

Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin testaaminen epälineaaristen aikasarjamallien avulla¹

Carolina Sierimo

VTT, Tutkija

ETLA

Tiedotusvälineissä esitetään useita kertoja päivässä tulkintoja osakemarkkinoiden liikkeistä erilaisten uutisten johdosta. Sijoittajat seuraavat myös tarkasti taloustilastojen julkistamisia, sillä mikäli niissä esitetyt arviot talouden tilasta poikkeavat merkittävästi markkinoiden keskimääräisistä odotuksista, tämän tulisi teorian mukaan näkyä osakekurssien muutoksina. Odotusten mukaisilla, tai jo julkaistuilla tiedoilla ei sen sijaan pitäisi olla merkitystä, koska tehokkailla markkinoilla pörssikurssit reagoivat täysin ja viipeettä kaikkeen markkinoilla saatavilla olevaan informaatioon. (*Fama, 1970*)

Kun uusi informaatio koostuu ainoastaan osakkeen hinta- tai tuottohistoriasta puhutaan tehokkaiden markkinoiden heikosta ehdosta. Mikäli informaatio kattaa kaiken julkisesti saatavilla olevan informaation, puhutaan tehokkaiden markkinoiden puolivahvasta ehdosta. Jos käytettävissä on myös sisäpiirin informaatio-

tiota, puhutaan tehokkaiden markkinoiden vahvasta ehdosta.

Moderni tiede perustuu sille, että teorioita testataan empiirisesti. Empiirinen näyttö on teorioiden hyvyyden mittari. Rahoitusmarkkinatutkimus on tyypillisesti empiiristä tutkimusta, joka perustuu tilastollisiin menetelmiin. Tilastollisesti merkitsevät kertoimet osakkeiden hintojen käyttäytymistä kuvaavissa malleissa tarkoittavat sitä, että muutokset kyseisissä talouden tekijöissä ovat riskitekijöitä, jotka hinnoitellaan osakemarkkinoilla.

Aikaisemmissa Suomen osakemarkkinoita koskevissa tutkimuksissa on havaittu tilastollisesti merkitseviä autokorrelaatioita tuottoarjassa vastoin tehokkaiden markkinoiden hypoteesia. Tutkin muuttuuko tämä tulos kun otan huomioon aikasarjoissa havaitun epälineaarisuuden mm. osakemarkkinoille kohdistuvien shokkien pysyvyyttä tarkasteltaessa. Testaan myös, voidaanko tietoa kaupankäynnin vilkkaudesta hyödyntää tuottoja ennustettaessa. (*Karpoff, 1987*) Koska osakkeen hinta on sen tulevien osinkojen diskontattu summa, ja koska rahapolitiikalla vaikutetaan reaali-

¹ *Lectio praecursoria Helsingin Yliopistossa 7. kesäkuuta 2002.*

kehityksen kautta osinkojen nykyarvoihin, niin pyrin myös vastaamaan siihen, johtuuko usein havaittu, mutta odotusten vastainen negatiivinen riippuvuus reaaliisten osakehintojen ja inflaation välillä rahapolitiikan kireydestä.

Taloudessa havaitaan säännöllisesti toisiaan seuraavia nousu- ja laskusuhdanteita. Joskus muutokset ovat olleet niin rajuja, että talous on niiden vuoksi siirtynyt kokonaan uuteen regimiin. Mutta se, mikä ensisilmäyksellä näyttää rakennemuutokselta, voi myös johtua epälineaarisuudesta, jota voidaan mallittaa käyttämällä esim. tasaisen siirtymän mallia (STAR) tai vektoriarvoisia kätkeytyjä Markov-malleja (MS-VAR²). (Granger & Teräsvirta, 1993 ja Krolzig, 1997).

Osaketuotot ja kaupankäynnin volyyymi

Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin mukaan kaikki markkinoille tuleva uusi informaatio heijastuu välittömästi osakehintoihin. Tuotot, jotka saadaan hetken t ja $t-1$ hintojen erotuksena, ovat tällöin valkoista kohinaa. Empiiriset havainnot eivät kuitenkaan tue tätä hypoteesia: suuria hinnanmuutoksia tapahtuu usein päivinä, jolloin kauppaa käydään vilkkaasti. Kaupankäynnin volyymin ja tuottojen välillä havaittu positiivinen kausaalisuussuhde voi syntyä esim. seuraavasti: Jos markkinoille tulee uutta informaatiota, niin tämän tulisi näkyä muutoksina kaupankäynnin volyymissä. Mitä suurempi erimielisyys sijoittajien välillä vallitsee tämän informaation sisällöstä, sitä enem-

män kauppaa käydään ja absoluuttiset hinnanmuutokset ovat vastaavasti suuria. Jos uusi informaatio on julkista, se ei vaikuta odotettuihin tuottoihin, ja kaupankäynti jatkuu normaalilla tasolla. Täten tietoa kaupankäynnin vilkkaudesta voitaisiin hyödyntää tuottoja ennustettaessa. (Karpoff, 1987)

Aluksi tutkin, voidaanko Helsingin pörssin kaupankäynnin volyymin ja osaketuottojen välillä havaita riippuvuuksia. Jos riippuvuus löytyy, testaan onko se mahdollisesti epälineaarinen, ja jos on, se pyritään mallittamaan (Hiemstra & Jones, 1994). Nollahypoteesi osaketuotto- ja volyymisarjojen lineaarisuudesta hylätään, kun vastahypoteesina on STAR malli. Tuotto- ja volyymisarjassa havaitaan myös rakennemuutos elokuussa 1957 (39% devalvaatio), minkä vuoksi aineisto jaetaan kahteen osaan. Seuraavaksi aineistoon sovitetaan testien perusteella joko ESTAR, LSTAR tai STAR-GARCH malli.³ Jälkimmäisen mallin taustalla on ajatus siitä, että STAR malli ei yksin riitä aikasarjassa havaittavien epälineaarisuuksien mallintamiseen. Esimerkiksi tuottojen volatiliiteetti voi kasvaa taantumassa, mutta keskimääräiset tuotot ovat tällöin myös pienempiä.

Lineaarisen kausaalisuustestin perustella hinnanmuutokset vaikuttavat kaupankäynnin vilkkauteen ja päinvastoin. Kun kausaalisuutta testataan STAR mallien pohjalta, havaitaan, että muutoksia kaupankäynnin volyymissä voidaan käyttää vain harvoin hyväksi tuottoja ennustettaessa. Hinnanmuutokset näyttävät lisää-

² MS-VAR mallissa estimoitavat parametrit riippuvat ei havaittavasta regimimuuttujasta s_t , joka puolestaan kuvaa sitä, millä todennäköisyydellä kukin maailmantila toteutuu.

³ Bollerslev et al. raportoivat jo vuonna 1992 yli 300 tutkimusta, joissa varianssin vaihteluiden mallittamisessa on käytetty apuna ns. (G)ARCH mallia. (Bollerslev, T., Chou, R. & Kroner, K. (1992), ARCH modeling in finance. A review of the theory and empirical evidence. Journal of Econometrics, No. 52, pp. 5–59.)

vän pörssin kaupankäyntiä myös silloin kun ollaan lähellä pitkän aikavälin tasapainoa.

Koska impulssivastefunktio riippuu estimoitavan mallin parametreista ja eri regiimien variansseista ja kovariansseista, sen avulla on hyvä kuvailla estimoitujen epälineaaristen mallien ominaisuuksia kuten stabiilisuutta. Samalla pystytään arvioimaan shokkien pysyvyyttä osakemarkkinoilla. Epälineaaristen aikasarjojen tapauksessa prosessiin kohdistuvan shokin vaikutus riippuu nyt myös shokin koosta, etumerkistä, prosessin aikaisemmista havainnoista sekä siitä, minkälaisia shokkeja aikasarjaan kohdistuu tulevaisuudessa. (Potter, 2000, Ebrmann, Ellison & Valla, 2000) Shokit tuottosarjassa (1957/9–1997/11) eivät ole pysyviä, joten markkinat ovat tässä mielessä tehokkaat.

Voidaanko osakesijoituksilla suojautua inflaatiolta?

Koska investoijat suurella todennäköisyydellä yrittävät tasoittaa kulutuksensa vaihteluja yli ajan, osakesijoituksilta vaaditaan riskipremio kattamaan mahdollisesti tulevaisuudessa sijoituksesta aiheutuvat kurssitappiot. Tämä riski käsittää sekä korkoriskin (diskonttokorko, jota käytetään laskettaessa osakkeen tulevien osinkojen nykyarvoa) että riskin tulevasta inflaatiosta. Kasvavien inflaatio-odotusten pitäisi saada sijoittajat vaatimaan suurempaa riskipremiota sijoituksilleen, mikäli inflaatio syö osan heidän voitoistaan.

Lukuisissa empiirisissä tutkimuksissa on kuitenkin päädytty siihen, että osakemarkkinat kehittyvät huonosti sellaisina ajanjaksoina, joille on tyypillistä suuri inflaatio. Tälle ”säännöttömyydelle” on tarjottu useita selityksiä. Fama (1981) selitti osaketuottojen ja inflaation negatiivista korrelaatiota sillä, että sekä in-

flaatio että osakkeiden hinnat seuraavat reaalitalouden kehitystä. Tulevaisuuden kasvuodotukset nostavat osakkeen hintaa. Jos rahan tarjonnassa ei tapahdu muutosta, kasvaneet tuotanto-odotukset madaltavat myös inflaatiota. Kirjallisuudessa esitettyjen teoreettisten mallien pohjalta testaan seuraavia hypoteeseja: a) Mikäli rahapolitiikka on vahvasti myötäsyklistä, reaaliset osakekurssit ovat positiivisesti korreloituneet inflaation kanssa. b) Mikäli rahapolitiikka on heikosti myötäsyklistä tai vastäsyklistä, reaaliset osakekurssit ja inflaatio ovat negatiivisesti korreloituneita. (Bakshi & Chen, 1996, Patelis, 1997 ja Thorbecke, 1997)

Selittävänä muuttujana malleissa on Helsingin Pörssin yleisindeksi ajanjaksolta tammi-kuu 1920–joulukuu 1997. Selittävinä muuttujina malleissa on mukana mm. tiedot pörssin kaupankäynnin volyyymista (milj. mk), Suomen ja Saksan inflaatiosta (CPI), rahan määrästä taloudessa (M1), Suomen ja Saksan teollisuustuotannosta, Suomen Pankin konstruoima rahapolitiikan kireysindikaattori, pankkien lainananto yleisölle, pankkien keskuspankkirahoituksen marginaalikorko (%), valtion verollisen obligaation tuotto (4–5 vuotta), valuuttakurssi (USD, DEM) sekä kotimainen ja Saksan 3 kk korko. Tarkasteluperiodi on neljännesvuosiaineiston tapauksessa 1962/4–1998/3 sekä kuukausi-aineiston tapauksessa 1953/2–1998/11, 1973/2–1998/11 tai 1987/1–1996/12 riippuen siitä, mitä muuttujia malliin on otettu mukaan⁴.

⁴ Koska tutkimuksissa keskitytään nykyisin jopa pörssin päivän sisäisen vaihtelun selittämiseen, voidaan työssä käytettyä kuukausiaineistoa pitää tässä subteessa liian karkeana. Toisaalta makrotalouden kehitystä kuvaavat muuttujat raportoidaan edelleenkin lähinnä kuukausitasolla.

Koska tarkasteluajankohtana Suomi oli pieni avotalous, rahapolitiikan kireyttä mitattaessa on otettu huomioon myös valuuttakurssiregii-min muutokset ja vaihtotaseen yli- tai alijäämä. Kiinteän valuuttakurssin regiimissä ja pääoman siirtyessä helposti eri maiden välillä myös pankkien lainantarjonnalla on merkitystä rahapolitiikan toimivuuden kannalta. Suomen taloudessa tapahtui myös useita rakenteellisia muutoksia 1980- ja 1990-luvulla, kuten korkosäännöstelyn purkaminen, ulkomaisten pääomaliikkeiden vapauttaminen sekä siirtyminen kelluvien kurssien järjestelmään.

Rahapolitiikan regiimit identifioidaan aineistosta kätkettyjen Markov-mallien avulla. Tulokset osoittavat, että tuottojen ja inflaation välinen suhde Suomessa riippuu enemmän tarkasteltavan ajanjakson pituudesta kuin harjoitetusta rahapolitiikasta. Riippumatta siitä, mitä selittäviä muuttujia malliin on otettu mukaan, tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot tuottojen ja inflaation välillä ovat aina negatiivisia kuu-kausiaineiston tapauksessa, mutta suhde muuttuu positiiviseksi, kun tarkastelemme neljännesvuosiaineistoa. Heteroskedastisuuden mallintaminen ei muuta tuloksia olennaisesti, mutta osakkeisiin sijoittamalla voi suojautua inflaatiolta etenkin silloin, kun taloudessa ei esiinny suurempia häiriöitä.

Estimoiduissa Markov-malleissa hyödynnetään myös yhteisintegroituvuuden käsitettä, jotta voimme ottaa huomioon ne mekanismit, jotka pyrkivät palauttamaan taloutta takaisin kohden tasapainoa, jos kehitys erkaantuu shokkien tai talouspolitiikan vaikutuksesta pitkän aikavälin tasapainoilasta. Sijoituskohteiden hinnoittelussa pitkän aikavälin riippuvuus ilmenee siten, että lyhyen aikavälin kysyntätilanteen määräämän hintatason on ajan kuluessa palaututtava ns. fundamenttien määräämälle

uralle. Taloudellinen sopeutuminen voi olla myös sitä nopeampaa mitä kauempana tasapainosta ollaan. (*Franses ja van Dijk*, 2000)

Järvisen (2000) mukaan Suomen osake-markkinat reagoivat rahapolitiikan shokkeihin lyhyellä aikavälillä, mutta lähinnä reaalityökalouden shokkeihin pitkällä aikavälillä. Inflaatiohokeilla on myös suuri vaikutus osaketuottoihin. Kun lasken kätketyn Markov-mallin pohjalta impulssivastefunktioita, havaitsen, että tuotanto- ja rahapolitiikkashokit kuolevat markkinoilta reilussa vuodessa. Käytettäessä vaihtoehtoista rahapolitiikan kireysmittaria, eli keskuspankin pankeille myöntämän velan korkoa, osaketuotot reagoivat tuotanto- ja rahapolitiikkashokkeihin eri tavoin riippumatta siitä, missä rahapolitiikan regiimissä kulloinkin ollaan. Tämä vahvistaa aikaisemmat tulokset siitä, että shokkien alkuperällä on merkitystä. Osaketuotot sopeutuvat kuitenkin suhteellisen nopeasti (n. 3 kk) tasolle, joka vastaa niiden fundamentteja. Tässä mielessä osakemarkkinat ovat tehokkaat.

Lopuksi

Osakkeita koskevien tulevaisuuden odotusten takia pörssikurssit ovat hyvin herkkiä kaikenlaisille uutisille, ja niiden liikkeet voivat olla rajuja. Ihmisillä näyttää myös olevan taipumus ylireagoida kurssinousuihin ja laskuihin. Tulokseni vahvistavat tätä käsitystä. Niiden perusteella tietoa kaupankäynnin volyyminä voidaan käyttää vain harvoin hyväksi tuottoja ennustettaessa. Hinnanmuutokset näyttävät pikemminkin lisäävän pörssin kaupankäyntiä. Osakesijoitusten tuotto näyttää kuitenkin seuraavan inflaation kehitystä pitkällä aikavälillä ja varsinkin silloin, kun inflaation kasvu johtuu harjoitetusta rahapolitiikasta. Osakkeisiin sijoitta-

malla voi myös suojautua inflaatiolta silloin kun taloudessa ei esiinny suurempia häiriöitä.

Vaikka esitinkin edellä sofistikoituja epälineaarisia malleja hintojen vaihtelujen kuvaamiseksi, ja vaikka tuottoja pystyttäisiinkin ennustamaan, niin tehokkaiden markkinoiden hypoteesia ei kuitenkaan automaattisesti hylätä. Lopputulos voi riippua siitä, kuinka olen operationalisoinut tehokkaiden markkinoiden hypoteesin empiirisiä testejä varten.⁵ Lineaarisen mallin käyttäminen tehokkaiden markkinoiden hypoteesin testaamisessa voi kuitenkin vääristää tuloksia, mikäli tutkittavat aikasarjat ovat todellisuudessa epälineaarisia. Siksi epälineaarisuuden testaamisesta olisi hyvä tehdä tapa osakemarkkinoiden tehokkuutta tarkasteltaessa. □

Kirjallisuus

- Bakshi, G. & Chen, Z. (1996): Inflation, asset prices and the term structure of interest rates in monetary economies, *The Review of Financial Studies*, vol. 9, No. 1, pp. 241–275.
- van Dijk, D., T. Teräsvirta & P.H. Franses (2002): Smooth transition autoregressive models – A survey of recent developments, *Econometric Reviews*, vol. 21, pp. 1–47.
- Ehrmann, M., Ellison, M. & Valla, N. (2001): Regime-dependent Impulse Response Functions in a Markov-switching Vector Autoregression Model, *Bank of Finland – Discussion Paper*, No. 11.
- Fama, E. (1970): Efficient capital markets: A review of theory and empirical work, *The Journal of Finance*, No. 25, pp. 383–417.
- Fama, E. (1981): Stock returns, real activity, inflation and money, *The American Economic Review*, Sept., pp. 545–565.
- Franses, P. & van Dijk, D. (2000): *Non-linear time-series models in empirical finance*, Cambridge University Press.
- Granger, C. W. J. & Teräsvirta, T. (1993): *Modeling nonlinear economic relationships*, Oxford University Press.
- Hiemstra, C. & Jones, J. (1994): Testing for linear and nonlinear Granger causality in the stock price - volume relation, *The Journal of Finance*, vol. 49, No. 5, pp. 1639–1664.
- Järvinen, J. (2000): *Essays on Industry Portfolios and Macroeconomic News. Academic Dissertation*, University of Tampere, Department of Economics, Tampereen Yliopistopaino Oy Juvenes Print.
- Karpoff, J. (1987): The relation between price changes and trading volume: A survey, *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 22, No. 1, pp. 109–126.
- Krolzig, H.-M. (1997): *Markov-Switching Vector Autoregressions. Modeling, Statistical Inference and Application to Business Cycle Analysis*, Springer, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 454.
- Patelis, A. (1997): Stock return predictability and the role of monetary policy, *The Journal of Finance*, vol. 52, No. 5, pp. 1951–1971.
- Potter, S. (2000), Nonlinear impulse response functions, *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 24, No. 10, pp. 1425–1446.
- Thorbecke, W. (1997): On stock market returns and monetary policy, *The Journal of Finance*, vol. 52, No. 2., pp. 635–654.

⁵ Testi sisältää mm. oletuksen siitä, ettei kaupankäyntikutannuksia esiinny lainkaan.