lähinnä ensimmäisessä kappaleessa esitettyihin ajatuksiin perustuvien regressiomallien avulla.<sup>1</sup> Saatu rahan kokonaiskysynnän ennuste jaetaan eri rahalajeille viimeaikaisen toteutuneen rahalajien kysynnän perusteella laskettua jakaumaa käyttäen.

Aggregaattilähestymistavan etuna on yksinkertaisuus - tilastollisin kriteerein hyviä malleja on melko helppo kehittää ja datan saatavuus varsinkin vuosi- mutta myös neljännesvuositasolla on turvattu. Lähestymistavan heikkous on siinä, että rahalajien jakauman määrittäminen ja sen kehityksen ennustaminen on huomattavan epävarmaa.

Rahalajien kysyntää voidaan ennustaa myös estimoimalla jokaiselle rahalajille oma regressiomallinsa ja tekemällä ennusteet näiden avulla. Aggregaattilähestymistapaan verrattuna ilmenee kuitenkin useita vaikeuksia. Ensimmäkin rahalajikohtaisten regressiomallien spesifiointi on huomattavasti vaikeampaa kuin aggregaattimallin spesifiointi, koska rahalajien jakauman muutos joudutaan selittämään joillakin tekijöillä. Toiseksi rahalajimallit edellyttävät melko "korkeatasoista" dataa kahdesta syystä:

1. Menneisyys ei saa painaa mallien estimoinnissa liian paljon, koska jakaumien kehitys saattaa olla melko vaihtelevaa.
2. Satunnaisheilaukset saattavat yksittäisten rahalajien määrissä olla melko suuria.

---

1. Käytännössä menetellään siten, että ennustetaan erikseen sekä setelien että kolikoiden kokonaiskysynät.

Näiden seikkojen perusteella näyttäisi ilmeiseltä, että rahalajikohtaisten mallien kehittäminen edellyttäisi vähintään kuukausidataa, jonka lisäksi tulisi olla joko kuukausikeskiarvoja tai esim. neljän eri viikon samasta viikonpäivästä laskettuja kuukausikeskiarvoja. Suomen Pankissa ei liikkeessä olevaa rahaa koskevia tietoja kerätä kuvattujen aikasarjojen edellyttämällä tiheydellä.

ARIMA-malleilla tarkoitetaan malleja, joilla kuvattavan ja ennustettavan muuttujan toteutuneita arvoja hyväksi käyttäen pyritään mahdollisimman tarkoin kuvaamaan muuttujan käyttäytymistä. Kuvaaminen tapahtuu siten, että kehitetään lähinnä kokeilemalla erilaisia liukuvoimien keskiarvon (MA) ja viivejakaumaprosesseja (AR) muuttujan toteutuneista arvoista. Kehitetyistä prosesseista valitaan kuvaus- ja ennustekäyttöön se, joka tilastollisin kriteerein mitattuna tarkimmin poistaa kaikenlaiset säännönmukaisuudet havaintoaineistosta.

ARIMA-mallit ovat käytännössä osoittautuneet varsin hyväksi ennustemalleiksi silloin, kun ennustettava muuttuja käyttäytyy kohtuullisen säännönmukaisesti ja ennusteperiodi on kohtalaisen lyhyt. ARIMA-mallien etu käsillä olevan käyttötarkoituksen kannalta on myös siinä, että mallit voidaan yhtä lailla kehittää jokaisen muuttujan osalta pelkästään muuttujan omiin toteutuneisiin havaintoihin perustuen.

ARIMA-mallien kehittämisessä on vaikeutena se, että jokainen malli vaatii ainakin 100 havainnon aikasarjan. Mm. tämän vuoksi rahalajien kysynnän ennustaminen ARIMA-malleilla edellyttää mielellään kuukausidataa ja ehkä myös viikkodataa ja on lisäksi mahdollista vain melko lyhyellä aikavälillä.

Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan rahalajien kysyntöjen ennustamista lähinnä vain aggregaattilähestymistavan pohjalta.

### I.3. Rahan kokonaiskysynnän regressiomalleista

Rahan kokonaiskysynnän käyttäytymisen kuvaamiseksi kokeiltiin lukuisia erilaisia regressiomalleja, joissa selittävinä muuttujina käytettiin useita erilaisia kansantulo-, kulutus- sekä indeksikäsitteitä. Mallit estimoitiin



sekä vuosiaineistosta (vv. 1960 - 1977) että neljännesvuosiaineistosta (vv. 1960 I - 1976 IV). Puhtaasti tilastollisin kriteerein mitattuna olivat seuraavat mallit kelvollisia kuvaamaan rahan kysynnän vaihteluita:<sup>1</sup>.

(6) A. Vuosimallit

1.  $M = 437.4 + 0.021 \cdot BKT$

M = rahan kysyntä

BKT = nimellinen bruttokansantuotos

2.  $M = 41.4 + 3.92 \cdot PI + 4.06 \cdot QI$

PI = tukkuhintaindeksi

QI = teollisuustuotannon volyyymi-indeksi

3.  $M = 205.9 + 0.05 \cdot C - 0.03 \cdot C(-1) + 0.47 M(-1)$

C = yksityiset kulutusmenot

C(-1) = yksityiset kulutusmenot yhdellä kaudella viivästettynä

M(-1) = rahan kysyntä yhdellä kaudella viivästettynä

4.  $\log M = 0.04 + 0.91 \log C - 0.79 \log C(-1) + 0.84 \log M(-1)$

logaritmuunnos yhtälöstä 3.

B. Neljännesvuosimallit

1.  $M = 440.6 + 0.084 \cdot BKT$

2.  $M = 400.9 + 0.13 \cdot CT$

CT = kokonaiskulutus

3.  $M = 338.2 + 0.18 \cdot C$

4.  $M = 300.9 + 0.07 \cdot C + 0.1 \cdot C(-1) + 0.08 \cdot M(-1)$

5.  $M = 329.1 + 0.082C + 0.1 C(-1)$

6.  $M = 111.3 - 0.52 \cdot M(-1) - 0.39 M(-1) + 0.08C$

Vuosimallien hyvyyttä tarkasteltiin tilastollisten tunnuslukujen avulla tapahtuvan tarkastelun lisäksi siten, että tutkittiin mallien avulla laskettujen ns. ex post -ennusteiden oikeellisuutta. Seuraavassa taulukossa esitetään toteutunut vuoden keskimääräinen liik-

1. Vaihtoehtoisia malleja on melko helppo spesifioida lähes äärettömästi. Eri mallien keskinäinen hyvyys näyttää olevan melko herkkä esim. estimointiperiodissa tapahtuville muutoksille, joten tilastollisin kriteerein hyvien mallien löytäminen on yleensä "mittatilaustyötä" eikä yksikäsitteisesti parhaita malleja voida osoittaa olevan olemassa.

keessä olevan rahan määrä sekä vuosimallien 1 - 4 avulla lasketut ennusteet samalle suureelle vuosilta 1976 - 79:

	1976	1977	1978	1979
Toteutunut	2787.8	2997.9	3393.8	3954.0
Malli 1	2750	2990	3210	
Malli 2	3000	3270	3420	
Malli 3	2740	2920	3070	
Malli 4	3080	3310	3460	

Edellisestä taulukosta saadaan eri mallien toteutuneiksi ennustevirheiksi seuraavat luvut

Toteutunut - ennuste, milj. markkaa

	1976	1977	1978	1979
Malli 1	- 37.8	- 7.8	-184.0	
Malli 2	+214.6	+269.0	+ 24.5	
Malli 3	- 48.7	- 75.7	-319.5	
Malli 4	+293.2	+313.1	+ 62.7	

Sekä vuosimallien että neljännesvuosimallien suhteen voidaan tehdä kaksi yleistä ja mielenkiintoista havaintoa. Ensinnäkin näyttää siltä, että logaritmuunnosmallit eivät ole tilastollisten kriteerien valossa niin hyviä malleja kuin voisi olettaa, vaan ko. mallien jäännöstermit ovat voimakkaasti autokorreloituneita. Toiseksi vuosimallien parametriarvot ovat sellaiset, että malleista lasketut liikkeessä olevan rahan joustot (suhteessa BKT:hen, kulutukseen, tukkuhintaindeksiin jne.) ovat suuruusluokkaa 0.7 - 0.9. Tämä merkitsee sitä, että joustot ovat kutakuinkin vastaavia kuin useissa 1960-luvun tutkimuksissa saadut.<sup>1</sup> Siten vaikuttaa siltä, että usein esitetty argumentti siitä, että eri muodoissa tapahtuva pankkiteknologian ja maksuvälineiden kehitys pienentää rahan kysyntää suhteessa esim. BKT:hen, on ainakin toistaiseksi ollut perusteeton.

1. Katsauksen ko. tutkimusten tuloksiin on laatinut Antti Suvanto. Ks. Suvanto: Econometric Studies on the Demand for and Supply of Money in Finland: A Survey. Helsingin yliopiston kansantaloustieteen laitoksen keskustelu- ja tutkimusaloitteita n:o 113/31.01.1979.

#### I.4. Liikkeessä olevan rahan sisäisen rakenteen käyttäytyminen

Rahan kokonaismäärän kasvuun on liittynyt se tärkeä ilmiö, että eri rahalajien suhteelliset osuudet kokonaismäärästä eivät ole pysyneet vakioina ajan mittaan vaan ovat muuttuneet enemmän tai vähemmän systemaattisella tavalla. Tämän rakennemuutosilmiön suhteen poikkeavat metallirahat ja setelit oleellisesti toisistaan.

Metallirahat ovat Suomessa pääosin kuluttajien vaihtorahaa. Vain muutamilla erityistilanteissa liikkeeseen lasketuilla kolikoilla - esim. juhlarahat - saattaa olla oleellisesti toinen luonne. Vaihtorahana käytettävät kolikot muodostavat markkinoilla lajitelman, jota käyttötarkoituksessaan tarvitaan varsin kiinteissä suhteissa. Tästä seuraa se, että vaihtorahoina käytettävien kolikkojen sisäinen rakenne ei kovin herkästi muutu kolikkojen määrän kasvaessa.

Setelit puolestaan ovat ennen kaikkea maksuvälineitä, joilla kaupan maksut pääasiassa suoritetaan. Kun inflaatio on taloudessa jatkuvasti käynnissä, kasvaa yksittäisten maksutapahtumien keskimääräinen koko jatkuvasti. Tästä seuraa yleisesti ottaen se, että nimellisarvoltaan suurien setelien osuus liikkeessä olevan setelistön määrästä kasvaa kaiken aikaa nimellisarvoltaan pienien setelien kustannuksella. Tästä yleisperiaatteesta voi olla poikkeamia esimerkiksi siten, että kaksi setelilajia muodostavat parin, jonka sisällä korvautumisilmiötä tapahtuu.

Tekijät, jotka määrittävät setelistön rakennemuutoksen, ovat todellisuudessa huomattavasti mutkikkaampia ja moninaisempia kuin mitä edellä luonnehdittu pelkistetty kuva antaa ymmärtää. Inflaation lisäksi tekijöihin kuulunevat erilaiset yleisön maksutottumukset, uusien setelilajien käyttöön tulemiseen liittyvät yleisön oppimisprosessit, maksutapojen kehitys sekä mahdollisesti useita muitakin tekijöitä. Vaikuttavien tekijöiden moninaisuus tulee näkyviin erityisesti sitä kautta, että rakennemuutosta kuvaavan mallin spesifiointi ja tyydyttävä estimointi ovat vaikeita tehtäviä.

Selittäviä muuttujia sisäitäviä regressiomalleja, jotka kuvaisivat setelistön rakennemuutosta tarpeeksi hyvin, ei suoritetuissa kokeiluissa ole löydetty. Tämän vuoksi päädyttiin sellaiseen käytännön ratkaisuun, että kunkin setelilajin

suhteellisen osuuden käyttäytymistä pyritään ennustamaan autoregressiivisten mallien avulla. Käytetyt mallit ovat muotoa

$$(7) \quad S_i = a_i + b_i S_i(-1)$$

jossa  
 $S_i$  = setelilajin  $i$  kysyntä  
 $a_i$ ,  $b_i$  ovat vakioita

Autoregressiivisiä malleja voisi myöskin soveltaa esim. logaritmi-muunnosversiona tai viivejakaumamalleina. Autoregressiiviset mallit on syytä estimoida varsin tiheästä datasta (kuukausidata) ja melko lyhyeltä periodilta.

Päätyminen autoregressiivisten mallien käyttöön merkitsee sitä, että näiden mallien avulla saatavat ennusteet sisältävät todennäköisesti suuria epävarmuuksia, mikäli ennusteperiodi on pitkä. Tämä johtuu siitä, että muuttujan oma historia tuskin kuvaa oikealla tavalla niitä moninaisia tekijöitä, joiden edellä mainittiin vaikuttavan setelistön rakennemuutokseen.

#### I.5. Rahan kulumisesta

Jos liikkeessä olevan rahan määrän ennusteiden perusteella halutaan tehdä arvioita siitä, kuinka paljon eri rahalajeja on valmistettava ja laskettava liikkeeseen kappalemäärinä aikayksikössä, on oltava selvillä rahalajien kulumisprosesseista. Nämä prosessit ovat kolikoilla ja seteleillä hyvin erilaiset.

Kolikoiden varsinainen fyysinen kuluminen on niin vähäistä, että sillä ei ole valmistustarpeiden kannalta oleellista merkitystä. Kolikoiden poistumista kierrosta saattaa jossain määrin aiheuttaa se, että kolikkolajin raaka-ainearvo ylittää sen nimellisarvon. Joillekin kolikkolajeille - lähinnä erilaiset juhla- ja muistorahat - saattaa syntyä esim. keräilyarvoa, jonka ansiosta ko. rahojen markkina-arvot voivat huomattavasti ylittää nimellisarvot. Myös tämä ilmiö voi aiheuttaa sen, että rahaa poistuu kierrosta kulumista vastaavalla tavalla. Kaiken kaikkiaan ovat metallirahoihin liittyvät kulumisprosessit toisaalta erikoisolosuhteisiin liittyviä ja toisaalta siinä määrin vähämerkityksisiä, että niiden systemaattinen analyysi saattaa olla työläyteensä verrattuna varsin hyödytöntä.

Setelien fyysinen kuluminen on sen sijaan mittasuhteiltaan erittäin merkittävä ilmiö. Setelien osalta ei muilla kulumista vastaavilla ilmiöillä ole oleellista merkitystä, vaikka myös nimellisarvoiltaan suurimmat setelit saattavat jossain määrin olla keräilyn kohteina. Eri setelilajit kuluvat markkinoilla hyvin eri tavoilla, koska niiden käyttötarkoitukset poikkeavat osaksi toisistaan. Lähinnä vaihtorahoina käytettävät nimellisarvoiltaan pienet setelit kuluvat nopeasti kun taas puhtaasti maksuvälineinä käytettävät nimellisarvoiltaan suuret setelit pysyvät käyttökelpoisina huomattavasti kauemmin.

Setelilajien kulumisprosesseja voidaan yksinkertaisesti kuvata kunkin setelilajin keskimääräisellä eliniällä. Keskimääräisen eliniän käsitteellä tarkoitetaan aikaa, jonka setelilajin setelit ovat keskimäärin liikkeessä liikkeeseenlasku-  
hetkestä poistamishetkeen. Keskimääräiselle eliniälle voidaan laskea ainoastaan arvioita, koska koko setelistön täydellinen seuranta tässä suhteessa ei voine käytännössä tulla kysymykseen. Hyvät arviot setelilajeittain saisi tilastollisten otantamenetelmien avulla siten, että otettaisiin poltettaviksi menevistä seteleistä näytteitä ja määritettäisiin näytteiden perusteella setelilajien elinikien todennäköisyysjakaumat ja sitä kautta elinikien odotusarvot. Tämäkin menettely on työläs eikä liene helposti toteutettavissa.

Käytännössä on kohtalaisen helppoa laskea setelilajien elinikäarvioita liikkeessä olevan setelistön ja poltettavaksi menevien setelien avulla. Ajatuksena on tällöin se, että esim. vuodessa poltettujen setelien määrä kuvaa suoraan liikkeessä olevan setelikannan kulumista. Jos vuoden aikana keskimäärin liikkeessä olleiden setelien määrä jaetaan vuoden aikana poltettujen setelien määrällä, saadaan tuloksena suoraan arvio setelilajin keskimääräisestä eliniästä vuosina. Tämä laskentatapa saattaa sisältää epävarmuutta ennen kaikkea pitkän eliniän omaavien setelilajien suhteen.

#### I.6. Ennusteisiin liittyvistä epävarmuuksista

Aggregaattilähestymistapaan perustuva rahalajien valmistustarpeiden ennustaminen sisältää kolme erillistä osa-aluetta, joihin kuhunkin liittyy eri tyyppisiä epävarmuustekijöitä.

Liikkeessä olevan rahan kokonaisennusteiden perustana olevat regressiomallit ovat ekonometrinen testisuureiden arvojen mukaan erittäin hyviä malleja. Lisäksi rahan määrän ja nimellistulon tai kulutuksen välisten riippuvuuksien on perinteisesti katsottu olevan hyvin vakaita. Näiden seikkojen perusteella suurimmat epävarmuudet rahan kokonaisennusteiden laatimisessa liittyvät siihen, miten hyviä arvioita nimellistulo- ja kulutuskehityksestä ennusteperiodin aikana on käytettävissä. Ainakin kolmea vuotta pidemmälle aikavälille ulottuvat ennusteet joudutaan arvioimaan summittaisesti. Riskiä näissä arvioissa pienentää se, että nimellistulon hinta- ja määräkomponentit saattavat usein käyttäytyä toisiinsa nähden siten, että jos hintojen nousu on nopeaa, on määrällinen kasvu hidasta ja päin vastoin.

Hyvin pitkällä aikavälillä saattaa maksutapojen muuttumisesta johtuen myös rahan määrän ja nimellistulon välinen vakaa yhteys muuttua lähinnä siihen suuntaan, että rahan kysyntä suhteessa tuloon pienenee.

Kuten edellä todettiin, ovat liikkeessä olevan setelistön rakennemuutoksen taustalla olevat lukuisat tekijät vaikeasti spesifioitavissa. Tämän vuoksi setelistön rakennemuutosten ennustamisessa päädyttiin autoregressiivisten mallien käyttöön. Tästä valinnasta puolestaan aiheutuu se, että setelistön rakennemuutosennusteet ovat kohtuullisen luotettavia vain lyhyellä aikavälillä. Setelistön rakennemuutos lieneekin tekijä, joka sisältää suurimmat suhteelliset epävarmuudet koko ennustemenettelyssä.

Kolmas merkittävä epävarmuuden lähde on setelistön eliniän pituus. Setelistön painotarpeiden kannalta tämän suureen herkkyydellä on oleellinen merkitys: jos keskimääräinen elinikä laskisi puoleen, kasvaisi setelien painotarve kaksinkertaiseksi. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että edellä luonnehditulla tavalla lasketut eri setelilajien keskimääräiset eliniät ovat varsin vakaita. Alustavissa laskelmissa havaittiin, että muutamien eri vuosien perusteella lasketut eliniät poikkesivat keskiarvostaan selvästi alle 10 prosenttiyksikköä.

Metallirahalajien kysyntä- ja valmistustarve-ennusteisiin liittyvät epävarmuudet lienevät yleisesti ottaen ratkaisevasti pienemmät kuin setelilajien ennusteisiin liittyvät, edellä luonnehditut epävarmuustekijät.

### I.7. Ennustemenettelystä

Luonnosteltu kvantitatiivinen lähestymistapa liikkeessä olevien rahalajien valmistustarpeiden ennustamiseksi perustuu toteutuneen aikasarjatiedon analysointiin. Sen avulla saadut ennusteet heijastava ainoastaan toteutuneita kehityskulkuja. Tulevaisuudessa mahdollisesti ilmeneviä yllätyksellisiä tapahtumia on melko vaikea ottaa millään tavalla huomioon ennustekehikossa.

Jotta ennustekehikko palvelisi mahdollisimman hyvin ja luotettavasti käytännön päätöksentekoa ja suunnittelutyötä, on erittäin tärkeää, että toteutetaan käytännössä seuraavia järjestelyjä:

1. Ennusteiden tarkistuskierroksia käydään läpi varsin usein, tilanteesta riippuen ehkä 2 - 4 kertaa vuodessa
2. Kassaosaston ja setelipainon asiantuntemus käytännön ilmiöistä ja varastotilanteista sekä -politiikasta yhdistetään kvantitatiiviseen ennusteeseen. Tilaus- ja valmistuspäätökset tehdään synteesisinä ennustetuloksista ja käytännön tietämyksestä.
3. Jatkuva ennusteiden graafinen seuranta toteutetaan esim. kassaosastolla.

## II. Setelistön ja metallirahan valmistamistarpeen ennustaminen: sovellutus

### II.1. Yleistä

Suomen Pankissa suoritettava setelistön ja metallirahan ennustemallityö sai alkunsa käytännöllisistä tarpeista. Tällaisia tarpeita olivat toisaalta kassaosaston vuosittaisten raha-tilausten ennakointi ja toisaalta setelipainon tuotannon suunnittelun edellyttämät tuotteiden kysyntäennusteet. Mallityön tausta vaikutti oleellisesti itse työn suuntautumiseen. Keskeiseksi tavoitteeksi tuli laatia varsin pitkä - v. 1985 saakka ulottuva - ennuste setelilajien ja metallirahalajien valmistustarpeista vuositasolla. Varsinkin setelipainon kannalta oli tärkeää saada ennusteet nimen omaan kappalemäärien muodossa. Setelistön ja metallirahan kysynnän ja valmistustarpeiden vuoden sisäisellä ajoittumisella ei tässä vaiheessa katsottu olevan merkitystä.

Asetettujen tehtävien suorittaminen edellytti kunkin rahalajin liikkeessä olevan määrän ennustamista, setelistön ja metallirahan sisäisten rakenteiden muutosten arviointia sekä rahalajien elinikien määrittämistä. Seuraavassa kuvataan suppeasti ja käytännöllisestä näkökulmasta katsoen tehtävien suorittamisessa läpikäytyjä vaiheita.

### II.2. Seteli- ja metallirahalajien liikkeessä olevien määrien ennustaminen

Liikkeessä olevien setelien ja metallirahojen lajikohtaisten ennusteiden kehittämiseksi meneteltiin seuraavasti:

1. Ennustettiin liikkeessä olevan setelistön ja metallirahan kokonaismäärän käyttäytyminen.
2. Ennustettiin kunkin setelilajin ja metallirahalajin suhteellisen osuuden käyttäytyminen.
3. Jaettiin agregaattiennusteet lajikohtaisiksi ennusteiksi kohdissa 1 ja 2 määritettyjen ennusteiden avulla.

Liikkeessä olevan setelistön toteutuneen käyttäytymisen selittämiseksi kokeiltiin useita kymmeniä regressiomalleja, joissa käytettiin selittäjinä mm. nimellistä BKT:ta, erilaisia kulutuskäsitteitä sekä erilaisia hinta- ja määräindeksejä. Mallit estimoitiin mahdollisuuksien mukaan sekä vuosi- että neljännesvuosiaineistosta.



Lisäksi estimoitiin eri perusmallit sekä lineaarisina, logaritmisina että jossain määrin myös differenssimalliversioina. Yleisesti ottaen osoittautui, että lineaariset mallit kuvasivat toteutuneen aineiston käyttäytymistä parhaiten. Useista melko hyvin setelistön käyttäytymistä kuvaavista malleista valittiin ennustekäyttöön seuraavat kolme vuosidatasta estimoitua mallia (ennusteperiodi 1955 - 78).<sup>1.</sup>

- (1) 1.  $S = 381.8 + 0.020 \text{ BKT}$   
2.  $S = 316.0 + 0.040 \text{ C}$   
3.  $S = 124.1 + 0.029 \text{ C} - 0.011 \text{ C}(-1) + 0.60(S-1)$

joissa

S = setelistön kysyntä

BKT = nimellinen bruttokansantuote

C = yksityiset kulutusmenot

C(-1), S(-1) = suure viivästettynä yhdellä periodilla

Malleja sovellettiin ennustamisessa siten, että vuosille 1979 - 81 käytettiin ennusteena mallien ennusteiden keskiarvoa ja vuosille 1982 - 85 ensimmäisen mallin ennustetta<sup>2.</sup> Ennusteiksi saatiin

Taulukko 1: Liikkeessä oleva setelistö, mmk

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Liikkeessä oleva sete- listö, mmk	3400	3840	4290	4710	5150	5620	6150

1. Valintaperusteina olivat lähinnä normaalit ekonometriset testi-  
arvot, käyttötarkoitus (viiden vuoden vuosiennusteiden laati-  
minen) ja yksinkertaisuus (mm. sen vuoksi, että viiden vuoden  
ennusteiden teko monimutkaisilla malleilla arvioitiin vaikeaksi  
jo sen tähden, että pitkiä ennusteita on saatavissa vain kan-  
santalouden tilinpidon keskeisimmistä suureista).
2. Näin meneteltiin siksi, että v. 1979 - 81 oli käytettävissä  
koko huoltotase-ennusteet, mutta vuosille 1982 - 85 ei lainkaan  
ennusteita makrosuureista. Jälkiperiodin ennusteet saatiin  
olettamalla, että nimellinen BKT kasvaa 10 % vauhdilla vuosittain.

Setelistön kokonaiskysynnän jakamiseksi setelilajikohtaisiksi ennusteiksi tutkittiin setelilajien suhteellisten osuuksien käyttäytymistä. Kuukausiaineistosta, jota oli käytettävissä vain vuosilta 1975 - 78, todettiin yleispiirteenä, että 500 markan seteli korvaa jatkuvasti nopeasti 100 markan seteliä markkinoilla. Rakennemuutoksen ennustamiseksi estimoitiin em. kuukausiaineistosta kullekin setelilajille seuraavaa tyyppiä olevat autoregressiiviset mallit:

$$(2) \quad \frac{S_i}{S} = a + b_i \frac{S_i}{S} (-1)$$

jossa

$S_i$  = liikkeessä olevat setelilajin  $i$  setelit

Näiden mallien perusteella saatiin setelistön rakenteen ennusteeksi seuraavat suhteelliset osuudet<sup>1</sup>:

Taulukko 2: Setelilajien osuudet koko liikkeessä olevasta setelistöstä

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
500 mk	0.298	0.329	0.360	0.391	0.422	0.453	0.484
100 mk	0.493	0.469	0.445	0.421	0.397	0.373	0.349
50 mk	0.111	0.106	0.101	0.096	0.091	0.086	0.081
10 mk	0.076	0.074	0.071	0.069	0.066	0.064	0.061
5 mk	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018

Kun setelistön kokonaisennuste taulukossa 1 jaettiin setelistön rakenne-ennusteen mukaisesti eri setelilajeiksi, saatiin kunkin setelilajin liikkeessä olevien määrien ennusteiksi seuraavat määrät:

1. Mm. sen vuoksi, että estimointiperiodi oli datan puutteen takia hyvin lyhyt suhteessa ennustejaksoon, ei 500 ja 100 markan setelien korvautumisen uskottu voivan jatkua mallien osoittamaa vauhtia koko ennusteperiodin ajan, vaan oletettiin, että korvautuminen hidastuu v. 1979 jälkeen puoleen mallin ennustamasta.

Taulukko 3: Liikkeessä olevat setelit setelilajeittain, mmk

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
500 mk	1017	1272	1560	1864	2203	2576	3016
100 mk	1680	1800	1910	1980	2040	2100	2150
50 mk	377	407	433	452	469	483	498
10 mk	258	284	305	325	340	360	375
5 mk	68	77	82	89	98	101	111

Liikkeessä olevan metallirahan määrän käyttäytymisen menneisyydessä kuvasi hiukan yllättäen parhaiten puhdas autoregressio-malli, joka estimoitiin vuosiaineistosta periodilta 1965 - 79 ja joka sai seuraavan muodon<sup>1</sup>:

$$(3) M = 0.072 + 1.0687 M(-1)$$

jossa

M = liikkeessä olevan metallirahan määrä

(M-1) = liikkeessä olevan metallirahan määrä edellisellä periodilla

Mallin perusteella saatiin liikkeessä olevan metallirahan kokonaisuuden määrän ennusteiksi seuraavat määrät:

Taulukko 4: Liikkeessä oleva metalliraha, mmk

	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Liikkeessä oleva metalliraha yhteensä, mmk	379.9	406.1	434.1	464.0	496.0	530.2

Metallirahan sisäinen rakenne todettiin hyvin kiinteäksi koko em. estimointiperiodilla, joten sen odotettiin pysyvän vakiona myös ennusteperiodin ajan. Ennusteissa käytettiin seuraavia kolikkolajien suhteellisia osuuksia:

1. Yllättävää oli se, että puhdas autoregressiivinen malli oli noinkin pitkällä estimointiperiodilla parempi kuin mm. BKT- ja kulutusregressiomallit, jotka tosin myös olivat teknisessä mielessä hyviä malleja.

Taulukko 5: Metallirahalajien suhteelliset osuudet liikkeessä olevan metallirahan kokonaismäärästä

5 mk	0.07
1 mk	0.47
50 p	0.11
20 p	0.08
10 p	0.05
5 p	0.055

Kun kolikkojen suhteellisia osuuksia sovellettiin metallirahan kokonaisennusteeseen, saatiin eri kolikkolajien liikkeessä olevien määrien ennusteiksi seuraavan taulukon osoittamat määrät:

Taulukko 6: Liikkeessä olevat metallirahat lajeittain, mmk

	1980	1981	1982	1983	1984	1985
5 mk	26.6	28.4	30.4	32.5	34.7	37.1
1 mk	178.6	190.9	204.0	218.1	233.1	249.2
50 p	41.8	44.7	47.8	51.0	54.6	58.3
20 p	30.4	32.5	34.7	37.1	39.7	42.4
10 p	19.0	20.3	21.7	23.2	24.8	26.5
5 p	20.9	22.3	23.9	25.5	27.3	29.2

### II.3. Setelilajien eliniän määrittäminen

Jotta kunkin seteli- tai kolikkolajin liikkeessä olevista määristä markkamäärinä ilmaistuna päästään vastaaviin määriin kappalemäärinä ilmaistuna, täytyy liikkeessä olevat määrät markkamäärinä ilmaistuna jakaa kunkin lajin nimellisarvolla. Jotta puolestaan saadaan selville se, kuinka paljon on tuotettava uusia rahoja, että liikkeessä olevan rahan tarve tyydytettäisiin, on määritettävä kunkin rahalajin keskimääräinen elinikä .

Setelilajien eliniän määrittämiseksi laskettiin kunkin setelilajin liikkeessä olevien määrien kuukausihavainnoista liikkeessä olevien määrien vuosikeskiarvot. Saadut vuosikeskiarvot jaettiin vuoden aikana poltetuilla määrillä, jolloin tuloksena saatiin se, kuinka pitkässä ajassa liikkeessä oleva setelikanta kuluu keskimäärin loppuun, jos kulumisvauhti pysyy vakiona. Näin saatuja lukuja käytettiin setelilajien keskimääräisten elinikien estimaatteina. Kaavamuodossa eliniän laskenta voidaan esittää seuraavasti:

$$(4) \quad E = \frac{\sum_{i=1}^{12} S_{1i}}{S_1^x}$$

jossa

$\sum_{i=1}^{12} S_{1i}$  = setelilajin 1 liikkeessä olevien määrien kuukausihavainnoista laskettu vuosikeskiarvo

$S_1^x$  = setelilajin 1 poltettu määrä laskentavuonna

Eri setelilajien eliniät olivat laskelmien mukaan seuraavat:

Taulukko 7: Setelilajien keskimääräiset eliniät, vuotta

500 mk	5.41
100 mk	1.22
50 mk	0.67
10 mk	0.43
5 mk	0.27

Kolikkolajien eliniät voitaisiin laskea täysin vastaavalla tavalla kuin setelilajien eliniät, mutta tämä jätettiin suorittamatta, koska kolikoiden eliniät olisivat keskimäärin niin pitkät, ettei kulumisen kautta tulevalla valmistustarpeella ole oleellista merkitystä kolikoiden kokonaisvalmistustarpeeseen.

#### II.4. Setelien ja metallirahojen valmistustarve

Kunkin seteli- tai metallirahalajin liikkeessä olevista määristä kappalemäärinä ilmaistuna saadaan lasketuiksi lajikohtaiset valmistustarpeet vuodessa yksinkertaisesti jakamalla liikkeessä olevat määrät lajikohtaisilla elinikäestimaateilla, ts.

$$(5) \quad P(S_i) = \frac{S_i^0}{E_i}$$

jossa

$P(S_i)$  = setelilajin valmistustarve

$S_i^0$  = setelilajin i liikkeessä olevan määrän ennuste kappaleissa ilmaistuna

$E_i$  = setelilajin i elinikä

Tätä menettelyä soveltaen saatiin eri setelilajien valmistustarpeiksi vuosittain seuraavat määrät:

Taulukko 8: Setelilajien painotarpeet, milj. kpl

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
500 mk	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1
100 mk	13.8	14.8	15.7	16.2	16.7	17.2	17.6
50 mk	11.5	12.5	13.4	13.8	14.5	14.9	15.4
10 mk	60.0	66.0	70.9	75.6	79.1	83.7	87.2
5 mk	50.4	57.0	60.7	65.9	72.6	74.8	82.2

Edellä todettiin jo, että metallirahojen elinikä katsottiin niin pitkäksi, että poistumailmiöllä, jota elinikäkäsite kuvaa, ei arvioidu olevan merkittävää vaikutusta metallirahojen valmistustarpeeseen. Siten metallirahojen valmistustarpeiksi ennustettiin pelkästään ne määrät, joilla kunkin metallirahalajin liikkeessä oleva määrä vuosittain kasvaa. Kolikkolajien valmistustarve-ennusteet olivat siten.

Taulukko 9: Metallirahalajien valmistustarpeet, milj. kpl

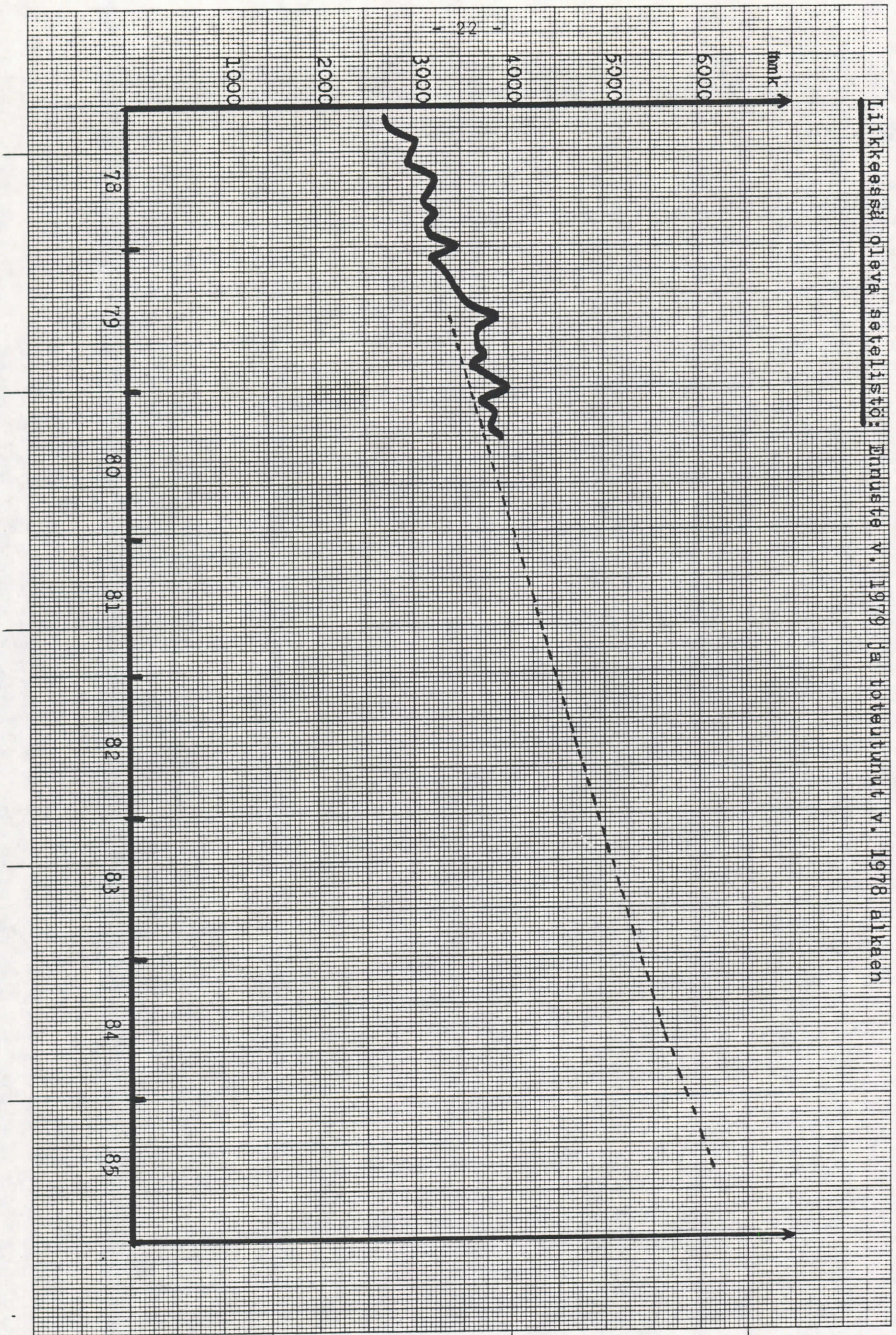
	1981	1982	1983	1984	1985
5 mk	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4
1 mk	12.3	13.1	14.1	15.0	16.1
50 p	2.9	3.1	3.2	3.6	3.7
20 p	2.1	2.2	2.4	2.6	2.7
10 p	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
5 p	1.4	1.6	1.6	1.8	1.9

Liite: Setelistön kysyntä: ennusteiden ja toteutuneen seuranta

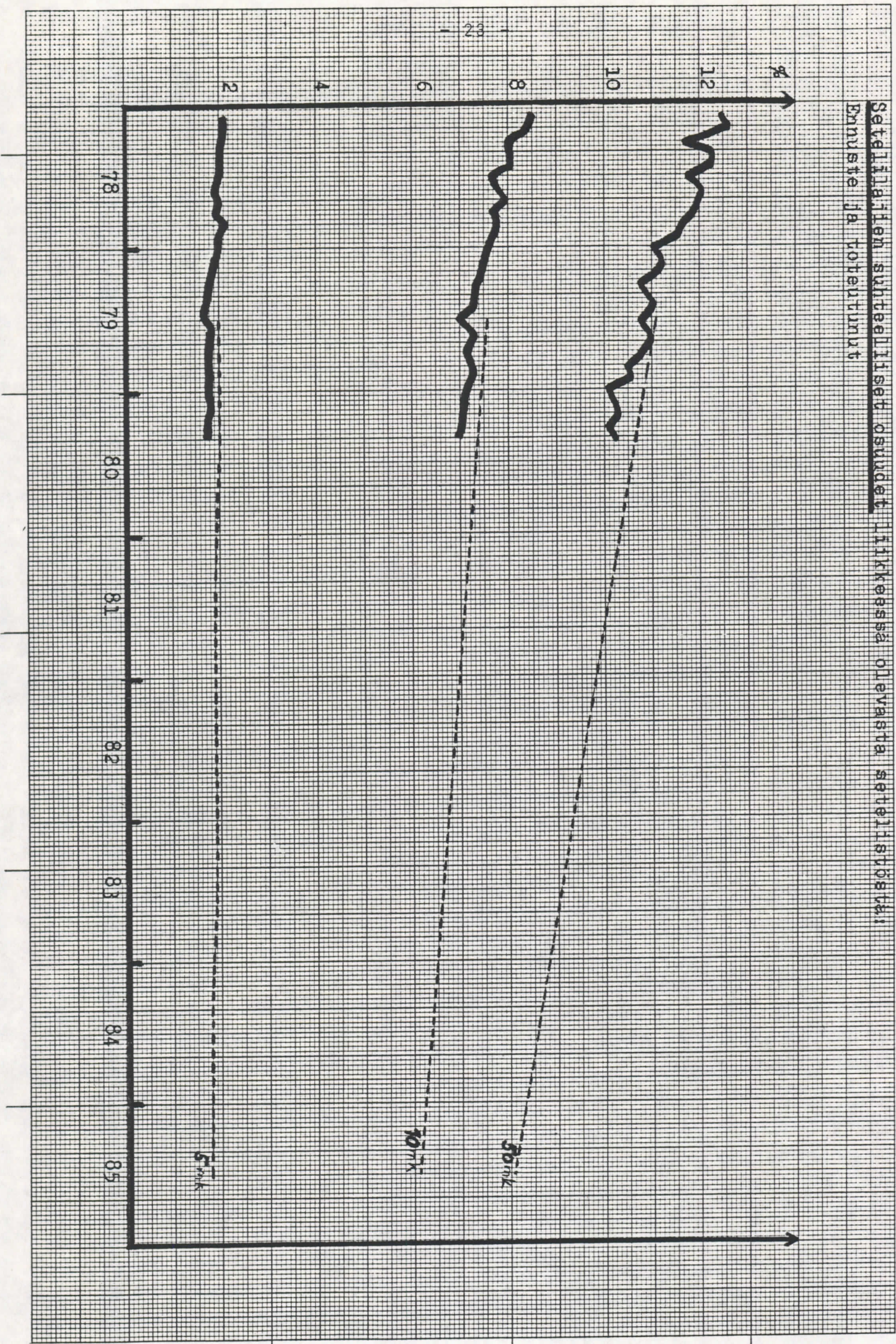
Ohessa esitetään kolme kuviota, joiden avulla jatkuvasti seurataan liikkeessä olevan setelistön ennusteiden toteutumista. Kun setelilajien elinikä oletetaan varsin vakaaksi, kuvastaa liikkeessä olevien määrien kehityksen vertailu suhteessa ennusteeseen varsin hyvin myös valmistustarve-ennusteiden paikkaansapitävyyttä.



**Liikeyssä oleva setelilisto: Druusfo v. 1979 ja toteutunut v. 1978 alkaen**



Setalilajien suhteelliset osuudet liikkeessä olevasta setelisuudesta.  
 Ennuste ja toteutunut



Satelliittien suhteelliset osuudet liikkessa olevasta satelliittista:  
 Piste ja toteutunut

