TURUN YLIOPISTO
Kauppakorkeakoulu

Asunto-osakemarkkinan tehokkuus Suomessa

Taloustieteen
pro gradu -tutkielma

Laatija:
Waltteri Rintala

Ohjaaja:
Prof. Heikki Kauppi

12.12.2023
Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu tutkielma

Oppiaine: Taloustiede
Tekijä: Waltteri Rintala
Otsikko: Asunto-osakemarkkinan tehokkuus suomessa
Ohjaaja(t): Prof. Heikki Kauppi
Sivumäärä: 82 sivua + liitteet 2 sivua
Päivämäärä: 12.12.2023

Markkinoiden tehokkuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa sijoituskohteet saavat jokaisena ajanhetkenä niiden todellista arvoa heijastelevan hinnan, jolloin niiden tulevaisuuden hintaliikkeet ovat ennakoimattomia. Asuntomarkkinoilla tehokkuus ilmenee mahdottomuutena löytää markkinoilta ali- tai ylihinnoiteltuja asuntoja tai muita ajanhetkiä parempaa ostohetkeä. Asuntomarkkinan tehottomuudella on monia mielenkiintoisia ilmenemismuotoja asunnonostajan, sijoittajan ja politiikan toimijan näkökulmasta.

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena on antaa lukijalle kattava ymmärrys markkinoiden tehokkuuden teoriasta ja tämän implikaatioista asuntomarkkinoille sekä testata empiirisesti suomalaisen asuntomarkkinan tehokkuutta. Tutkielma sisältää teoriaosuudet klassiselle rahoitusmarkkinoiden tehokkuuteen liittyvälle kirjallisuudelle sekä asuntomarkkinoiden tehokkuutta käsittelevälle kirjallisuudelle. Tutkielman empiirisessä osuudessa testataan suomalaisen asuntomarkkinan keskivahvaa tehokkuutta tarkastelemalla asuntomarkkinatuottojen ennustettavuutta yksiöissä ja kaksioissa.

Empiirisen osuuden tuloksissa tuotoissa ilmenee selvää ennustettavuutta. Alueellisesti tuottoja ennakoiviksi muuttujiksi havaitaan alueen väestönkasvu ja asuntotarjonnan määrän muutos. Makrotaloudellisista muuttujista korko ja inflaatio näyttäytyvät ennustevoimaisina. Reaalitaloudellisilla muuttujilla sen sijaan ei havaita olevan yhteyttä tuottoihin. Epävarmempina tuloksina havaitaan yksiöiden suurempi tehokkuus kaksioihin verrattuna sekä tehokkuuden väheneminen makrotaloudellisesti epävakaina aikoina.

Avainsanat: Tehokkaat markkinat, asuntomarkkinat, asuntojen hintojen ennustettavuus

SISÄLLYS

1 Johdanto 9

2 Tehokkaat markkinat 11

2.1 Tehokkuuden määritelmä ja ilmeneminen 11

2.2 Satunnaiskulkuhypoteesi 14

2.3 Esimerkkejä tehottomuudesta 16

2.3.1 Alireagointi 17

2.3.2 Ylireagointi 17

2.3.3 Momentum 18

2.3.4 Mean reversion 18

2.3.5 Granger kausaalisuus 19

2.4 Rahoitusmarkkinoiden dynamiikka ja tehokkaiden markkinoiden mahdollisuus 19

2.5 Tehottomien markkinoiden dynamiikka 25

2.5.1 Informaation epätäydellinen hyödyntäminen 25

2.5.2 Informaation epärationaalinen hyödyntäminen 27

2.6 Tehokkuuden testaaminen ja empiirisiä tuloksia (osakemarkkinoilla) 31

2.6.1 Joint hypothesis -ongelma 31

2.6.2 Tuottojen riippumattomuus 31

2.6.3 Yksikköjuuritestit 33

2.6.4 Tuottojen kausittaisuus 34

2.6.5 Sijoitussääntöjen testaus 35

2.6.6 Granger kausaalisuus **Error! Bookmark not defined.**

2.6.7 Yhteenveto testeistä 36

3 Tehokkuus asuntomarkkinoilla 38

3.1 Asunnot vs. Rahoitusmarkkinat 38

3.2 Tehokkuuden mittaaminen asuntomarkkinoilla 40

3.2.1 Aineistojen ongelmat 40

3.2.2 Autokorrelaatiotutkimukset 41

3.2.3 Poikkileikkausaineiston tutkimus 42

3.2.4 Tuttojen ennustettavuus (keskivahva tehokkuus) 43

3.2.5 Hintasyklit 44

3.2.6 Kiinteistörahastot vs fyysiset asunnot 45

4 Tehokkuuden testaaminen alueellisilla indekseillä 47

4.1 Aineisto 47

4.2 Tuottojen laskeminen 49

4.3 Malli ja menetelmä 52

4.4 Tulokset ja keskustelu 54

5 Tehokkuuden maanlaajuinen testaaminen 60

5.1 Aineisto ja malli 60

5.2 Aineiston kuvailu 62

5.3 Tulokset ja keskustelu 63

6 Johtopäätökset 76

Lähteet 79

Liitteet 83

Liite 1. Alueellisen tarkastelun residuaalidiagnostiikkaa 83

KUVAAJAT

Kuvaaja 1. Alireagointi. Positiivinen informaatioshokki periodilla 14 17

Kuvaaja 2. Ylireagointi. Positiivinen informaatioshokki periodilla 14 17

Kuvaaja 3. Momentum. Hinta jatkaa nousuaan periodilla 40, vaikka positiivisia uutisia ei enää realisoidu 18

Kuvaaja 4. Mean reversion. Hinnat korreloivat positiivisesti lyhyellä aikavälillä ja negatiivisesti pidemmillä aikaväleillä 18

Kuvaaja 5, Informaatioshokin s_1=1 simuloitu keskimääräinen vaikutus hintaan kun \theta=\ 0 (voidaan ajatella jonkinlaiseksi mallin ennustamaksi IR-funktioksi) (Daniel ym. 1998) 28

Kuvaaja 6, Mallin impulssivaste 1 suuruiseen informaatioshokkiin eri momentum-treidaajien markkinoilla olo ajoilla j. ”Base”-kuvaaja kuvaa tilannetta, jossa markkinoilla on vain uutisten lukijoita. (Hong ja Stein 1999.) 30

Kuvaaja 7, Asuntosijoittamisen kumulatiiviset alueelliset tuotot. Kuvaajaan piirretty vertailukohdaksi myös Helsingin pörssin tuottoindeksi. 50

Kuvaaja 8, Asuntosijoittamisen kumulatiiviset alueelliset tuotot. Kuvaajaan piirretty vertailukohdaksi myös Helsingin pörssin tuottoindeksi. 50

Kuvaaja 9, Yksiöiden vuosittaiset ylituotot (yi, t) alueittain 51

Kuvaaja 10, Kaksioiden vuosittaiset ylituotot yi, t alueittain 51

Kuvaaja 11, Kumulatttiviset tuotot neljännesvuosittain 62

Kuvaaja 12, Ylituotot neljännesvuosittain 62

Kuvaaja 13, Pilkotut ylituotot 72

Kuvaaja 14, Residuaalit yksiöt fixed effects 83

Kuvaaja 15, Residuaalit kaksiot fixed effects 83

Kuvaaja 16, Residuaalit yskiöt poolattu 84

Kuvaaja 17, Residuaalit kaksiot poolattu 84

TAULUKOT

Taulukko 1, Tuottojen laskemiseen käytetyt muuttujat ja selittävät muuttujat 48

Taulukko 2, Tulokset yksiöt 55

Taulukko 3, Tulokset kaksiot 56

Taulukko 4, Tuottojen laskemiseen käytetyt muuttujat ja selittävät muuttujat neljännesvuosittain 61

Taulukko 5, AR-mallien selitysasteet ($\mathrm{R2}$) eri viipeillä 63

Taulukko 6, Regressiomallien selitysasteet ($R2$) eri viipeillä 65

Taulukko 7, Tulokset viipeellä yksi ($h = 1$) 66

Taulukko 8, Tulokset viipeellä kaksi ($h = 2$) 67

Taulukko 9, Tulokset viipeellä kolme ($h = 3$) 68

Taulukko 10, Regressiomallien selitysasteet ($R2$) eri sovitus- ja ennustusajanjaksoilla 73

1 Johdanto

Asuntojen hintaliikkeillä on suuri taloudellinen ja yhteiskunnallinen merkitys. Vaikka asuntovarallisuuden osuus kotitalouksien varallisuudesta on vuosien saatossa pienentynyt, on suurin osa kotitalouksien varallisuudesta yhä kiinni asunnoissa. Asuntojen ostot ovatkin useimmiten ihmisen suurimpia taloudellisia päätöksiä, joilla on merkittävä vaikutus hänen tulevaisuuden varallisuuteensa. Asuntojen hintaliikkeet myös ohjaavat suhdannevaihteluita ja ovat täten laajemman makrotaloudellisen mielenkiinnon kohteena. Asuntojen hintavaihtelut ovat tunnetusti ennakoiva indikaattori yleiselle taloudelliselle aktiivisuudelle ja saattavat jopa merkittävästi aiheuttaa suhdannevaihteluita (Leamer 2007, 2015).

Tehokkailla markkinoilla tarkoitetaan tilannetta, jossa sijoituskohteet saavat aina niiden todellista arvoa heijastelevan hinnan. Tehokkuus ilmenee oleellisesti sijoituskohteiden hintaliikkeiden ennakoimattomuutena. Tällöin hinta kehittyy satunnaisesti erilaisten taloudellisten shokkien ohjaamana ilman minkäänlaista säännönmukaisuutta. Tehottomilla markkinoilla hintaliikkeet puolestaan voivat käyttäytyä säännönmukaisesti, mikä tarjoaa valveutuneille sijoittajille mahdollisuuden tuottaa voittoa enemmän kuin markkina keskimäärin.

Asuntomarkkinan tehokkuus ja tämän implikoima hintaliikkeiden ennustettavuus onkin mielenkiintoinen ilmiö niin asunnonostajille, asuntosijoittajille, rakennuttajille kuin politiikan toimijoille. Kannattaako ensiasunnon osto ajoittaa? Mistä kaupungista tai kaupunginosasta sijoitusasunto kannattaa hankkia? Voiko asuntomarkkinakuplia ennustaa? Muun muassa näihin kysymyksiin asuntomarkkinan tehokkuuden tutkimus pystyy vastaamaan.

Tämä tutkielma tarkastelee asuntomarkkinan tehokkuutta perinteisen, osakemarkkinoilta paremmin tunnetun, informaatiotehokkuuden näkökulmasta. Työn teoriaosuudessa käydään ensin huolellisesti läpi markkinoiden tehokkuuden määritelmä ja implikaatiot perinteisessä rahoitusmarkkinoiden kontekstissa, esitellään tehokkaiden markkinoiden olemassaoloa käsittelevää kirjallisuutta sekä pohditaan eri teoreettisten mallien avulla mahdollisia tehottomia markkinoita ohjaavia dynamiikoita. Tämän jälkeen esitellään tehokkuuden mittaamisen menetelmiä ja näiden tuottamia tuloksia käsittelevää

kirjallisuutta. Lopuksi siirrytään analysoimaan tehokkuutta asuntomarkkinoiden kontekstissa ja esitellään empiirisiä tuloksia koskien asuntomarkkinoita.

Tutkielman kaksiosaisessa empiirisessä osuudessa testataan suomalaisen asuntomarkkinan keskivahvaa tehokkuutta. Ensimmäisessä osassa testataan yksiöiden ja kaksioiden tuottojen ennustettavuutta kaupunkikohtaisilla vuositason aikasarjoilla ja toisessa osassa maanlaajuisilla neljännesvuosittaisilla aikasarjoilla. Molemmat empirialuvut sisältävät asianmukaiset aineistojen ja menetelmien esittelyt.

2 Tehokkaat markkinat

2.1 Tehokkuuden määritelmä ja ilmeneminen

Klassisen määritelmän (Fama 1970) mukaan markkinat ovat tehokkaat, kun kaupankäynnin kohteena olevien hyödykkeiden tai arvopaperien hinnat heijastavat täysin (engl. ”fully reflect”) kaikkea saatavilla olevaa niiden arvonmuodostukseen vaikuttavaa informaatiota. Oletusta siitä, että markkinat toimisivat tehokkaasti, kutsutaan taloustieteen ja rahoituksen kirjallisuudessa tehokkaiden markkinoiden hypoteesiksi (engl. ”efficient market hypothesis” tai EMH).

EMH:n keskeisin seuraus sijoittajalle on, että hänen olisi mahdotonta hyödyntää yleistä informaatiota saavuttaakseen ylituottoa markkinoilla riippumatta siitä, kuinka hienostuneita päätelmiä tai mallinnuksia hän informaation pohjalta tekee markkinahinnan huomioidessa jo kaiken mahdollisen informaation. Minkäänlainen sijoitusstrategia tai arvopaperisalkun aktiivinen hallinta ei täten olisi kannattavaa toimintaa kaikkien sijoituskohteiden riskikorjattujen tuottojen ollessa odotusarvollisesti samat.

Yhteiskunnallisesti EMH:n merkitys näkyy pääoman hyödyntämisen tehokkuudessa. Tehokkaiden markkinoiden voidaan katsoa edustavan sosiaalista optimia, sillä EMH:n ollessa voimassa pääoma allokoituu oikeassa suhteessa eri käyttökohteiden välillä sen hinnan ja rajatuoton ollessa kaikkialla yhtä suuret. Myös markkinan tehottomuudesta aiheutuvat hintasyklit ja -kuplat esimerkiksi osakkeissa tai asunnoissa ja näiden mahdollinen suhdannevaihtelua voimistava vaikutus [1] (engl. ”financial accelerator”) ovat yhteiskunnallisesti mielenkiintoisia ilmiöitä.

EMH:ta käsiteltäessä tarkennetaan yleensä minkälaisen ”yleisen informaation” suhteen markkinat oletetaan tehokkaiksi. Tehokkuus jaotellaan pääsääntöisesti kolmeen kategoriaan sen mukaan, kuinka kattavaksi arvopaperien hintoihin heijastuva informaatio ajatellaan. Puhutaan niin sanotuista eri vahvuuksisista tehokkuuksista.

Heikosti tehokkailla markkinoilla arvopaperin hinta heijastelee vain sen omaa aiempaa hintakehitystä. Tämä tarkoittaa, että arvopaperin historiallisilla hinnoilla tai tuotoilla ei

[1] Kyseessä suuri tutkimusalue taloustieteessä, jota tutkielma ei valitettavasti käsittele juuri lainkaan. Kirjallisuutta esimerkiksi: Bernanke ym. (1998), Iacoviello (2005), Eusepi ja Preston (2011), Angeletos ym. (2018)

ole ennustevoimaa tulevaisuuden hintaan. Tällöin tuottojen aikasarjoissa ei ole minkäänlaisia autokorrelaatiota tai muunkaanlaista todennäköisyysrakennetta, joka saisi ne käyttäytymään ennustettavasti, vaan ne käyttäytyvät satunnaiskulun kaltaisesti. Heikosti tehokkaat markkinat rajaavat lähinnä pois erilaiset ”tekniseen analyysiin” nojaavat sijoitusstrategiat tehottomina, mutta mahdollistavat esimerkiksi erilaisiin makrotalouden tunnuslukuihin tai osakkeiden kohdalla yritysten tilinpäätösinformaatioon perustuvien strategioiden kannattavuuden.

Keskivahvasti tehokkailla markkinoilla kaikki julkinen informaatio on sitoutunut arvopaperien hintaan. Tällöin tavallisen sijoittajan olisi mahdotonta hyödyntää mitään saatavillaan olevaa tietoa saadakseen ylituottoa. Keskivahvoilla markkinoilla kattavin ja hienostuneinkaan tilastollinen menetelmä tai koneoppimismalli ei pystyisi julkisen informaation pohjalta tuottamaan markkinoita parempia ennusteita tulevaisuuden hinnoille. Ainoa tapa ”voittaa markkinat” olisi saada käsiinsä ei-julkista sisäpiiritietoa jostain arvopaperista, jota sen hinta ei vielä heijastaisi.

Vahvasti tehokkailla markkinoilla edes sisäpiiritiedolla ei ole ennustevoimaa arvopaperien hintoihin vaan kaikki mahdollinen informaatio on sitoutunut niiden hintoihin. Eli yksikään markkinoilla toimiva sijoittaja ei pystyisi missään olosuhteissa saavuttamaan systemaattista ylituottoa.

Formaalimmin tehokkuuden käsite yksittäiselle sijoituskohteelle voidaan muotoilla seuraavasti Faman 1970-luvun artikkelia mukaillen:

$$\mathrm{E}[p_{t+1}|\Phi_t] = (1 + E[r_{t+1}|\Phi_t])p_t \qquad (1)$$

Yhtälössä hetkellä t p on arvopaperin hinta, r sen tuotto ja Φ on informaatiojoukko, jonka suhteen markkina oletetaan tehokkaaksi. Yhtälö siis kuvaa, kuinka odotusarvollisen hinnan muutoksen täytyy tehokkailla markkinoilla muodostua odotusarvollisista tuotoista tai tuottovaatimuksesta $E[r_{t+1}|\Phi_t]$, kun nämä ehdollistetaan saman informaatiojoukon suhteen. Yhtälöstä on helppo nähdä, miten epäsuuruuden vallitessa markkinoilla olisi mahdollisuus arbitraasiin, kun hinnanmuutos ei heijastelisi täysin tuoton odotusarvoa.

Toinen tapa hahmottaa tehokkuuden määritelmää on mieltää se kuvaukseksi systemaattisen ylituoton hankkimisen mahdottomuudesta. Koska $\frac{p_{t+1}}{p_t} = r_{t+1} - 1$ seuraa määritelmästä, että

$$E[r_{t+1} - E[r_{t+1}|\Phi_t]|\Phi_t] = 0 \quad (2)$$

Ylituoton $r_{t+1} - E[r_{t+1}|\Phi_t]$ odotusarvon tulisi siis olla aina nolla, kun se ehdollistetaan nykyisen periodin informaatiolla. Fama konkretisoi tätä ajatusta paperissaan toteamalla, että jos a on mikä tahansa sijoitussääntö, jolla valitaan vektori painoja markkinan n kappaleelle sijoituskohteita, eli $a(\Phi_t) = [a_1(\Phi_t), a_2(\Phi_t), \dots a_n(\Phi_t)]$, jossa a_j antaa painon j:nennelle sijoituskohteelle, niin tämän strategian tuottamien periodittaisten ylituottojen

$$V_{t+1} = \sum_{j=1}^{n} a_j(\Phi_t)\left(r_{j,t+1} - E\left[r_{j,t+1}\middle|\Phi_t\right]\right) \quad (3)$$

odotusarvon $E[V_{t+1}|\Phi_t]$ täytyy olla nolla. Identiteetti antaa viitteen EMH:n testaamisen periaatteesta: jos on olemassa sellainen sijoitussääntö $a(\Phi_t)$, jolle $E[V_{t+1}|\Phi_t] \neq 0$, on tämä selvästi ristiriidassa tehokkuuden kanssa. Portfolion painojen vektorin voi ajatella yksinkertaisimmillaan sisältävän vain käteisen ja osake- tai asuntoindeksin. Tällöin identiteetti toteaisi vain sen, että sijoittajalla ei tulisi tehokkailla markkinoilla olla kykyä ennakoida indeksin kehitystä ja muuttaa käteispainoaan tämän perusteella.

Markkinan dynamiikan voisi Faman tehokkuusmääritelmän mukaan ajatella toimivan niin, että joka periodi t realisoituu uusi informaatiojoukko Φ_t, joka määrittää tulevaisuuden hinnan odotusarvon $E[p_{t+1}|\Phi_t]$ sekä tuottovaatimuksen $E[r_t|\Phi_t]$ ja nykyhetken hinta p_t määräytyy välittömästi näiden pohjalta tasapainottaen yhtälön.

Φ_t:n realisoitumisen voi ajatella jonkinlaisina uutisina koskien sijoituskohteen arvoa. Esimerkiksi uudet tiedot makrotalouden tilasta, yhtiön tilinpäätöksestä, ihmisten kulutuspreferensseistä tai sijoituskohteeseen vaikuttavista politiikkatoimista voisivat kuulua informaatiojoukkoon (keskivahvaa tehokkuutta tarkasteltaessa). Rahoituskirjallisuudessa termillä uutiset (engl. ”news”) usein viitataan juuri prosessiin, jossa uutta informaatiota tulee markkinoille.

Jos sijoituskohteesta realisoituu periodittainen tulo, esimerkiksi osinko, kuponkikorko tai asuntojen tapauksessa vuokra, saa tehokkaiden markkinoiden määritelmä muodon

$$E[p_{t+1} + d_{t+1}|\Phi_t] = (1 + E[r_{t+1}|\Phi_t])p_t \quad (4)$$

jossa d kuvaa periodittaista tuloa. Ratkaisemalla hinnan ja sijoittamalla tätä rekursiivisesti takaisin yhtälöön saamme yhteyden nykyhetken hinnan ja tulevien tulovirtojen välille.

$$p_t = \frac{E[p_{t+1}|\Phi_t]}{(1+E[r_{t+1}|\Phi_t])} + \frac{E[d_{t+1}|\Phi_t]}{(1+E[r_{t+1}|\Phi_t])}$$

$$= \frac{E\left[\frac{E[p_{t+2}|\Phi_{t+1}]}{(1+E[r_{t+2}|\Phi_{t+1}])} + \frac{E[d_{t+2}|\Phi_{t+1}]}{(1+E[r_{t+2}|\Phi_{t+1}])}\middle|\Phi_t\right]}{(1+E[r_{t+1}|\Phi_t])} + \frac{E[d_{t+1}|\Phi_t]}{(1+E[r_{t+1}|\Phi_t])}$$

$$= \frac{E[p_{t+2}|\Phi_t]}{(1+E[r_{t+2}|\Phi_t])(1+E[r_{t+1}|\Phi_t])} + \frac{E[d_{t+2}|\Phi_t]}{(1+E[r_{t+2}|\Phi_t])(1+E[r_{t+1}|\Phi_t])} + \frac{E[d_{t+1}|\Phi_t]}{(1+E[r_{t+1}|\Phi_t])}$$

$$= \cdots$$

$$= \sum_{k=1}^{h} \frac{E[d_{t+k}|\Phi_t]}{\prod_{n=1}^{k}(1+E[r_{t+n}|\Phi_t])} + \frac{E[p_{t+h}|\Phi_t]}{\prod_{n=1}^{h}(1+E[r_{t+n}|\Phi_t])} \quad \forall h \in Z^+$$

$$= \sum_{k=1}^{\infty} \frac{E[d_{t+k}|\Phi_t]}{\prod_{n=1}^{k}(1+E[r_{t+n}|\Phi_t])} \tag{5}$$

Tehokkailla markkinoilla sijoituskohteen hinnan tulisikin olla siis tulevien tulovirtojen eri periodien tuottovaatimuksilla diskontattu arvo, kun odotukset näistä on muodostettu vallitsevan informaatiojoukon pohjalta. Sijoituskohteen hinnan tulisi siis jokaisena ajanhetkenä heijastella tämän koko tulevaisuuden generoimia tulovirtoja, kun odotukset näistä on muodostettu rationaalisesti.

On huomattava, että klassisessa muodossaan tehokkuuden määritelmä koskee vain tuottojen ja hinnan odotusarvoja, eikä ota kantaa näiden variansseihin, tai laajemmin näiden todennäköisyysjakaumien muotoon. Esimerkiksi tilanne, jossa kahden arvopaperin tuottojen varianssi on erisuuri mutta näiden hintamuutoksen odotusarvo yhtä suuri, ei itsessään ole ristiriidassa tehokkuuden kanssa.

2.2 Satunnaiskulkuhypoteesi

EMH:n yhteydessä puhutaan usein myös niin sanotusta satunnaiskulkuhypoteesista (engl. ”random walk hypothesis” tai RWH), jonka mukaan arvopaperien hinnat noudattavat

satunnaiskulkuprosessia ja hintamuutokset ovat täten ennustamattomia. Hypoteesien yhteys syntyy siitä, että tehokkailla markkinoilla hintamuutoksen koko historiansa suhteen ehdollistettu odotusarvo täytyy olla tuottovaatimuksen suuruinen, eli hinnan aikasarjan, josta on eliminoitu tuottovaateen trendi, tulisi olla martingaali ja täten ainakin odotusarvomielessä satunnaiskulun kaltainen.

Formaalisti tämä voidaan näyttää manipuloimalla tehokkaiden markkinoiden määritelmä regressiotyyliseen muotoon:

$$E[p_{t+1}|\Phi_t] = (1 + E[r_t|\Phi_t])p_t$$

$$\frac{E[p_{t+1}|\Phi_t] - p_t}{p_t} = E[r_t|\Phi_t]$$

$$E\left[\frac{\Delta p_t}{p_t}\middle|\Phi_t\right] = E[r_t|\Phi_t]$$

$$\frac{\Delta p_t}{p_t} = E[r_t|\Phi_t] + \varepsilon_{t+1} \qquad (6)$$

jossa ε_t on virhetermi, jolle pätee $E[\varepsilon_{t+1}|\Phi_t] = 0 \quad \forall\, t$ ja täten $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t+k}) = 0 \quad \forall\, t, k$, mutta jolla voi olla riippuvuusrakenteita menneisiin realisaatioihinsa korkeammissa momenteissa esimerkiksi osakemarkkinoille tyypillisen volatiliteetin klusteroitumisen muodossa. On huomattava myös, että vaikka $Cov(\mathrm{E}[r_t|\Phi_t],\ \varepsilon_{t+1}) = 0$, tuotto-odotusten ja virhetermin ei tarvitse olla riippumattomia vaan ne voivat olla esimerkiksi CAPM:n ennustamassa GARCH-in-mean -tyylisessä yhteydessä.

Erityisesti EMH:n alkuaikoina (esim. Granger ja Morgenser 1963; Fama 1970) satunnaiskulkuhypoteesilla viitattiin sen ”vahvaan” muotoiluun, jossa innovaatiot ε_t ovat riippumattomia ja samoin jakautuneita. Myöhemmät empiiriset tutkimukset ovat kuitenkin käytännössä kumonneet oletuksen ja osoittaneet osaketuottojen muodostuvan ehdollisen heteroskedastisuuden vallitessa (ks. esim. Poon ja Granger 2003 katsausartikkeli varianssin mallintamisen historiasta osakemarkkinoilla). Nykyisin RWH:ta käytetäänkin usein laveammin kuvaamaan heikon tehokkuuden implikoimaa tuoton odotusarvon riippumattomuutta viivästetyistä arvoistaan (martingaaliominaisuus).

Pitkällä aikavälillä tehokkailla markkinoilla hinnan aikasarjan tulisi olla eksponentiaalisella trendillä varustettu satunnaiskulkuprosessi. Lyhyillä aikaväleillä, esimerkiksi osakkeiden päiväkohtaisissa aineistoissa, voidaan tuottovaateen ajatella

olevan merkityksettömän pieni, jolloin aikasarjan voi olettaa nollaodotusarvoiseksi. Oletuksella on etunsa EMH:n testaamisen näkökulmasta (ks. joint hypothesis -ongelma luku 2.5).

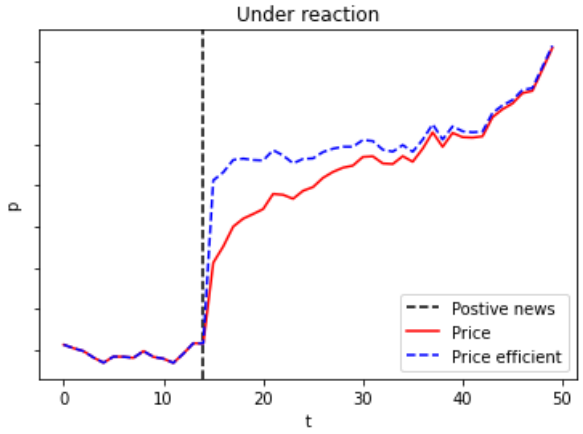
Satunnaiskulku on jossain mielessä tehokkuutta voimakkaampi olettama, sillä tehokkailla markkinoilla hinnan ja tuottojen kehityksen ei välttämättä tarvitse olla täysin satunnaista, kunhan minkäänlainen sijoitusstrategia ei pysty hyödyntämään hintakehityksen systemaattista luonnetta. Esimerkiksi transaktiokustannusten tai sääntelyn takia maltillinen poikkeama täydestä satunnaisuudesta ei välttämättä luo arbitraasimahdollisuutta markkinoille.

Teoreettisesti olisi mahdollista, että satunnaiskulkuhypoteesi olisi voimassa silloin, kun markkinat eivät ole tehokkaat. Tämän kuitenkin tarkoittaisi sitä, että markkinoilla systemaattisesti jätettäisiin tiettyä osaa informaatiosta hyödyntämättä tai sitä tulkittaisiin väärin. Tällöin hinta voisi erkaantua mielivaltaisen paljon tehokkaiden markkinoiden ennustamasta tasapainosta ilman, että tämä lisäisi hinnan korjausliikkeen todennäköisyyttä, sillä kaikenlainen konvergoituminen kohti tehokkuutta olisi ristiriidassa satunnaiskulun kanssa. Hintojen satunnaiskulkumaista käytöstä pidetäänkin yleisesti merkkinä markkinan tehokkuudesta.

2.3 Esimerkkejä tehottomuudesta

Tässä kappaleessa esitellään esimerkkitilanteita ja käsitteitä liittyen tehottomiin markkinoihin. Kaikkiin tässä luvussa esitettäviin asioihin palataan vielä myöhemmin tutkielman teoreettista ja empiiristä kirjallisuutta käsittelevissä osioissa, eikä luvun tarkoitus ole selittää asioita syvällisesti vaan antaa intuitiota, miten tehokkuus ja tehottomuus käytännössä ilmenevät.

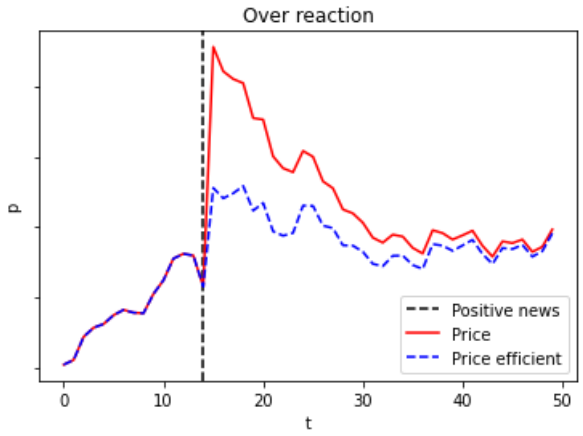
2.3.1 Alireagointi



Kuvaaja 1. Alireagointi. Positiivinen informaatioshokki periodilla 14

Tehokkailla markkinoilla hinta reagoi välittömästi ja oikeasuhtaisesti uutisiin. Alireagoinnilla tarkoitetaan ilmiötä, jossa ensireaktio uutisiin on liian pieni ja markkinalla kestää ”imeyttää” uutisten informaatio hintaan luoden autokorrelaatiota tuottoihin.

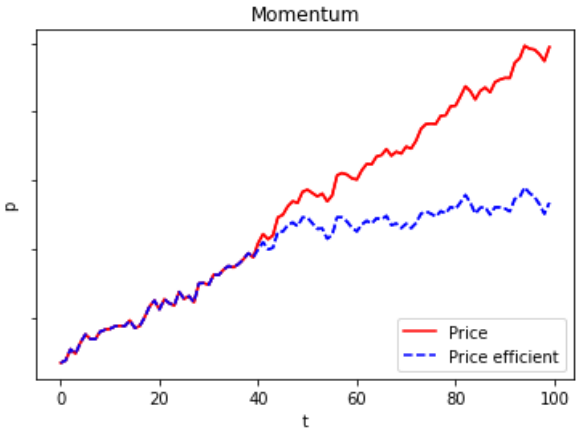
2.3.2 Ylireagointi



Kuvaaja 2. Ylireagointi. Positiivinen informaatioshokki periodilla 14

Alireagoinnin vastakohta. Ylireagoinnissa markkinat ensin liioittelevat hinnoittelussaan uuden informaation vaikutusta ja myöhemmin palaavat kohti tehokasta tasapainoa luoden autokorrelaatiota.

2.3.3 Momentum



Kuvaaja 3. Momentum. Hinta jatkaa nousuaan periodilla 40, vaikka positiivisia uutisia ei enää realisoidu

Momentumilla tarkoitetaan lyhyen aikavälin tuottojen voimakasta autokorrelaatiota. Tavanomaisesti tällä viitataan tilanteeseen, jossa arvopaperille on realisoitunut sarja positiivisia uutisia, jolloin sijoittajat alkavat muodostaa arvostuksiaan tulevaisuuden hinnasta ekstrapoloiden voimassa olevaa trendiä, jolloin hinta erkaantuu sen tehokkaasta tasapainosta.

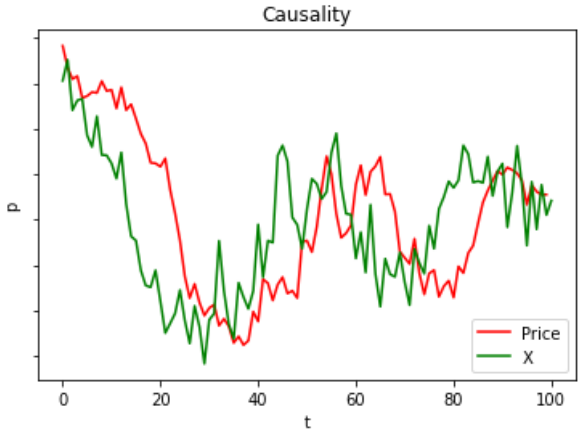
2.3.4 Mean reversion

Kuvaaja 4. Mean reversion. Hinnat korreloivat positiivisesti lyhyellä aikavälillä ja negatiivisesti pidemmillä aikaväleillä

Keskiarvoon palautumisella (engl. ”mean reversion”) tarkoitetaan ilmiötä, jossa tuotot ovat lyhyellä aikavälillä positiivisesti autokorreloituneita, mutta pidemmillä aikaväleillä

negatiivisesti korreloituneita. Eli hinta osoittaa ajoittaista momentumia, mutta palaa aina takaisin kohti tehokasta tasapainoaan.

2.3.5 Granger kausaalisuus



Vahvan tehokkuuden vallitessa millään muuttujalla ei pitäisi olla ennustevoimaa arvopaperien hintoihin. Niinpä, jos jokin muuttuja X Granger-aiheuttaa arvopaperin hintamuutosta, on tämä selvästi ristiriidassa tehokkuuden kanssa, sillä tällöin $E[r_{t+1} - E[r_{t+1}|\Phi_t]|X_{t-h}] \neq 0$ jollekin h:lle.

2.4 Rahoitusmarkkinoiden dynamiikka ja tehokkaiden markkinoiden mahdollisuus

Taloustieteen ja rahoituksen kirjallisuudessa on pohdittu paljon, millaiset edellytykset tehokkaat markkinat vaatisivat toimiakseen. Mielenkiinto on kohdistunut myös laajemmin siihen, millainen teoreettinen dynamiikka markkinoita pohjimmiltaan ohjaa ja kuinka tehokkaisiin markkinoihin tämä johtaa. Nykyisin ajatellaan usein, että täydellinen tehokkuus vaatisi tiukat ja reaalimaailmassa liian idealistiset ehdot ollakseen voimassa.

Fama (1970) luettelee alkuperäisessä tehokkaat markkinat määrittelevässä artikkelissaan tehokkaita markkinoita ylläpitäviksi riittäviksi ehdoiksi kaupankäynnin ilman transaktiokustannuksia, informaation maksuttoman saatavuuden kaikille markkinan toimijoille ja markkinatoimijoiden yhteisymmärryksen informaation vaikutuksista hintoihin, mutta toteaa että tehokkaat markkinat olisi mahdollista saavuttaa suppeammillakin oletuksilla. Esimerkiksi transaktiokustannukset eivät välttämättä olisi

ristiriidassa tehokkuuden kanssa, sillä kauppojen tapahtuessa realisoitusi niissä kohteelle oikean suuruinen hinta transaktiokustannuksista huolimatta, mikäli toimijat ovat rationaalisia.

Grossman ja Stiglitz (1980) muotoilevat kuuluisassa artikkelissaan teoreettisen mallin, jossa informaation hankkimisella on kustannus, ja osoittavat, että täydellisten markkinoiden mukainen tasapaino ei ole mallissa mahdollinen. Intuitiivisesti tasapainon mahdottomuus johtuu siitä, että informaation hankkimisen hyöty olisi tasapainossa nolla, mutta tätä tulisi kuitenkin tapahtua, jotta markkina pysyisi tehokkaana. Tasapainon kannalta olisi siis välttämätöntä, että sijoittajilla olisi kannustin informaation hankkimiseen, mutta tehokkailla markkinoilla näin ei ole. Mallissa markkina kuitenkin pysyy hyvin lähellä tehokasta tilaa, sillä liika erkaantuminen tasapainosta antaisi sijoittajille suuren kannustimen informaation hankkimiseen ja markkinan ohjaamiseen kohti tehokkuutta.

Vaikka informaation hankkiminen olisi täysin ilmaista, on markkinoiden silti mahdollista päätyä tehottomaan tasapainoon, jos riittävän suuri osa kaupankäyjistä ei pysty tulkitsemaan informaatiota oikein tai käy kauppaa sellaisten tietojen pohjalta, joilla ei todellisuudessa ole vaikutusta kohteen arvoon. Tällöin puhutaan niin sanotusta noise tradingistä. Termin popularisoi Fischer Black vuoden 1985 esseessään korostaen noise tradingin keskeistä merkitystä toimivien rahoitusmarkkinoiden mahdollistajana ja näiden likviditeetin turvaajana.

Noise trading -hypoteesin taustalla on ajatus siitä, että rationaalisesti oikean informaation varassa kauppaa käyvät toimijat eivät välttämättä kykene hyväksikäyttämään kaikkea noise trader -sijoittajien markkinoille luomaa arbitraasia. Rationaaliset sijoittajat eivät riskiaversiivisina välttämättä sijoita tarpeeksi suuria summia arbitraasia vastaan tai sijoitushorisontin ollessa rajallinen pelkäävät, ettei arbitraasi ehdi välttämättä poistua ja hinta palautua tasapainoon tarpeeksi ajoissa noise trader -sijoittajien toimien vuoksi (engl. ”noise trader risk”). Noise trading -mallilla voidaankin selittää esimerkiksi, miksi arvopaperien hinnat eivät noudata satunnaiskulkua vaan keskiarvoon palaavaa (engl. ”mean reverting”) prosessia noisen varassa sijoittavien ihmisten uskomusten muodostuessa stationaarisen prosessin seurauksena (esim. De Long ym. 1990).

Perinteisempien mallien lisäksi nykyisin on yleistä kuvata sijoittajien toimintaa erilaisilla behavioristiseen taloustieteeseen ja rahoitukseen nojaavilla malleilla. Näissä tarkastellaan

yleensä kysymyksiä siitä, mikä ylipäätään motivoi ihmisiä käymään aktiivista kauppaa indeksisijoittamisen sijasta, miten ihmiset tällöin valitsevat portfolionsa, ja millaisia vaikutuksia tällä on koko markkinan toiminnalle. Behaviorististen tutkimusten motivaattorina on pitkälti toiminut pyrkimys selittää rahoitusmarkkinoilla esiintyviä anomalioita, eli tehokkuuden kanssa ristiriidassa olevia ennustettavia piirteitä arvopaperien hinnanmuodostuksessa.

Keskeisimpiä perinteisen osakemarkkinaan keskittyvän tehokkuustutkimuksen havaitsemia anomalioita ovat muun muassa:

- Momentum, eli tuottojen voimakas positiivinen autokorrelaatio lyhyellä aikavälillä (usein määriteltynä noin 6kk -12kk) (esim. Jegadeesh ja Titman 1993; Fama ja French 2012; Moskowitz ym. 2012)

- Hintojen palautuminen trendiinsä pitkällä aikavälillä (eng. ”mean reversion”). Lyhyiden aikavälien tuotoissa on negatiivista autokorrelaatiota pitkillä viiveillä. Eli hyvin tuottaneen ajanjakson jälkeen on lähitulevaisuudessa todennäköistä havaita huonosti tuottava periodi ja päinvastoin. (esim. Poterba ja Summers 1988; Balvers ym. 2000; Sewell 2012; Moskowitz ym. 2012)

- Liiallinen volatiliteetti. Arvopaperien hintamuutosten varianssi on suurempaa kuin sen pitäisi olla EMH:n ennustamassa tilanteessa, jossa sijoituskohteiden hinnat muodostuvat yksinkertaisena ehdollistettuna odotusarvona tulevaisuuden diskontatuista tuotoista (esim. Shiller 1981; Giglio ja Kelly 2018).

- Price-to-book ja price-to-earnings -anomaliat. Osakkeiden tuottojen on havaittu olevan sitä suurempia, mitä ”halvempia” ne ovat P/E- ja P/B-suhteilla mitattuna. Korkean arvostustason osakkeissa tulevaisuuden tuottojen kasvua siis systemaattisesti yliarvioidaan näiden saadessa liian korkean hinnan markkinoilla. (esim. Fama 1993.)

Osakemarkkinan tehokkuustutkimuksessa on lisäksi havaittu lukuisia enemmän ja vähemmän tunnettuja anomalioita kuten erilaiset kalenterianomaliat ja yhtiökohtaisiin ilmoituksiin liittyvät anomaliat, jotka kyseenalaistavat EMH:n.

Behavioristisen rahoituksen mallit – kuten kaikki behavioristiset mallit – keskittyvät kuvaamaan sijoittajien päätöksentekoa ja uskomusten muodostusta rikkaammin ja

tarkemmin kuin perinteiset rationaalisen agentin optimointiongelmaan perustuvat mallit. Mallien oletusten taustalla on yleensä tunnettuja ihmisten päätöksentekoon vaikuttavia kognitiivisia harhoja (engl. ”cognitive bias”) ja ne sisältävät usein Bayesilaisen kuvauksen ihmisten uskomusten päivittymisestä uuden informaation myötä (engl. ”bayesian updating”).

Keskeisiä behavioristisessa kirjallisuudessa esiintyviä sijoitustoimintaan liittyviä kognitiivisia harhoja ovat muun muassa:

- Konservatismi (engl. ”conservatism”) (Edwards 1968), joka viittaa ihmisten uskomusten liian hitaaseen päivittymiseen uuden informaation valossa verrattuna täyteen rationaalisuuteen.

- Ankkuroituminen (engl. ”anchoring bias”) (Tversky ja Kahneman 1974), joka viittaa ilmiöön, jossa ihmiset päivittävät uskomuksiaan vajavaisesti uuden informaation pohjalta niin, että uskomuksissa on harhaa kohti jonkinlaista alkuarvoa, jonka pohjalta uskomukset ensi kertaa muodostuivat.

- Edustavuusheuristiikka (engl. ”representativeness heuristic”) (Tversky & Kahneman 1974), joka tarkoittaa ihmisen taipumusta todennäköisyysmielessä yliarvioida ilmiön tai kohteen samanlaisuutta aiempiin samantyylisiin havaintoihin tai jonkinlaiseen mentaaliseen edustavaan havaintoon. Tämän kenties keskeisin seuraus rahoitusmarkkinoille on sijoittajien taipumus nähdä trendejä ja muita säännönmukaisuuksia satunnaisessa datassa.

- Yliluottamusharha (engl. ”overconfidence bias”) (Oskamp 1965), joka viittaa ihmisen taipumukseen yliarvioida omat taitonsa ja aliarvioida omiin päätöksiinsä liittyvät riskit. Rahoituskirjallisuudessa tällä viitataan usein ilmiöön, jossa sijoittajat yliarvioivat kykynsä hyödyntää saamansa uuden informaation koskien arvopaperia ja toimivat epärationaalisen voimakkaasti tämän pohjalta.

- Itsearvottamisharha (engl. ”self-attribution bias”) (Bem 1965), joka viittaa ihmisten taipumukseen päivittää uskomuksiaan omista kyvyistään irrationaalisesti niin, että omia aiempia tekojaan puoltavan maailmantilan realisoituminen vahvistaa luottamusta omiin kykyihinsä enemmän kuin aiemmat teot huonoksi osoittavan maailmantilan realisoituminen niitä heikentää. Ihmiset

siis jossain mielessä uskovat hyvien asioiden tapahtuvan kykyjensä seurauksena ja huonojen asioiden epäonnen tai muiden olosuhdetekijöiden takia.

- Vahvistusharha (engl. ”confirmation bias”), joka viittaa ihmisen tendenssiin etsiä ja tulkita uutta informaatiota niin, että tämä vahvistaa hänen aiempia uskomuksiaan, ja jättää huomiotta omien uskomuksiensa kanssa ristiriidassa olevaa informaatiota.

Intuitiivisesti on helppo päätellä, että ihmisten toimiessa erilaisten päätöksentekoon ja informaation prosessointiin liittyvien kognitiivisien harhojen varassa ei markkina välttämättä ole täysin tehokas. Pelkän tehottomuuden osoittamisen sijasta behavioristisista malleissa mielenkiinto kohdistuukin siihen, millainen on markkinoita ohjaava dynamiikka ja mikä pitää yllä tehotonta tasapainoa, jossa arbitraasivoittojen tekeminen on teoreettisesti mahdollista. Kenties tunnetuimpia yrityksiä mallintaa sijoittajien käyttäytymistä behavioristisesti ovat Daniel ym. (1998), Barberis ym. (1998) ja Hong ja Stein (1999).

Daniel ym. (1998) formuloivat mallin, jossa sijoittajien yliluottamus- ja itsearvottamisharha selittävät hintojen momenttumia ja pitkän aikavälin reversiota. Mallissa sijoittajat havaitsevat yksityisiä ja julkisia signaaleja (engl. ”private and public signals”). Yksityiset signaalit ovat sijoittajan omia havaintoja ja julkiset signaalit koko markkinan havaitsemia uutisia. Sijoittajat yliarvioivat havaitsemiensa yksityisten signaalien vaikutusta itsearvottamisharhan vaikutuksen alaisina luoden hintakehitykseen lyhyen aikavälin autokorrelaatiota, mutta lopulta julkiset signaalit saavat hinnan palautumaan kohti tehokasta tasoaan sijoittajien päivittäessä uskomuksiaan bayeslaisesti.

Barberis ym. (1998) selittävät mallissaan edustavuusheuristiikalla ja konservatismilla markkinoiden yli- ja alireagoimista uutisiin ja tästä seuraavia momentum- ja mean reversion -anomalioita. Mallissa yrityksen tuotot noudattavat satunnaiskulkua, mutta sijoittajat eivät tiedä tätä, vaan extrapoloivat virheellisesti historiallisia tuottoja tulevaisuuteen tai vaihtoehtoisesti luulevat, että tuotot ovat palautumassa trendiinsä. Sijoittajat päivittävät bayeslaisesti uskomuksiaan siitä, kummassa regiimissä markkina on ja muodostavat tämän perusteella arvionsa tulevaisuuden tuotoista. Trendaava regiimi saa sijoittajat ylireagoimaan perättäisten hyvien tai huonojen uutisten sarjoihin luoden hintaan momentumia. Trendiin palautuva regiimi puolestaan luo pitkän ajan palautumista hintoihin ja saa hinnan alireagoimaan yksittäisiin uutisiin.

Hong ja Stein (1999) mallintavat sijoittajia kahtena ryhmänä (vrt. edustavaan sijoittajaan Daniel ym. 1998 ja Barberis ym. 1998) joita nämä kutsuvat uutisten katsojiksi (engl. ”newswatchers”) ja momentum-treidaajiksi (eng. ”momentum traders”). Mallissa uutisten katsojat ennustavat hintoja rationaalisesti vain fundamenttien pohjalta, mutta informaatio kulkee hitaasti populaation läpi, mikä saa hinnan alireagoimaan uuteen informaatioon luoden lyhyen aikavälin autokorrelaatiota. Momentum-treidaajat sen sijaan eivät hyödynnä täysin julkista informaatiota vaan pyrkivät yksinkertaisella sijoitussäännöllä hyödyntämään uutisten katsojien alireagoinnin aiheuttaman arbitraasin. Momentum-treidaajien itseään ruokkiva feedback-strategia saa kuitenkin hinnan nousemaan yli tehokkaasta tasapainosta luoden lopulta hinnan reversion takaisin kohti fundamenttien oikeuttamaa tasapainoa.

Andrew Lo (2004) esittää EMH:n behavioristisen kritiikin pohjalta niin kutsutun adaptoituvien markkinoiden hypoteesin (engl. ”adaptive market hypothesis” tai AMH). Kyseessä on lavea kvalitatiivinen kuvaus siitä, kuinka markkinoiden tehokkuus vaihtelee ajassa sijoittajien mukautuessa vaihteleviin markkinaolosuhteisiin hitaasti. AMH:n keskeisin sanoma on, että markkinat ovat tehokkaat suuren osan ajasta, mutta muuttuvat tehottomiksi suurten shokkien seurauksena, kun erilaiset kognitiiviset harhat estävät ihmisiä reagoimasta rationaalisesti niihin. Markkinoilla täten kestää stabiloitua tehokkaaseen tasapainoon sijoittajien adaptoituessa muuttuviin olosuhteisiin hitaasti. AMH:n tarkan määritelmän puutteen vuoksi termiä käytetään kirjallisuudessa hieman eri konteksteissa sen viitatessa välillä nimenomaan Lon alkuperäiseen artikkelin kuvaamiin mekanismeihin ja välillä viitaten vain tehokkuuden muutokseen ajassa.

Behaviorististen metodologian rinnalle on viime vuosina kehittynyt myös niin sanottu sosiaalisen rahoituksen (engl. ”social finance”) kirjallisuudenhaara, joka keskittyy tutkimaan, miten sosiaaliset aspektit vaikuttavat sijoittajien päätöksentekoon ja täten koko markkinan dynamiikkaan. Sosiaalisen rahoituksen keskiössä ovat ryhmävaikutukset (engl. ”peer effects”), joissa informaatio muodostuu ja suodattuu ihmisten välillä erilaisten sosiaalisten verkostojen kautta. Sosiaalisen rahoituksen voikin nähdä menevän behavioristisia malleista yhden abstraktiotason alaspäin ja yrittävän selittää, miten erilaiset virheuskomukset markkinoiden tilasta syntyvät ja leviävät taloudessa behavioristisen mallien ottaessa nämä annettuina. (ks. Kuchler ja Stroebel 2020 katsausartikkeli.)

Sosiaalisen rahoituksen tutkimusta ovat motivoineet havainnot ihmisten sosiaalisen kanssakäymisen voimakkaasta vaikutuksesta asunnonostoon ja sijoitustoimintaan liittyvissä valinnoissa. Esimerkiksi ihmiset, jotka kuulevat tuttaviensa kokeneen suurta asunnon arvonnousua, vaihtavat huomattavasti todennäköisemmin vuokra-asumisen omistusasumiseen kuin ihmiset ilman vastaavaa sosiaalista kanssakäymistä (Bailey ym. 2018).

2.5 Tehottomien markkinoiden dynamiikka

2.5.1 Informaation epätäydellinen hyödyntäminen

Tehottomien markkinoiden teoreettisen dynamiikan voi ajatella jakautuvan kahteen tyyppiin, joista toisessa markkinat muodostavat käsityksensä hinnoista rationaalisesti, mutta niin etteivät ne hyödynnä kaikkea saatavilla olevaa informaatiota täydellisesti esimerkiksi informaation hitaan kulkeutumisen vuoksi tai sen analysoinnin ja hankkimisen kustannuksien takia. Tällöin markkinoiden toimintaa kuvaisi yhtälö

$$E[p_{t+1}|\Psi_t] = (1 + E[r_t|\Psi_t])p_t \tag{7}$$

jossa $\Psi_t \subset \Phi_t$. Eli markkinat hyödyntäisivät jotain osajoukkoa informaatiojoukosta, jonka suhteen ne oletetaan tehokkaaksi. Tällöin pitämällä hallussa informaatiota $\Omega_t, \quad \Psi_t \subset \Omega_t \subseteq \Phi_t$ olisi sijoittajan mahdollista muodostaa markkinahintaa parempi arvio sijoituskohteen arvosta ja tehdä ylituottoa tietämällä erotuksen $E[p_{t+h}|\Psi_t] - E[p_{t+h}|\Omega_t]$ suuruuden. Tämä tietysti vaatii oletuksen, että markkinat hyödyntävät myöhemmin aiemmilla periodeilla laiminlyömäänsä informaatiota hinnoittelussaan, sillä sellaisen informaation, joka ei ikinä tulisi heijastumaan hintaan, hallussapito ei luonnollisesti auttaisi ennustamaan tulevaisuuden hintaa.

Kenties luontevin esimerkki tällaisen dynamiikan ilmenemisestä on informaation hidas ”imeytyminen” hintaan (ks. esim. Hong ja Stein 1999 kuvaus informaation hitaasta kulkeutumisesta ”uutisten katsojien” keskuudessa). Formaalisti tilannetta voi mallintaa niin, että Φ_t noudattaa satunnaiskulkua

$$\Phi_t = \Phi_{t-1} + E_t \tag{8}$$

jossa innovaatio E_t koostuu n kappaleesta ali-innovaatioita $\varepsilon_{t,1}$ niin että $E_t = \varepsilon_{t,1} + \varepsilon_{t,2} + \cdots + \varepsilon_{t,n}$. Tällöin

$$\Phi_t = \sum_{j=0}^{\infty} E_{t-j} = \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{k=1}^{n} \varepsilon_{t-j,k} \tag{9}$$

Markkinat toimivat kuitenkin niin, että ali-innovaatiot ”imeytyvät” hintaan yksi kerrallaan periodeittain (informaation eksponentiaalinen imeytyminen olisi luultavasti lineaarista realistisempaa, mutta lineaarinen tarjoaa yksinkertaisemman notaation) markkinan hyödyntämän informaatiojoukon ollessa tällöin:

$$\begin{aligned}\Psi_t = {} & \underbrace{\varepsilon_{t,1}}_{1\text{ kpl.}} + \underbrace{\varepsilon_{t-1,1} + \varepsilon_{t-1,2}}_{2\text{ kpl.}} + \underbrace{\varepsilon_{t-2,1} + \varepsilon_{t-2,2} + \varepsilon_{t-2,3}}_{3\text{ kpl.}} + \cdots \\ & + \underbrace{\varepsilon_{t-n,1} + \varepsilon_{t-n,2} + \cdots + \varepsilon_{t-n,n}}_{\text{n kpl.}} + E_{t-n-1} + E_{t-n-2} + \cdots \\ & = \sum_{j=0}^{n} \sum_{k=1}^{j} \varepsilon_{t-n,j}\end{aligned} \tag{10}$$

jolloin

$$\Psi_t - \Psi_{t-1} = \varepsilon_{t,1} + \varepsilon_{t-1,2} + \varepsilon_{t-2,3} \ldots \varepsilon_{t-n+1,n} \tag{11}$$

Nyt on selvää, että Φ_t tunteminen auttaa ennakoimaan hintaa n periodia eteenpäin. Jos periodin ali-innovaatiot ovat voimakkaasti tai täysin ($\varepsilon_{t,j} = \frac{E_t}{n}$) korreloivia, kehittyy informaatio ajassa MA(n)-prosessia muistuttavalla tavalla ja heijastaa täten hintaan samantyylisen käyttäytymisen. Informaation eksponentiaalinen imeytyminen olisi puolestaan tuottanut AR-prosessia muistuttavan kehityksen informaatioon.

Oleellinen huomio ylläkuvatusta ”hyvin käyttäytyvästä” informaation hitaasta imeytymisestä on tämän tuottojen varianssia pienentävä vaikutus. Todellisen hinnan aikasarjan voi tällöin ajatella tasoitussuodattimena (engl. smoothing filter) teoreettiselle tehokkaiden markkinoiden mukaiselle hinnan aikasarjalle. Tehokkaammalta markkinalta voikin odottaa suurempaa volatiliteeitta kuin tehottomammalta.

2.5.2 Informaation epärationaalinen hyödyntäminen

Toisen dynamiikan voisi ajatella olevan laveasti muotoiltuna:

$$E[p_{t+1}|\Phi_t] = f(E[r_t|\Phi_t], \Phi_t) \tag{11}$$

jossa f on jokin funktio tuotto-odotuksesta ja informaatiojoukosta. Tässä tapauksessa f pitäisi sisällään kuvauksen sijoittajien kognitiivisten harhojen tai muun epärationaalisuuden ohjaamasta markkinan dynamiikasta. Behaviorististen mallien voidaankin katsoa tarjoavan ratkaisunaan juuri funktion f muodon.

Nyt ylituottojen ansaitsemisen logiikka on paljon epäselvempi kuin aiemmassa tapauksessa ja riippuu siitä, kuinka hyvin sijoittaja pystyy arvioimaan tehokkaiden markkinoiden tasapainon mukaisen hinnan ja funktion f muodon. Jos hinta palautuu riittävän säännöllisesti tehokkaan tasapainon lähelle, ylituottoa voi saavuttaa tietämällä tehokkaiden markkinoiden mukaisen tasapainohinnan, ja pystymällä kantamaan epärationaalisesta hinnanmuodostuksesta johtuvaa riskiä.

Toinen tapa ylituoton saavuttamiseen on funktion f muodon ja täten hintaa ohjaavan prosessin hyvä tuntemus. Riippuen prosessin f luonteesta, voi sijoittajalla olla jopa suurempi kannustin yrittää hankkia informaatiota prosessin f toiminnasta verrattuna informaatioon sijoituskohteen fundamenteista. Toisaalta on huomattava, että tasapainossa merkittävä osa sijoittajista ei voi tuntea hintaa ohjaavaa prosessia, tai muuten arbitraasit hinnoiteltaisiin pois ja markkina palautuisi tehokkaaseen tasapainoon. Behaviorististen mallien ytimessä onkin poikkeuksetta kuvaus siitä, miten ihmiset päivittävät uskomuksiaan virheellisesti havaitsemiensa signaalien pohjalta.

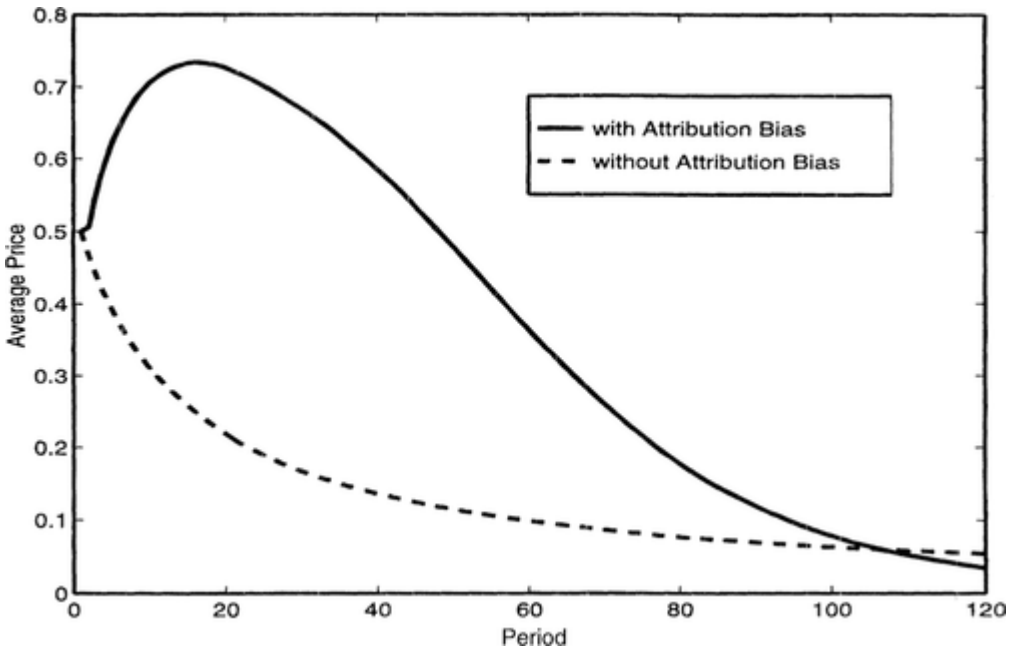
Daniel ym. (1998) mallissa hinnan hetkellä t määrittää edustavan sijoittajan muodostama odotusarvo arvopaperin arvosta θ ehdollistettuna hänen periodilla yksi saamaansa signaaliin s_1 ja kaikkiin aiempiin julkisiin signaaleihin $\{\phi_t, \phi_{t-1}, \dots \phi_2\}$

$$P_t = E_C[\theta|s_1, \phi_2, \phi_3, \dots \phi_t] = \frac{(t-1)v_n\Phi_t + v_{C,t}s_1}{v_\theta + v_n + v_{C,t}} \tag{12}$$

jossa v_n ja v_θ ovat julkisen signaalin ja arvopaperin todellisen arvonnousun sijoittajan kokemat tarkkuudet (termillä tarkkuus viitataan paperissa varianssin käänteislukuun) järjestyksessä, $v_{C,t}$ on sijoittajan ajassa muuttuva uskomus saamansa signaalin

tarkkuudesta ja Φ_t kaikkien julkisten signaalien keskiarvo (huomaa että $(t-1)v_n$ on tämän keskiarvon tarkkuus).

Sijoittajan uskomus hinnasta on siis tietynlainen painotettu keskiarvo julkisista signaaleista ja yksityisestä signaalista, kun nämä on kerrottu vastaavilla tarkkuuksillaan. Sijoituskohteen todellinen arvo on mallissa muuttumaton ja sekä julkiset että yksityiset signaalit antavat sille odotusarvollisesti oikean arvon. Kun sijoittajat kokevat informaatioshokin periodilla yksi, saisi rationaalinen käyttäytyminen heidät muuttamaan uskomustaan julkisten signaalien perusteella niin, että hinta palautuisi eksponentiaalisesti kohti oikeaa arvoaan. Sijoittajat kuitenkin muuttavat käsitystään saamansa yksityisen signaalin tarkkuudesta $v_{C,t}$ self-attribution-harhaa kuvaavan logiikan mukaan voimistaen informaatioshokin vaikutusta hintaan, ennen kuin julkinen informaatio painaa hinnan lähelle sen todellista arvo (ks. kuva 1).



Kuvaaja 5, Informaatioshokin s_1=1 simuloitu keskimääräinen vaikutus hintaan kun \theta=\ 0 (voidaan ajatella jonkinlaiseksi mallin ennustamaksi IR-funktioksi) (Daniel ym. 1998)

Barberiksen ym. (1998) mallissa hinta on niin ikään edustavan sijoittajan muodostama odotusarvo sijoituskohteen arvosta muodostettuna tulevaisuuden tulovirtojen N_t avulla:

$$P_t = E_t\left[\frac{N_{t+1}}{1+\delta} + \frac{N_{t+2}}{(1+\delta)^2} + \cdots\right] = \frac{N_t}{\delta} + y_t(p_1 - p_2 q_t) \qquad (13)$$

Yhtälössä δ on vakioinen tuottovaatimus, y_t periodin t shokki tuottoon, p_1 ja p_2 mallin vakioita ja q_t sijoittajan uskoma todennäköisyys sille, kummassa regiimissä markkina on. Mallissa tuotot noudattavat diskreettiä satunnaiskulkua inkrementillä $\pm y$, jolloin tehokkaiden markkinoiden tasapainohinta olisi $\frac{N_t}{\delta}$, mutta sijoittajien uskomus markkinan regiimiä vaihtavasta luonteesta aiheuttaa tasapainohintaan $y_t(p_1 - p_2 q_t)$ osan, jonka voi tulkita sijoittajan uskomukseksi hinnan poikkeamasta sijoituskohteen todellisesta arvosta.

Mallissa sijoittaja uskoo regiimin vaihtuvan markov-prosessin mukaan, jolloin sen vaihtumistodennäköisyys riippuu vain edellisen periodin regiimistä. Regiimin sisällä sijoittajan uskomus tulevaisuuden tuotoista y_{t+1} muodostuu niin ikään markov-prosessin mukaan niin, että keskiarvoon palautuvassa regiimissä $P(y_{t+1} = -y_t)$ on suuri ja trendaavassa regiimissä $P(y_{t+1} = y_t)$ on suuri. Mallin vakiot p_1 ja p_2 muodostuvat juuri näistä todennäköisyyksistä sekä sijoittajan uskomista regiimin muutostodennäköisyyksistä.

Hongin ja Steinin (1999) mallissa hinnan periodilla t määrittää:

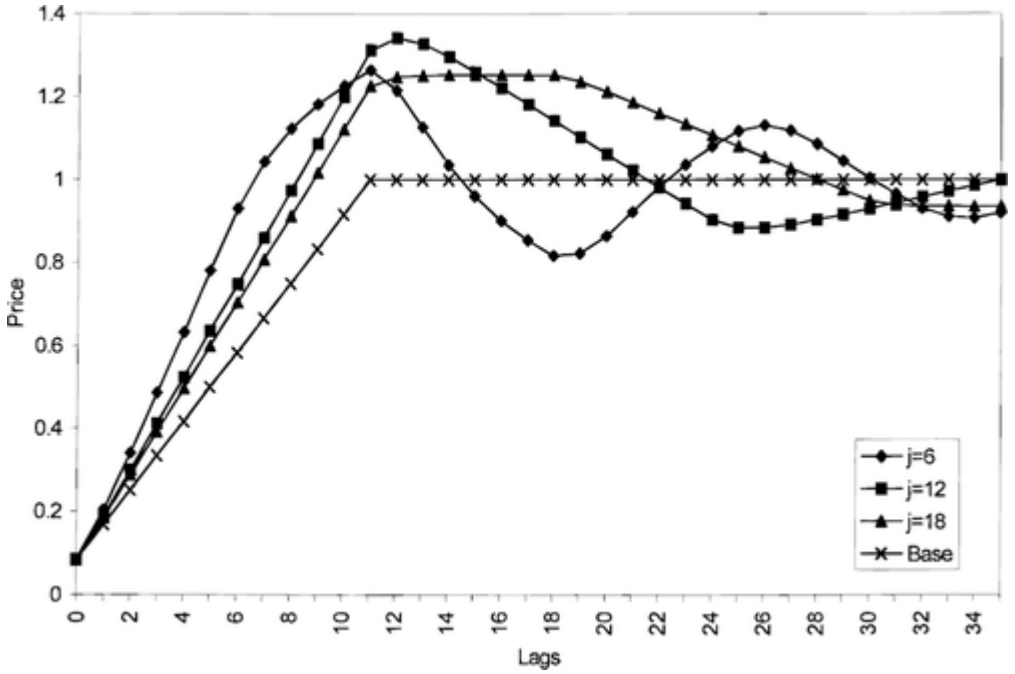
$$P_t = D_t + \big((z-1)\varepsilon_{t+1} + (z-2)\varepsilon_{t+2} + \cdots + \varepsilon_{t+z-1}\big)/z - Q + jA + \sum_{i=1}^{j} \phi \Delta P_{t-1} \quad (14)$$

jossa ε_j on shokki sijoituskohteen fundamenttiarvoon, z informaation imeytymisen nopeus uutistenlukioiden keskuudessa, D_t aiempien periodien shokkien summa, Q sijoituskohteen kiinteä tarjonta ja $jA + \sum_{i=1}^{j} \phi \Delta P_{t-1}$ momentum-treidaajien kysyntä, jossa j on markkinoilla yhtä aikaan toimivien momentum-treidaajien sukupolvien määrä ja ϕ näiden kysyntäjoustoa kuvaava parametri ja A vakio.

Mallissa sijoituskohde maksaa periodilla T yhden koko sijoituskohteen likvidoivan osingon, joka muodostuu periodittaisista shokeista $D_T = \sum_{i=0}^{T} \varepsilon_i$ ja informaatio etenee hitaasti niin, että periodilla t uutisten lukijat saavat tiedokseen $(z-k)/z$ suuruisen osan shokista ε_{t+k} aina z periodia eteenpäin. Uutisten lukijat huomioivat vain tämän tuloerän odotusarvon muodostaessaan kysyntäänsä sijoituskohteelle, eivätkä ota nykyistä tai mennyttä hintaa huomioon. Niinpä yhtälön alkuosa kuvaakin uutisten lukijoiden havaitsemien menneiden ja tiedossa olevien tulevaisuuden shokkien pohjalta muodostuvaa kysyntää.

Momentum-treidaajat toimivat markkinoilla j:n periodin ajan, jolloin markkinoilla on yhtä aikaa j sukupolvea. He muodostavat kysyntänsä vain hinnan muutoksen $\Delta P_{t-1} = P_t - P_{t-1}$ pohjalta ja optimoivat tuottonsa valitsemalla parametrit A ja ϕ. Momentum-treidaajat siis yrittävät jossain mielessä jahdata hintakehityksen trendiä yksinkertaisella sijoitussäännöllä.

Mallissa infromaatioshokkiin ensin alireagoidaan, kun uutisten lukijat huomioivat sen kokonaisuudessaan vasta z periodin jälkeen. Informaation hidas imeytyminen aiheuttaa kuitenkin hintaan autokorrelaatiota ja saa tämän trendaamaan, mikä puolestaan saa momentum-treidaajat kasvattamaan kysyntäänsä. Hinta saavuttaakin tehokkaan tasonsa nopeammin kuin markkinoilla, joilla kauppaa kävisivät pelkät uutisten lukijat. Momentum-treidaajien trendejä voimistava sijoitussääntö saa kuitenkin hinnan jatkamaan nousuaan yli tehokkaasta tasapainosta, kunnes julkinen informaatio viimein kääntää sen laskuun. Myös tätä laskua ovat voimistamassa momentum-treidaajien toimet, jolloin hinta puolestaan painuu tehokkaan tasapainon alle ja hinta alkaakin vaihdella vaimenevan siniaallon tavoin tehokkaan tasapainonsa ympärillä momentum-treidaajien saadessa hinnan aina ylikorjaamaan itsensä.



Kuvaaja 6, Mallin impulssivaste 1 suuruiseen informaatioshokkiin eri momentum-treidaajien markkinoilla oloajoilla j. ”Base”-kuvaaja kuvaa tilannetta, jossa markkinoilla on vain uutisten lukijoita. (Hong ja Stein 1999.)

Kuten jo vaatimattomasta määrästä esimerkkejä huomataan, markkinan dynamiikka voi olla todella erilainen riippuen millaiseksi f oletetaan. Behaviorististen mallien kritiikki

kohdistuukin usein juuri hintaa ohjaavan prosessin potentiaalisesti täysin rajoittamattomaan muotoon. Kun perinteinen rationaalisuus hylätään, mikään ei estä formuloimasta mallia, joka sopii havaittuun aineistoon ad hoc -tyylisten olettamien avulla, mutta ei todellisuudessa kuvaa prosessia oikein tai tarjoa aineiston ulkopuolista ennustevoimaa. Behavioristisissa tutkimuksissa pyritäänkin aina osoittamaan, että mallissa tehdyt oletukset kumpuavat suoraan todennetuista psykologisista ilmiöistä.

2.6 Tehokkuuden testaaminen ja empiirisiä tuloksia (osakemarkkinoilla)

2.6.1 Joint hypothesis -ongelma

Markkinan tehokkuuden testaamiseen liittyy perustavanlaatuinen ongelma siitä, että testattavana on samaan aikaan aina kaksi hypoteesia. Kun halutaan testata, heijastavatko hinnat jotakin informaatiojoukkoa, on pakko käyttää jonkinlaista hinnoittelumallia, joka määrittelee, miten hintojen tulisi muodostua kyseisen informaation pohjalta. Tätä ongelmaa, jossa EMH:n testaamisen luotettavuutta on aina heikentämässä kysymys siitä, onko käytetty hinnoittelumalli oikea, kutsutaan yhteishypoteesiongelmaksi (engl. ”joint hypothesis problem”). Hylättäessä EMH ei saadakaan täten koskaan täyttä varmuutta siitä, tapahtuiko hylkäys puutteellisen hinnoittelumallin vai epätehokkaiden markkinoiden vuoksi.

Palaten vielä Faman markkinoiden tehokkuuden määritelmään $E[p_{t+1}|\Phi_t] = (1 + E[r_t|\Phi_t])p_t$ on juuri tuoton ehdollisen odotusarvon $E[r_t|\Phi_t]$ määritteleminen yhteishypoteesiongelman ytimessä. Kysymys siitä, kuinka suurta tuottoa sijoitukselta voi odottaa informaatiojoukko Φ_t huomioiden, on väistämättä ratkaistava käyttämällä jonkinlaista hinnoittelumallia. Hinnoittelumalli voi olla monin tavoilla väärin spesifioitu, mutta kenties keskeisin epävarmuus liittyy riskin (määriteltynä esim. CAPM-henkisesti tuoton varianssiksi) ja tuoton odotusarvon väliseen suhteeseen ja tämän käyttäytymiseen yli ajan.

2.6.2 Tuottojen riippumattomuus

Heikon tehokkuuden vallitessa sijoituskohteen tuotot ovat (ensimmäisessä momentissa) riippumattomia eri ajanhetkien välillä. Kenties intuitiivisin tapa testata EMH:ta tämän pohjalta onkin yrittää osoittaa lyhyen aikavälin tuottojen olevan korreloituneita

keskenään. Autokorrelaatiotestit olivatkin ensimmäisiä EMH:n testaamiseen käytettyjä metodeja näiden ensimmäisten soveltajien ollessa Granger ja Morgenser (1963) sekä Fama (1965) (huom. Faman klassinen tehokkuuden määritelmä on vuodelta 1970, mutta keskustelua markkinoiden tehokkuudesta ja osaketuottojen ennustettavuudesta oli käyty jo paljon aikaisemmin).

Autokorrelaatiotestit säilyivät pitkään vallitsevana tapana testata heikkoa tehokkuutta ja näissä useimmiten havaittiin tehokkuuden kanssa linjassa olevia tuloksia. Myöhemmin myös heikkoa EMH:ta autokorrelaatiotesteillä kyseenalaistavia artikkeleita julkaistiin. Esimerkiksi French ja Roll (1986) sekä Lo ja MacKinlay (1988) havaitsivat maltillista autokorrelaatiota osakkeiden tuotoissa.

Valtavirtaiseksi tavaksi testata autokorrelaatiota yksittäisten autokorrelaatiokerrointen tutkimisen sijasta on Lon ja MacKinlayn (1988) artikkelin jälkeen muodostunut VR-testi (engl. ”variance ratio test”), joka hyödyntää satunnaiskulun ominaisuutta varianssin lineaarisesta kasvusta ajan funktiona, ja erityisesti tämän heteroskedastisuuden salliva laajennus MRV-testi (engl. ”multiple variance ratios test”) (Chow ja Denning 1993).

Viime vuosikymmenenä tehokkuuden testaaminen on enenevissä määrin painottunut epälineaarisiin malleihin perustuviin testeihin. Epälineaariset riippuvuusrakenteet niin ehdolliseen odotusarvoon kuin ehdolliseen varianssiin ovat olleet laajan tutkimuksen kohteena (huom. tehokkuuden määritelmä ei itsessään ota kantaa ehdollisen varianssin määräytymiseen, mutta tällä on omat implikaationsa johdannaiskauppaan ja hinnoittelumallien tuottovaatimuksien määräytymiseen). Yleisimmin käytetyt epälineaariset mallit ovat erilaisia STAR- ja (G)ARCH-malleja ja näiden laajennuksia.

McMillan ja David (2005) hyödyntävät QLSTAR-mallia osoittaakseen, että markkina käyttäytyy AMH- ja noise-trading-hypoteesia mukaillen niin, että momentumin ollessa voimakkainta (tuottojen suurimpia) on markkina helpommin ennustettavissa, kun taas tuottojen ollessa alemassa regiimissä, ovat ne paljon satunnaisempia. Tutkijat arvelevat tämän johtuvan noise-treidaajien kaupankäyntiaktiivisuuden ajoittumisesta erityisesti nouseviin trendeihin.

Lim ym. (2013) testaavat BDS-testillä (Brock ym. 1996) G-7 maiden AR- ja AR-GARCH-suodatettuja osakeindeksien tuottoja. Linjassa muun kirjallisuuden kanssa he havaitsevat ehdollisen heteroskedastisuuden olevan suurin epälineaarisuuden aiheuttaja,

mutta havaitsevat myös AR-GARCH-suodatettujen aikasarjojen osoittavan epälineaarisia riippuvuusrakenteita. Tuottojen ennustettavuus (BDS-testin tulos) kuitenkin vaihtelee markkinan ja ajanhetkien välillä, joidenkin markkinoiden ja ajanjaksojen vaikuttaessa tehottomattomammilta kuin toiset.

Alieyv (2019) spesifioi LSTAR-mallin ja osittaa tällä olevan ennustevoimaa tuottoihin tarjoten out-of-sample-ylituottoa. Epälineaarinen malli tarjoaa merkittävästi paremman aineiston sisäisen sopivuuden sekä aineiston ulkopuolisen ennustevoiman kuin lineaarinen AR-malli.

Toinen tapa riippumattomuuden testaamiseen ovat runs-testit, joissa testataan vain tuoton muutoksen suunnan ($sign(r_t)$) satunnaisuutta. Metodologian etuna on sen epäparametrisuus osaketuottojen noudattaessa yleensä ei-normaalista jakaumaa. Worthington ja Higgs (2009) sekä Urquhart ja Hudson (2013) suorittavat runs-testit todella pitkille osakeaikasarjoille ja havaitsevat tehokkuuden kanssa ristiriitaista ei-satunnaisuutta.

2.6.3 Yksikköjuuritestit

Yksikköjuuri hintaa ohjaavassa prosessissa on välttämätön ehto satunnaiskulkuprosessille ja heikolle tehokkuudelle. Niinpä heikko tehokkuus voidaan hylätä välittömästi, jos hinta pystytään osoittamaan stationaariseksi tai trendistationaariseksi yksikköjuuritestin avulla.

Tehokkuuden testaamiseen käytetään muun muassa klassisia ADF- (augmented Dickey-Fuller), PP- (Phillips-Perron) ja KPSS-testejä (Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin). ADF- ja PP-testi ovat yksikköjuuritestejä, joissa nollahypoteesina on yksikköjuuren olemassaolo ja vastahypoteesina juuren esiintyminen yksikköympyrän ulkopuolella, mikä käytännössä aina tarkoittaa prosessin stationaarisuutta. KPSS-testi sen sijaan on stationaarisuustesti, jossa nollahypoteesina on prosessin stationaarisuus ja vastahypoteesina yksikköjuuren olemassaolo. PP- ja KPSS-testit ovat epäparametrisia.

Lineaariset ADF- ja PP-testit suoriutuvat kohtalaisen heikosti, kun aikasarjan generoiva prosessi on epälineaarinen, ja erilaiset epälineaarisuudet huomioivat yksikköjuuritestit ovatkin olleet suosittuja tehokkuuden testaamisessa viimevuosina. Erityisesti rakenteellisten katkosten (engl. ”structural breaks”) mallintaminen on osoittautunut

tavaksi saada testit toimimaan paremmin epälineaarisissa aineistoissa (ks. Perron 1989; Zivot ja Andrews 1992; Zivot ym, 2002; Lee ja Strazicich 2003; Kapetanios ym. 2003).

Narayan (2005) tutkii pitkällä kuukausittaisella aineistolla Australian ASX-indeksin stationaarisuutta. Hän hyödyntää tavallista ADF-testiä sekä TAR-malliin pohjautuvaa yksikköjuuritestiä. Kumpiakaan testi ei hylkää hypoteesia yksikköjuuresta.

Hamid ym. (2010) testaavat osana monia eri tehokkuustestejä kattavaa tutkimustaan monien Aasian maiden osakeindeksejä ADF-testillä. ADF-testi ei hylkää hypoteesia yksikköjuuresta, vaikka artikkelin kaikki muut eri metodeilla suoritetut testit hylkäävät markkinan tehokkuuden.

Guidi ja Gupta (2013) testaavat satunnaiskulkua ja heikkoa tehokkuutta lukuisilla eri testeillä Aasian maiden päivittäisillä hinnoilla. ADF- ja KPSS-testi molemmat hylkäävät yksikköjuuren selvästi.

Narayan ym. (2016) kehittävät GARCH-malliin pohjautuvan yksikköjuuritestin, joka sallii kaksi rakenteellista katkosta. He testaavat yksikköjuurta yhdysvaltalaisosakkeiden paneeliaineistolla ja havaitsevat kohtalaisia tuloksia tehokkuutta vastaan. Tutkijat osoittavat, että yksinkertainen sijoitusstrategia tuottaa todennäköisemmin ylituottoa osakkeissa, joissa havaitaan stationaarisuutta. Mielenkiintoisena havaintona on myös eri toimialojen osakkeiden väliset erot tehokkuudessa.

Viimevuosina yksikköjuuritesteistä yhä suurempi osa painottunut yksikköjuuren identifiointiin paneeliaineistoissa. Käytössä on ollut sekä ns. ensimmäisen sukupolven paneeliyksikköjuuritestejä, jotka olettavat paneelien poikkileikkauksellisen riippumattomuuden, että uudempia kyseistä oletusta löysentäviä testejä. Erityisesti epälineaariset paneeliaineistojen testit ovat osoittautuneet voimakkaiksi (ks. Aktan ym. 2019 hyvä katsaus aiheeseen).

2.6.4 Tuottojen kausittaisuus

Lähinnä osakemarkkinoiden puolella havaittavat tietyin aikavälein toistuvat jaksot, jolloin tuotot poikkeavat merkittävästi keskiarvostaan, tarjoavat yksinkertaisen tavan testata heikkoa EMH:ta. Nämä niin kutsutut kalenterianomaliat kohdistuvat erimittaisiin ajanjaksoihin vaihdellen vuosiaineistosta päiväaineistoihin asti. Tunnetuimpiin anomalioihin lukeutuu tammikuuefekti, viikonpäiväefekti ja kuukaudenvaihtumisefekti.

Tammikuuefektillä tarkoitetaan ilmiötä, jossa vuoden alussa havaitaan systemaattisesti selvästi korkeampia tuottoja kuin muina ajankohtina (ks. esim. Rozeff and Kinney 1976; Fama 1991; Norvaisiene ym 2015). Viikonpäiväefekti on anomalia, jossa osaketuottojen keskiarvo poikkeaa viikonpäivien välillä selvästi toisistaan. Erityisesti maanantain tuottojen on havaittu olevan poikkeuksellisen pieniä ja perjantain poikkeuksellisen suuria (ks. esim. French 1980; Wang ym. 1997; Cinko ja Avci 2009). Kuukaudenvaihtumisefekti kuvaa ilmiötä, jossa kuukauden vaihtumista edeltävinä ja sitä seuraavina päivinä havaitaan normaalia suurempia tuottoja. Yleensä tarkastelussa ovat 1–3 päivää kuunvaihteen molemmin puolin. (ks. esim. Ariel 1983; Van Der Sar 2003).

2.6.5 Sijoitussääntöjen testaus

2.6.5.1 Heikko tehokkuus

Mikä tahansa sijoitussääntö, joka pystyy systemaattisesti tuottamaan ylituottoja, on ristiriidassa tehokkuuden kanssa. Tällaisen sijoitussäännön laatiminen onkin konkreettinen ja tulkinnallisesti helppo tapa testata tehokkuutta. Riippuen siitä, minkälaisen informaation pohjalta sijoitussääntö laaditaan, voidaan metodilla testata heikkoa tai keskivahvaa tehokkuutta. Heikon tehokkuuden kohdalla strategiat nojaavat usein hinnan momentum mean reversion -tyyliseen käyttäytymiseen.

Jagadeesh ja Titman (1993) testaavat osakkeiden poikkileikkausaineistolla strategiaa, jossa viimeisen kuuden kuukauden aikana suhteellisesti huonoiten pärjääviä osakkeita myydään ja parhaiten pärjänneitä ostetaan. Strategia tuottaa selkeää ylituottoa osakkeiden kuuden kuukauden hallussapitoajalla.

Moskowitz ym. (2012) osoittavat, että 12 kuukauden tuottoja seuraava momentum-strategia yhden kuukauden hallussapitoajalla tuottaa ylituottoja liki kaikissa omaisuusluokissa ja näiden futuurisopimuksissa. Pitkillä viipeillä puolestaan havaitaan kohtalaisen varmaa näyttöä keskiarvoon palautumisesta. Tarkastelemalla spekuloijien (engl. ”speculator”) (yksityissijoittajat) ja suojautujien (engl. ”hedger”) (ammattimaiset sijoittajat) positioitumista markkinoilla tutkijat myös osoittavat, että spekuloijat hyötyvät suojautujien kustannuksella markkinan momentum-tyylisestä dynamiikasta.

Menkhoff ym. (2012) havaitsevat Jegadeeshin ja Titmanin (1993) kanssa samankaltaisia tuloksia valuuttojen poikkileikkausaineistoissa. 3–12 kuukauden tuottojen perusteella

muodostetut valuuttaportfoliot tuottavat selkeää ylituottoa. Suurinta ylituottoa tuottavat pienillä valuutoilla muodostetut portfoliot.

2.6.5.2 Keskivahva tehokkuus

Keskivahvan tehokkuuden sijoitusstrategiatestit hyödyntävät usein makromuuttujia, muiden arvopaperien hintoja tai yritysten tilinpäätösinformaatiota tai muita fundamentteja. Keskivahvan tehokkuuden olettaessa kaiken julkisen informaation hyödyntämisen, on testattavista sijoitusstrategioista mahdollista tehdä todella monimutkaisia ja viime vuosina esimerkiksi erilaiset EMH:ta koneoppimismenetelmillä testaavat tutkimukset ovatkin olleet suosittuja. Tällaisten testien varjopuolena on kuitenkin yleensä niistä tehtävien tulkintojen ja kausaalipäätelmien vaikeus.

Basu (1983) muodostaa osakeportfolioita yhdysvaltalaisosakkeista PE-suhteen perusteella. Matalan PE-suhteen osakkeista muodostetut portfoliot tuottavat selkeästi suurempia voittoja kuin korkean PE-suhteen portfoliot. Johtopäätöksenä todetaan, että joko hinnoittelumalli (CAPM) ei ole oikein spesifioitu tai osakemarkkina ei ole täysin tehokas.

Cakici ym. (2013) havaitsevat matalan PB-suhteen osakkaiden tuottavan suuria tuottoja kehittyvillä markkinoilla. Tuottoja yritetään selittää eri hinnoittelumalleilla (CAPM, Fama–French kolmen tekijän malli ja Carhart neljän tekijän malli), mutta ne todetaan liian suuriksi kaikissa tapauksissa ja markkina vaikuttaakin tehottomalta.

2.6.6 Yhteenveto testeistä

Tehokkuustutkimuksessa on melko systemaattisesti havaittu tehokkuuden kanssa ristiriitaisia piirteitä aina 80-luvulta asti. Empiiriset tulokset ovat melko hyvin linjassa behavioristisen kirjallisuuden ennustamien ilmiöiden kanssa. Markkinoilla havaitaan momentum mean reversion -tyylistä syklisyyttä sekä yli- ja alireagointia uuteen informaatioon. Tulokset siitä, kuinka helppoa tai kannattavaa tehottomuuden jättämän arbitraasin hyödyntäminen on transaktiokustannusten jälkeen, ovat sen sijaan jossain määrin epäselvempiä.

Empiiriset artikkelit usein vahvistavat oletusta siitä, että ammattimaiset sijoittajat tekevät markkinoista tehokkaammat. Pienten yritysten osakkeet, pienet valuutat, osakkeet, jotka eivät ole analyytikkojen seurattavana, ja kehittyvien maiden rahoitusmarkkinat havaitaan

usein tehottomiksi. Suuret markkinat, joissa informaatiota on paljon saatavilla ja joissa sen voi ajatella kulkeutuvan nopeasti, saavuttavatkin suuremman tehokkuuden.

3 Tehokkuus asuntomarkkinoilla

3.1 Asunnot vs. rahoitusmarkkinat

Tehokkuuden empiirinen tutkiminen levisi 80-luvun puolessavälissä rahoitusmarkkinoiden puolelta asuntomarkkinoiden tutkimukseen ensimmäisiin tutkimuksiin lukeutuessa Gau (1984), Hamilton ja Schwab (1985), Linneman (1986). Se on sittemmin kehittynyt pieneksi kirjallisuudenhaaraksi kiinteistötaloustieteeseen (ks. esim. Maier ja Herath 2015 meta-analyysi aiheesta).

Asuntomarkkina voi intuitiivisesti olla hyvin vaikea uskoa missään määrin tehokkaaksi. Kun rahoitusmarkkinatkin usein tuomitaan tehottomiksi, herää kysymys, miten asuntomarkkina voisi olla tehokas sen omatessa paljon tehokkuuden mahdollisuutta heikentäviä erityispiirteitä, joihin lukeutuvat muun muassa:

- Suuri osa kaupasta ei-ammattimaista: Osakemarkkinoilla suurin osa aktiivista osakekauppaa käyvistä ihmisistä ovat ammattimaisia sijoittajia tai amatöörisijoittajia, jotka yrittävät oman analyysinsä perusteella tehdä ylituottoa. Asuntomarkkinoilla asuntoja ostetaan sijoitustarkoituksen lisäksi asumistarkoitukseen, jolloin ostajalla ei ole samanlaista kyvykkyyttä tai motivaatiota muodostaa oikeanlaista arviota kohteen arvosta.

- Suuret transaktiokustannukset: Asuntokaupassa kaupantekemisen kustannukset ovat useita prosentteja asunnon arvosta, mikä pienentää tehottomista hintaliikkeistä syntyvää arbitraasimahdollisuutta. Esimerkiksi asuntosijoittajan, joka uskoo hintojen laskevan, täytyisikin olla hyvin varma uskomuksestaan, jotta asunnon myyminen ja tulevaisuudessa takaisin ostaminen olisi kannattavaa transaktiokustannusten jälkeen.

- Heterogeeniset hyödykkeet: Ihmisten on vaikea hahmottaa kohteiden markkina-arvoja niiden ollessa hyvin erilaisia keskenään. Esimerkiksi naapuruston, ympäröivien palveluiden ynnä muiden sijaintispesifien aspektien vaikuttaessa kohteen hintaan voi asuntomarkkinoilla relevantin hinnan määrittävän informaatiojoukon identifioiminen olla haasteellisempaa kuin osakemarkkinoilla.

- Kaupankäynnin harvuus: Ihmisten kokemus asuntojen hinnan arvioimisesta ei kehity ajassa samalla tavalla kuin osakemarkkinoilla.

- Lyhyeksi myynnin ja johdannaisten puute: Ammattimaisten asuntosijoittajien on vaikea hyödyntää tehokasta tasapainoa korkeammalla olevien asuntojen hintoja lyhyeksi myynnin ollessa mahdotonta. Myös tulevaisuuden odotettujen hintaliikkeiden hyödyntäminen on vaikeaa ilman johdannaismarkkinoita.

- Asunnon hinnan epävarmuus: Omistaja ei tiedä asuntonsa arvoa tarkasti ja myyntihinnassa on suuri epäsystemaattinen osa, joka riippuu myyntihetkenä asuntoa etsivien ihmisten preferensseistä.

- Tarjonnan jäykkyys: Rakennusprojektit kestävät vuosia ja sisältävät pitkiä sopimuksia. Tarjonta ei reagoikaan välittömästi kysyntään ja sen ennakointi voi olla haastavaa.

Toisaalta asuntomarkkinoiden voi ajatella omaavan myös joitain tehokkuuden kannalta suotuisia piirteitä rahoitusmarkkinoihin nähden. Esimerkiksi on selvää, että lyhyen aikavälin trendien jahtaamista tai muutakaan noise trading -tyylistä sijoitustoimintaa ei tapahdu asuntomarkkinoilla läheskään samassa mittakaavassa kuin rahoitusmarkkinoilla. Asunnon ostaminen tapahtuu yleensä pitkän ajan vertailun ja analysoinnin jälkeen ja myyminen valtaosin kiinteistönvälittäjän avustuksella. Asuntokauppaa ei luultavasti koskaan käydäkään yhtä kevein perustein kuin esimerkiksi noise trading -henkistä osakekauppaa.

Asuntomarkkinan tehokkuudesta puhuttaessa on oltava tarkkana, mitä kulloinkin tarkoitetaan asuntomarkkinalla. Rahoitusmarkkinoilla on käytännössä aina ilmeistä, mihin hinnan aikasarjaan tehokkuuden käsitettä sovelletaan. On helppo ymmärtää, mihin vaikkapa osakeindeksin, kuparifutuurin tai ruotsin kruunun tehokkuus kohdistuu. Sen sijaan asuntomarkkinoilla tehokkuuskäsitteen kohdistaminen yhteen kohteeseen on rajallisten myyntikertojen vuoksi käytännössä mahdotonta. On esimerkiksi vaikea sanoa mitään kovin merkittävää kouvolalaisen rivitalon, joka on myyty vuosina 1964, 1988 ja 2012 hintoihin 150k€, 160k€ ja 155k€, hintaa ohjaavan prosessin tehokkuudesta.

Asuntomarkkinoilla tehokkuustutkimuksessa joudutaankin aina luomaan jonkinlainen keinotekoisesti rajattu markkina, jonka tehokkuutta halutaan tarkastella. Tyypillinen valinta on kohdistaa tarkastelu tietyn kaupungin, kunnan tai kaupunkialueen tietyn tyyppisiin asuntoihin. Tehokkuustutkimus voisi keskittyä esimerkiksi helsinkiläisiin kerrostalokaksioihin ja näiden muodostamaan indeksiin.

Asuntomarkkinoiden tehokkuutta voidaan rahoitusmarkkinoiden tavoin tutkia joko indeksitasolla tai poikkileikkausaineistossa. Kun indeksi käyttäytyy tehokkaasti, kertoo tämä, että asunnonoston ajoituksella ei ole merkitystä kaupan odotetun ”hyvyyden” kannalta. Jos markkina todetaan poikkileikkaustarkastelussa tehokkaaksi, tarkoittaa tämä, että markkinoilta ei voi systemaattisesti löytää alihinnoiteltuja asuntoja. Asuntojen tehokkuustutkimuksissa pyritään usein vain osoittamaan hintojen ennustettavuus eikä niinkään tekemään sijoitussäännön tuottama ylituotto -tyylistä tarkastelua tämän ollessa usein melko epämielekästä suurten transaktiokustannusten takia.

Tavallisen ihmisen tai asuntosijoittajan näkökulmasta asuntomarkkinan tehokkuustutkimus antaa vastaukset kysymyksiin: ”Voivatko asunnot olla liian kalliita, tai erityisen halpoja eri ajanhetkinä, eli kannattaako asunnonosto ajoittaa?” ja ”Miten helppoa markkinoilta on löytää hinta-laatu-suhteeltaan keskivertoa parempia asuntoja?”

3.2 Tehokkuuden mittaaminen asuntomarkkinoilla

3.2.1 Aineistojen ongelmat

Arvopaperimarkkinoilla periodittaisten tuottojen laskeminen on yksinkertaista. Valtaosasta arvopapereista havaitaan suuruusluokaltaan minuutteja tai sekunteja kestävien ajanjaksojen välein markkinahinta ja mahdollinen osinko tai kuponkikorko. Täten periodittaisten tuottojen laskeminen on helppoa ja aikasarjat kattavat suuria määriä havaintoja. Asunnoissa tilanne on puolestaan valitettavasti hyvin toisenlainen.

Asuntojen hinta havaitaan vain myynnin yhteydessä tämän tapahtuessa epäsäännöllisesti, tyypillisesti useiden vuosien välein. Myöskään asunnosta potentiaalisesti saatavaa vuokratuottoa ei havaita omistusasuntojen kohdalla olenkaan, ja yksittäisen vuokra-asunnon vuokran kehitystä kuvaavia tilastojakaan harvoin on kattavasti saatavilla. Tämä vaikeuttaa tehokkuuden tutkimista niin indeksin kuin poikkileikkausaineistonkin avulla.

Poikkileikkausaineistoissa ongelman aiheuttavat erityisesti epäsäännölliset myyntiajankohdat. Arvopapereista tuttu testi, jossa periodilla t valitaan portfolio säännön $g(\Phi_t)$ mukaan ja tarkastellaan periodilla $t+h$ kertyneitä mahdollisia ylituottoja, on paljon vaikeampi toteuttaa asunnoilla, sillä vain pienellä murto-osalla asunnoista havaitaan hinta sekä periodilla t että periodilla $t+h$. Testi voitaisiin tietysti toteuttaa

myös niin, että sallitaan ostojen ja myyntien tekeminen eri ajankohdissa, eri asuntojen kesken, mutta tällöin joudutaan mallintamaan tuottovaatimuksen kehittymistä yli ajan. Poikkileikkaustestin toinen ongelma on se, että aineistoon tuskin sisältyisi yksittäisten asuntojen vuokria eri ajanhetkinä. Tällöin tuottojen arvioiminen olisi haasteellista olettaen, että asunnot ovat heterogeenisiä siinä suhteessa, kuinka suuri osa niiden tuloista syntyy arvonnoususta ja kuinka suuri vuokrasta.

Nopeasti ajateltuna indeksin testaamisen voisi luulla olevan ongelmattomampaa, kun tuotot voisi laskea tarkasteltavan alueen asuntokauppojen keskihintojen indeksiä differensoimalla ja lisäämällä tähän alueen vuokrakehitystä kuvaava indeksi. Ongelmana tässä kuitenkin on se, että keskihintojen indeksi ei välttämättä anna oikeaa kuvaa arvonnoususta. Mikään ei takaa, että eri ajanhetkinä myydään keskimäärin samanlaisia asuntoja. Esimerkiksi on luonnollista olettaa, että asuntojen laatu ja hinta nousevat ajassa, jolloin arvonnousu tulisi yliarvioitua, kun periodin $t + 1$ hinta olisi korkeampi kuin periodin t osittain periodeilla myytävien asuntojen laatueron takia, ei niinkään arvonnousun. Toinen ylläkuvatun menettelyn ongelma on se, että se olettaa vuokra-asuntojen vuokrien edustavan potentiaalista vuokratuottoa kaikille asunnoille, vaikka on realistista olettaa vuokra-asuntojen ja omistusasuntojen olevan erilaisia keskenään.

Yllä kuvattujen ongelmien välttämiseksi asuntoja käsittelevässä kirjallisuudessa arvonnousua kuvaava hintaindeksi muodostetaan yleensä joko toistuvien myyntien (engl. ”repeated sales”) tekniikalla tai hedonista regressiota hyödyntäen. Toistuvien myyntien metodologiassa (esim. Bailey ym. 1963; Case ja Shiller 1989) dokumentoiduista asuntokaupoista hintaindeksin laatimiseen hyödynnetään vain useaan kertaan tarkastelujaksolla myydyt asunnot, jotta asuntojen ajassa vaihtelevaa laatua voidaan kontrolloida. Hedonisia indeksejä puolestaan muodostetaan spesifioimalla hedoninen malli (ks. Rosen 1974) ja tarkastelemalla hintamuutoksia suhteessa mallin ennustamiin arvoihin.

3.2.2 Autokorrelaatiotutkimukset

Asuntomarkkinoiden autokorrelaatiotutkimukset ovat käytännössä täysin samankaltaisia kuin osakemarkkinoilla, ainoana erona ovat pienet vaihtelut käytetyn indeksin muodostamisessa. Gau (1984), Case ja Shiller (1989) sekä Roed Larsen ja Weum (2008) suorittavat testit, joissa tutkitaan hintaindeksin autokorrelaatioita eri viipeillä. Gau

suorittaa tutkimuksensa Vancouverilaisille liikekiinteistöille ja kerrostaloasunnoille vuosien 1971–1980 ajalta, Case ja Shiller neljän suuren Yhdysvaltalaisen metropolialueen asunnoille vuosilta 1970–1986 ja Larsen ja Weum Oslon asunnoille vuosina 1991–2002. Kaikki muut paitsi Gau havaitsevat markkinan olevan tehoton.

Autokorrelaatiotutkimusten ytimessä olevat regressiot ovat yleensä rakenteeltaan melko triviaaleja ja artikkelit käyttävätkin suuren osan pituudestaan aiemmassa alaluvussa esitettyjen aineistollisten ongelmien ratkaisemiseen, esimerkiksi vuokrien ja korkojen mallintamiseen.

3.2.3 Poikkileikkausaineistot ja mikrotehokkuus

Tutkimukset, joissa arvopaperimarkkinahenkisesti tarkastellaan, voidaanko poikkileikkausaineistosta valita säännöllä $g(\Phi_t)$ portfolio (tässä kontekstissa tarkoittaa joukkoa asuntoja), joka tuottaa periodien t ja $t+h$ välillä ylituottoa, ovat asuntomarkkinoiden tutkimuksessa harvinaisempia. Tällaiset tutkimukset vaativat tyypillisesti suuria aineistoja pitkältä ajanjaksolta ja ovat alttiimpia luvussa 3.2.1. käsitellyille ongelmille.

Linnemanin (1986) artikkeli on ensimmäinen tämän tyylinen tutkimus, mutta hän hyödyntää asuntojen hinta-arvioita todellisten myyntihintojen sijaan. Tutkimus hyödyntää Philadelphialaisten asuntojen hinta-arviot ja tarvittavat kontrollimuuttujat kattavaa aineistoa vuosilta 1975 ja 1978. Hän formuloi hedonisen mallin asunnoille vuonna 1975 ja tarkastelee, voiko mallilla ennustaa asuntojen arvonnousua vuosien 1975–1978 välillä. Tutkimuksessa mallilla havaitaan selvää ennustevoimaa ja markkina tulkitaan tehottomaksi. Tutkimuksessa huomautetaan kuitenkin ylituottojen olevan niin pieniä että markkina

Londerville (1998) toteuttaa samankaltaisen tutkimuksen Linnemanin kanssa mutta niin, että käytössä on oikeita asuntokauppoja Vancouverista vuosilta 1971–1985. Tutkimuksessa asunnot jaetaan portfolioihin sen mukaan, kuinka suuri hedonisen mallin virhetermi on, ja vertaillaan portfolioiden tuottoja ja Sharpen lukuja keskenään. Suuren negatiivisen virhetermin portfolioiden havaitaan tuotoltaan parhaiksi, mutta näiden Sharpen luvut eivät eroa tilastollisesti muista portfolioista. Ylituottoa ei pidettäkään merkitsevänä ja tulos markkina tehokkuudesta vaikuttaa osittain epäselvältä.

Andusen ja Roed Larsen (2018) hyödyntävät suurta mikroaineistoa Norjan asuntomarkkinoilta vuosilta 2002–2014 tutkiessaan asuntojen hinnanmääräytymistä yksilötasolla. Tutkijat ennustavat tarkasteluperiodilla useita kertoja myytyjen asuntojen myyntihintoja hedonisella regressiolla ja tarkastelevat miten nämä kehittyvät myyntien välillä. Tutkijat havaitsevat että ali- ja ylihinnoiteltuja asuntoja on mahdollista havaita ja seuraavalla myynnillä näiden hinta palaa kohti hedonisen mallin ennustamaa tasapainoa. Tutkijat kuitenkin osoittavat mallintamalla asunnonoston huutokauppaa, että poikkeavat myyntihinnat johtuvat huutokauppatilanteen tarjoajien määrästä ja preferensseistä, jotka ovat huutokauppatilanteelle satunnaisia. Lopuksi tutkijat testaavat mallin kykyä tuottaa ylituottoa havaiten tämän olevan mahdotonta. Markkina näyttäytyykin keskivahvasti tehokkaalta mikrotasolla.

Pakarinen (2018) tutkii väitöskirjassaan helsinkiläisiä asuntokauppoja vuosilta 2011–2012. Hän tarkastelee asuntomarkkinaa tehokkuusanalyysin näkökulmasta ja hyödyntää CNLS- (engl. convex nonparametric least squares) sekä StoNED-metodia (engl. stochastic non-smooth envelopment of data) muodostaakseen hedonisen hinnoittelufunktion asunnoille. Mallin avulla tutkitaan asuntokauppojen allokatiivista tehokkuutta ja tämän implikoimaa ostajien ja myyjien ylijäämää. Tehokkuuden estimaatiksi saadaan 92 % ja tehottoman osan arvioidaan jakautuvan keskimäärin ostajan hyväksi.

Vaikka kirjallisuus poikkileikkausaineistojen tutkimuksesta ja asuntomarkkinan mikrotehokkuudesta on vähäistä, voidaan asuntomarkkinan todeta olevan selkeästi tehokkaampi mikrotasolla verrattuna aggregaattitasoon. Asunnonostajilla vaikuttaakin siis olevan melko hyvä kyky erottaa yli- tai alihinnoitellut asunnot markkinoilta, mutta rajallinen kyky arvioida asuntojen arvoa ajassa. Ilmiötä kutsutaan rahoituksen kirjallisuudessa usein Samuelssonin lausunnoksi (engl. Samuelson’s dictum) Paul Samuelssonin mukaan, joka tiettävästi ensimmäisenä hypotetisoi asiasta.

3.2.4 Tuottojen ennustettavuus (keskivahva tehokkuus)

Hamilton ja Schwab (1985) regressoivat asuntojen odotettua arvonnousua eri Yhdysvaltalaisilla metropolialueilla käyttäen aluekohtaisia kyselyitä, joissa asunnon omistaja arvioi asuntonsa arvon ja aluekohtaisia selittäviä muuttujia. Tutkijat havaitsevat väestönkasvun, alueen tulotason kasvun ja aiemmman arvonnousun vaikuttavan odotettuun arvonnousuun epärationaalisesti. Momentum-dynamiikasta poiketen

tutkimuksessa havaitaan, että suurinta arvonnousua kokeneet asunnon omistajat odottivat pienempää arvonnousua kuin muut.

Case ja Shiller (1990) hyödyntävät samaa aineistoa kuin vuoden 1989 tutkimuksessaan, mutta nyt niin, että menneiden tuottojen lisäksi selittäviksi muuttujiksi lisätään suuri määrä aluekohtaisia muuttujia. Aikuisväestön muutosnopeudella ja reaalitulojen kasvulla havaitaan selvää ennustevoimaa tuottoihin ja markkina tuomitaan jälleen tehottomaksi.

3.2.5 Hintasyklit

Asuntomarkkinoiden tehokkuuden tarkastelussa mielenkiinto kohdistuu usein hintaliikkeiden pitkän aikavälin syklisyyteen ja tämän yhteyteen yleiseen makrotaloudelliseen tasapainoon. Asuntomarkkinan rooli suhdannevaihteluiden voimistajana tai jopa aiheuttajana on kirjallisuudessa yleisesti tunnettu asia (ks. esim. Leamer 2007, 2015) ja asuntomarkkinoita ohjaavan mahdollisesti epätehokkaan dynamiikan ymmärtäminen onkin luonnollisesti mielenkiintoista raha- ja talouspolitiikan kannalta.

Malpezzi (1999) muotoilee yksinkertaisen virheenkorjausmallin yhdysvaltalaisten metropolialueiden asuntojen hintaindekseille. Mallissa markkina on tasapainossa asuntojen hintojen ja ihmisten tulojen suhteen ollessa vakio. Hintojen poikkeaman näiden tasapainosta havaitaan lisäävän näiden korjausliikkeen kohti tasapainoa todennäköisyyttä ja tarjoavan merkittävää ennustevoimaa tuotoille. Konvergenssin nopeus ja voimakkuus havaitaan yhtä suuriksi riippumatta siitä, onko markkina tasapainotilansa ylä- vai alapuolella

Fu ja Ng (2001) tarkastelevat Hongkongilaisten asuntojen ja osakkeiden hinnanmääräytymistä VAR-mallin avulla. He havaitsevat selkeää informaation hidasta imeytymistä asuntomarkkinoilla. Mallin mukaan asuntomarkkina jättää hinnoittelussaan hyödyntämättä noin puolet edellisen periodin uutisista osakemarkkinan reagoidessa täydellisesti uutisiin. Informaation hitaan imeytymisen havaitaan myös pienentävän asuntomarkkinatuottojen varianssia ja vähentävän näiden korrelaatiota osakemarkkinatuottojen kanssa.

3.2.6 Kiinteistörahastot vs. fyysiset asunnot

Kiinteistörahastojen ja fyysisten asuntojen hintamuutosten vertailu on kiinnostavaa sen pystyessä tarjoamaan arvion siitä, kuinka paljon paremmin rahastomuotoinen asuntosijoitus reagoi talouden informaatioshokkeihin. Tämän analysointi puolestaan antaa mahdollisuuden tarkastella, kuinka keskeisiä fyysisen asuntomarkkinan erityispiirteet verrattuna arvopaperimarkkinoihin ovat tehokkuuden toteutumisen näkökulmasta. Yleisesti kiinteistörahastojen tehokkuus havaitaan paremmaksi kuin fyysisten asuntojen ja joskus jopa korkeammaksi kuin perinteisen osakemarkkinan.

Ling ym. (2000) testaavat yhdysvaltalaisten kiinteistörahastotuottojen ennustettavuutta suhteessa erilaisiin makrotaloutta ja sijoittajasentimenttiä kuvastaviin muuttujiin. Tavallista OLS-regressiota hyödyntäen tutkijat saavuttavat merkittävää ennustevoimaa tuotoille. Ennustevoima ei kuitenkaan säily korkealla out of sample -tarkastelussa ja arbitraasimahdollisuus transaktiokustannusten jälkeen todetaan vähäiseksi.

Oikarinen ym. (2011) tutkivat fyysisten asuntojen ja kiinteistörahastojen hintaliikkeiden dynamiikkaa pitkällä ja lyhyellä aikavälillä virheenkorjausmallien avulla. He havaitsevat, että kiinteistörahastojen ja fyysisten asuntojen välillä vallitsee yhteisintegroituneisuusrelaatio pitkällä aikavälillä samalla, kun kiinteisrahastotuotot Granger-aiheuttavat fyysisten asuntojen tuottoja lyhyellä aikavälillä. Koska aineiston rahastot eivät saa arvoaan samoista asunnoista, joita sisältyy fyysisten asuntojen indeksiin, päättelevät tutkijat yhteisintegroituudesta, että taloudessa on olemassa jonkinlainen yleinen kiinteistöjen riskitekijä, joka heijastuu ensin arvopaperimuotoisiin asuntoihin ja viiveellä fyysisiin asuntoihin.

Ryu ym. (2015) ennustavat fyysisten asuntojen tuottoja VAR-mallilla erilaisilla makromuuttujilla sekä kiinteistörahastojen tuotoilla. He havaitsevat, että kun selittävänä muuttujana on vain kiinteistörahastotuotot, antaa malli selvästi merkitsevän kertoimen näille. Kun malliin lisätään yleisiä makromuuttujia, pienenee kiinteistörahastotuottojen vaikutus liki merkityksettömäksi. Tutkijat päättelevät tämän implikoivan, että uutiset makrotalouden tilasta heijastuvat nopeammin kiinteistörahastoihin kuin fyysisiin asuntoihin.

Arvopaperimuotoisten asuntosijoitusten tutkiminen on ylipäätään laajahko kirjallisuudenhaara taloustieteen ja rahoituksen kirjallisuudessa, josta löytyy runsaasti

tuoretta tutkimusta. Kiinnostavia tämän tutkielman ulkopuolelle rajautuvia aiheita ovat muun muassa kiinteistörahastojen ja näihin kohdistuvan johdannaiskaupan yleistymisen asuntomarkkinoiden tehokkuutta kasvattava vaikutus sekä kiinteistörahastotuottojen korrelaatio osakeindeksien kanssa ja tämän seuraukset sijoitusportfolion suojauksessa.

4 Tehokkuuden testaaminen alueellisilla indekseillä

4.1 Aineisto

Tämän empirialuvun aineistona toimivat kaupunkikohtaiset vuositason aikasarjat vapaarahoitteisten yksiöiden ja kaksioiden hinnoista, vuokrista, hoitokuluista, sekä useista demografisista ja makrotaloudellisista muuttujista (Taulukko 1). Aikasarjat kattavat vuodet 2005-2022 rajauksen muodostuessa puhtaasti aineiston saatavuudesta. Tarkastelu vuositasolla neljännesvuositason sijasta on valittu osittain saatavilla olevien neljännesvuosittaisten aikasarjojen lyhyemmän pituuden vuoksi ja osittain etenkin pienemissä kaupungeissa neljännesvuosiaineistoissa esiintyvän ”kohinan” vuoksi. Aineiston pienemmissä kaupungeissa ei esimerkiksi tapahdu riittävää määrää asuntokauppoja, jotta neljännesvuosittaista asuntojen arvonnousua voisi estimoida luotettavasti.

Aineisto kattaa yhdeksän eri kaupunkia (Helsinki, Espoo-Kauniainen, Tampere, Vantaa, Oulu, Turku, Jyväskylä, Kuopio, Lahti) sekä kehyskunnat (Hyvinkää, Järvenpää, Kerava, Riihimäki, Kirkkonummi, Nurmijärvi, Sipoo, Tuusula, Vihti), joita käsitellään yhtenä alueena. Aineisto kokonaisuutena on siis 180 datapisteen laajuinen sen koostuessa kymmenestä 18 vuoden mittaisesta vektorin arvoisesta aikasarjasta.

Tarkastelun rajaus Suomen kymmeneen suurimpaan kaupunkialueeseen ja näiden yksiöihin ja kaksioihin on valittu markkinan homogeenisuuden maksimoimiseksi. Voidaan ajatella, että aineiston muodostavat asunnot ovat oleellisesti melko samankaltaisia ja näiden arvo määräytyy samanlaisen prosessin mukaan. Tarkasteltavan asuntomarkkinan rajauksen mielekkyyttä lisää erityisesti asuntotyyppien vuokra-asumisen suuri osuus. Vuonna 2022 Suomen kaikista yksiöistä vuokra-asuntoja oli 80 % ja kaksioista reilusti yli 60 % (Tilastokeskus 115y). Eli todennäköisesti suurin osa asuntotyyppien kaikesta asuntokaupasta käydään sijoitustarkoituksessa, jolloin markkinalla on runsaasti toimijoita, joilla on motivaatioita ja ammattitaitoa hyödyntää pienetkin arbitraasit ja täten lisätä markkinan tehokkuutta.

Yksiöiden ja kaksioiden erillinen tarkastelu puolestaan mahdollistaa potentiaalisesti kiinnostavan tiedon saamisen näiden tuottojen ennustettavuuksien eroista. Intuitiivisesti voisi kuvitella kaksioiden markkinan olevan tehottomampi näiden kalliimpien hintojen ja suurempien transaktiokustannusten takia.

Taulukko 1, Tuottojen laskemiseen käytetyt muuttujat ja selittävät muuttujat

Muuttuja	**Kuvaus**	**Lähde**
Hintaindeksi	Asuntotyyppikohtainen arvonmuutosta kuvaava indeksi	Tilastokeskus (13mz)
Neliövuokrat	Asuntotyyppikohtainen neliövuokra	Tilastokeskus (11x5)
Neliöhinnat	Asuntotyyppikohtainen neliöhinta	Tilastokeskus (13mw)
Hoitokulut	Keskimääräinen hoitokulu per neliömetri	Tilastokeskus (13jx)
Väestö	Aikuisväestön muutos	Tilastokeskus (112bg)
Väestö nuori	20-34 vuotiaan väestön muutos	Tilastokeskus (112bg)
Tulotaso	Käytettävissä olevien tulojen muutos	Tilastokeskus (11py)
Uudet asunnot	Yksiöiden ja kaksioiden määrän muutos alueella	Tilastokeskus (116a)
Korko	Saksan valtion 1v velkarjan tuotto	CNBC
Inflaatio	Yhdenmukaistettu kuluttajahintaindeksi	Tilastokeskus (11xk)
OMXH	Helsingin pörssin tuottoindeksi (OMXHGI)	Investing.com

4.2 Tuottojen laskeminen

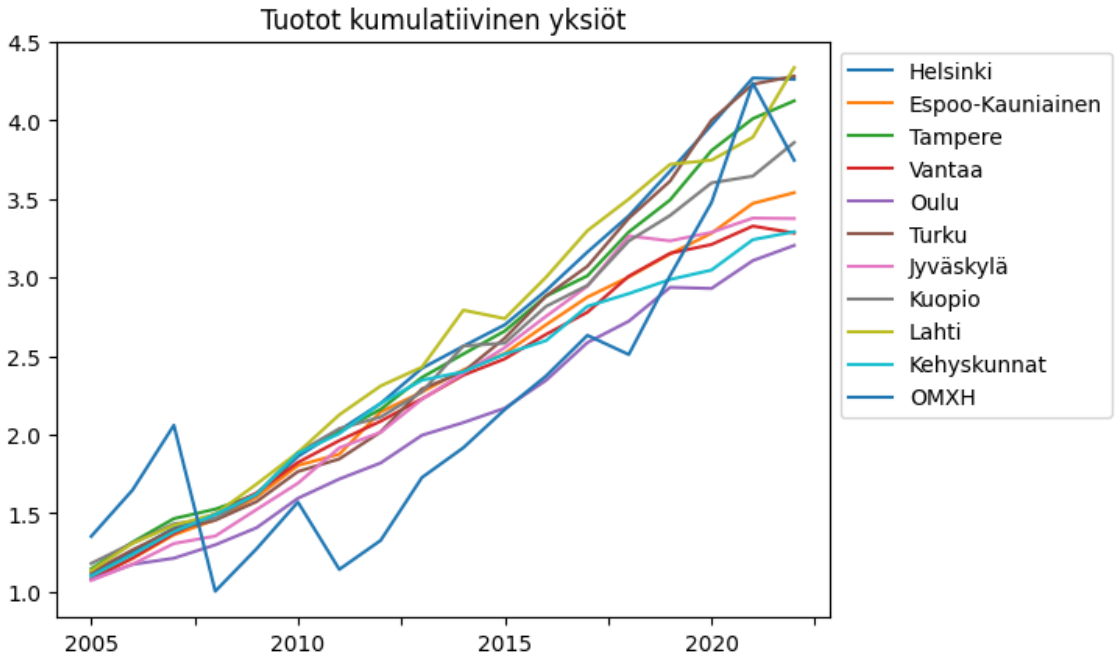
Asuntosijoittamisen ylituotot alueella i vuonna t $y_{i,t}$ on estimoitu seuraavasti:

$$y_{i,t} = a_{i,t} + \frac{r_{i,t} - m_{i,t}}{p_{i,t}} - i_t \quad (15)$$

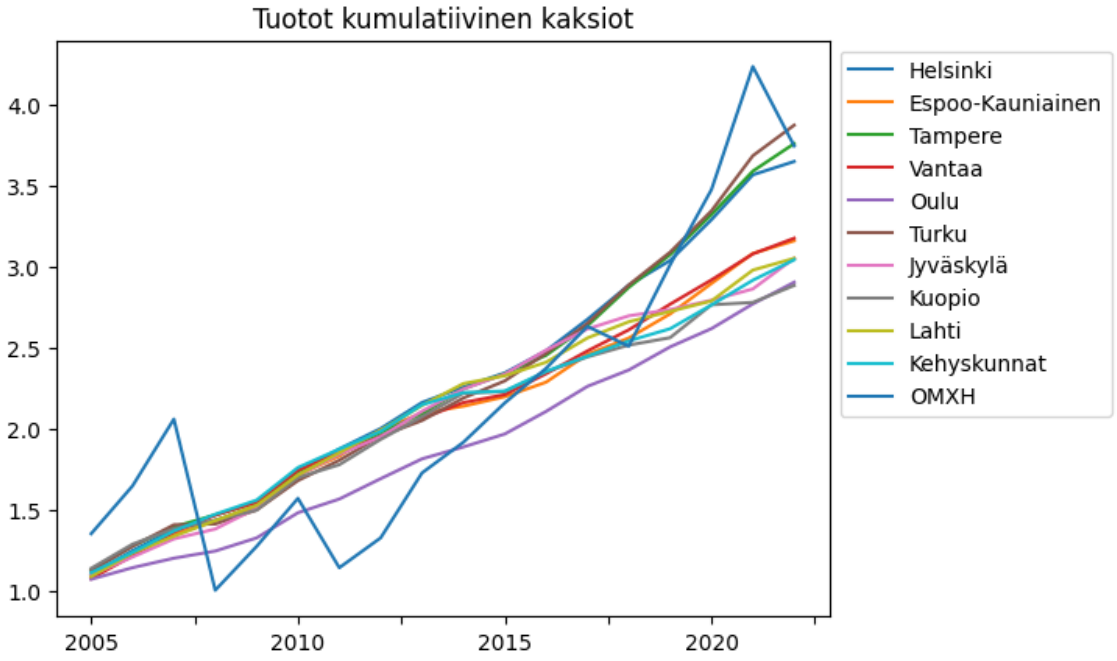
jossa $a_{i,t}$ on asuntojen arvonnousua kuvaava indeksi, $r_{i,t}$ asuntojen keskimääräinen neliövuokra, m_i asuntojen keskimääräinen asuinneliökohtainen hoitokustannus, $p_{i,t}$ asuntojen keskimääräinen neliöhinta ja i_t talouden riskitön korkotaso. Eli tuotot on laskettu yksinkertaisesti lisäämällä asunnon arvonnoususta saatava tuoton osuus hoitokuluilla oikaistuun hintavuokrasuhteeseen ja vähentämällä tästä riskitön korko.

On huomattava, että $y_{i,t}$ ei ole puhdas ylituotto, jolle pätisi tehokkuuden vallitessa $E[y_t|\Phi_{t-1}] = 0$, vaan tämä on vain riskittömän tuoton ylittävä tuotto, jonka odotusarvo on jokin nollaa suurempi sijoituskohteen riskillisyyttä heijasteleva arvo. $y_{i,t}$:n odotusarvon voisi ajatella myös ajatella vaihtelevan paikassa ja ajassa, jos esimerkiksi alueiden asuntomarkkinat olisivat heterogeeniset tai ihmisten riskipreferensseissä tapahtuisi intertemporaalisia muutoksia. Tarkasteluperiodin lyhyyden ja alueiden samankaltaisuuden takia, on kuitenkin kohtalaisen realistista olettaa riskipreemion olevan vakio.

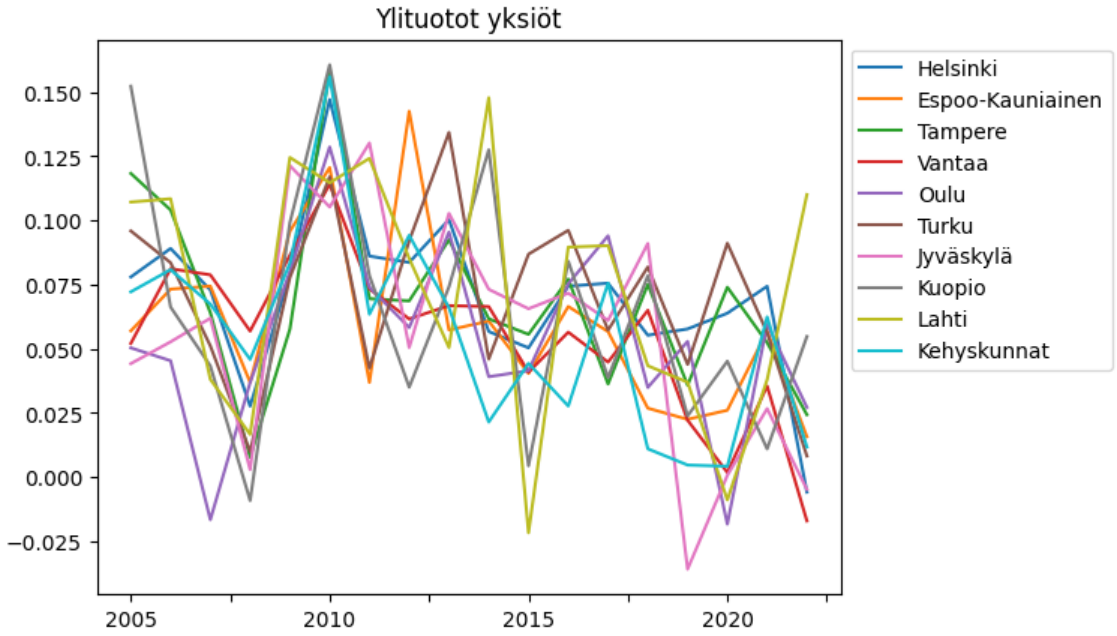
Ei ole täysin selvää, kuinka harhattomasti valittu tuottojen laskentatapa estimoi todellista populaatioparametria. Normaalisti kenties suurin haaste tuottojen laskemisessa liittyisi jo edellisessä luvussa käsiteltyyn arvonnousun estimointiin. Tässä tutkielmassa arvonnousun indeksi saadaan kuitenkin suoraan tilastokeskuksen tuottamana (laadittu käyttäen hedonista regressiota), joten tämän manuaaliselta laatimiselta vältytään. Menettelyn suurin epävarmuus liittyykin hintavuokrasuhteen laskemiseen. Ongelman aiheuttaa erityisesti se, että neliövuokrat havaitaan luonnollisesti vain vuokra-asunnoista, kun taas neliöhinnat havaitaan kaikista asuntokaupoista. Tämä aiheuttaa luultavasti hintavuokrasuhteisiin maltillista harhaa alaspäin, omistusasuntojen ollessa todennäköisesti paremmin kunnostettuja ja neliöhinnaltaan hieman korkeampia kuin vuokra-asunnot. Ideaalitilanteessahan haluaisimme käyttää hintavuokrasuhteen jakajassa vain sijoitustarkoitukseen (=vuokrattaviksi) ostettujen asuntojen neliöhintaa.



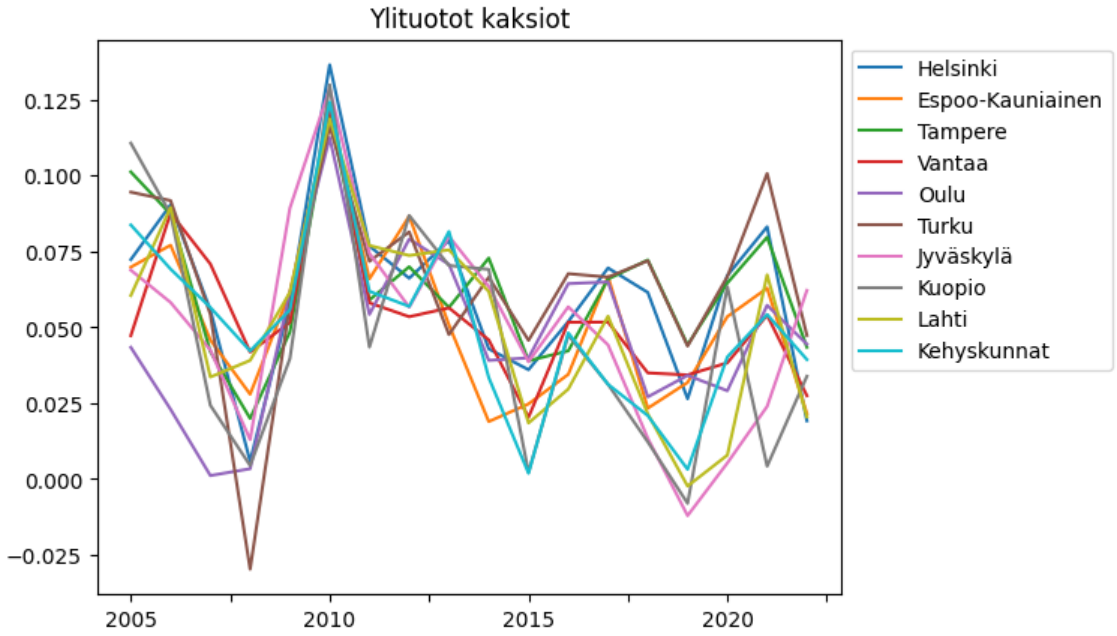
Kuvaaja 7, Asuntosijoittamisen kumulatiiviset alueelliset tuotot. Kuvaajaan piirretty vertailukohdaksi myös Helsingin pörssin tuottoindeksi.



Kuvaaja 8, Asuntosijoittamisen kumulatiiviset alueelliset tuotot. Kuvaajaan piirretty vertailukohdaksi myös Helsingin pörssin tuottoindeksi.



Kuvaaja 9, Yksiöiden vuosittaiset ylituotot ($y_{i,t}$) alueittain



Kuvaaja 10, Kaksioiden vuosittaiset ylituotot ($y_{i,t}$) alueittain

Kuten kuvaajista 7 ja 8 havaitaan, on asuntosijoittaminen ollut varsin kannattavaa tarkasteluperiodilla. Erityisesti yksiöissä asuntosijoittaminen on ollut monilla alueilla selvästi osakemarkkinaa tuottavampaa tarjoten samalla pienemmän varianssin tuotoille. On kuitenkin huomattava, että tarkasteluperiodin rajaus on asuntosijoittamiselle varsin

suopea, sen loppuessa juuri ennen vuoden 2023 asuntojen hintojen laskua. Yksiöihin sijoittaminen on ollut tarkasteluperiodilla hieman kannattavampaa kuin kaksioihin yksiöiden keskimääräisen vuosituoton ollessa 7,7 % ja kaksioiden 6,8 %. Yksiöiden korkein keskimääräinen vuosituotto on lahdessa (8,6 %) ja matalin Oulussa (6,7 %). Kaksioilla korkein tuotto puolestaan on Turussa (7,9 %) ja matalin niin ikään Oulussa (6,1 %).

Yksittäisten alueiden vuosittaisten tuottojen kuvaajista on ainakin paljaalla silmällä vaikea havaita minkäänlaista selkeää autokorrelaatiorakennetta. Sen sijaan tuottojen korreloituminen poikkileikkauksessa on huomattavan voimakasta. Poikkileikkauksen korreloituneisuus vaikuttaisi olevan jostain syystä voimakkaampaa kaksioissa kuin yksiöissä implikoiden, että näiden tuottoon vaikuttavat vähemmän alueelliset shokit ja enemmän maanlaajuiset shokit verrattuna yksiöihin. Kenties esimerkiksi makrotaloudelliset muutokset heijastuvat selkeämmin kaksioiden hintoihin ja vuokriin näissä asuvien ihmisten saadessa suuremman osan tuloistaan palkkatuloina asumisen kysynnän ollessa tällöin suhdanneherkempää.

4.3 Malli ja menetelmä

Tehokkuuden testaaminen toteutetaan tutkielmassa tarkastelemalla asuntosijoittamisen tuottojen ennustettavuutta kaupunkikohtaisesti. Tuottoja pyritään selittämään erilaisilla kaupunkikohtaisilla muuttujilla sekä yleisillä makrotaloudellisilla muuttujilla. Kyseessä on siis testi keskivahvalle tehokkuudelle.

Testaamisen teoreettiseksi lähtökohdaksi voidaan spesifioida seuraava tavanomainen lineaarinen malli:

$$y_{i,t} = \alpha + x'_{i,t-h}\beta + \varepsilon_{i,t} \tag{16}$$

jossa $y_{i,t}$ on periodin t tuotto kaupungissa i, α mallin vakio, joka voidaan tulkita CAPM-henkisesti riskipreemioksi, $x'_{i,t-h}$ vektori ajallisesti viivästettyjä selittäviä muuttujia ja $\varepsilon_{i,t}$ mallin virhetermi, joka kuvastaa periodin t shokkia tuottoihin.

$x'_{i,t-h}$:n selittävät muuttujat on laadittu niin, että ne ovat edellisellä periodilla tapahtunut prosentuaalinen muutos selvittävän muuttujan arvossa. Tämä mahdollistaa niiden tulkinnan shokkeina taloudessa, mikä antaa puolestaan parametreille selkeämmän tulkinnan informaation hitaan imeytymisen kannalta. Esimerkiksi edellisen periodin

työllisyyden muutoksen parametrin tulkinta on yksinkertaista tämän edustaessa sitä, kuinka voimakkaasti mennyt shokki työllisyyteen vaikuttaa tulevaan tuottoon, ja on täten liitettävissä suoraan informaation hitaaseen imeytymiseen.

Tehokkaiden markkinoiden mukainen nollahypoteesi on luonnollisesti:

$$H_0: \quad \beta = 0$$

eli tuottojen tulisi määräytyä ainoastaan riskipreemion ja epäsystemaattisen shokin kautta, kaiken aiempien periodien informaation ollessa imeytyneenä hintaan. Tällöin mallin selitysasteen (R^2) tulisi myös olla nolla.

Ainoaksi haasteeksi jääkin β:n estimointi ja tämän keskivirheiden määrittäminen, johon paneeliaineiston riippuvuusrakenne kuitenkin tuottaa omat ongelmansa. Tavallinen pooled OLS -menettely tuottaisi β:lle harhattoman estimaatin, mutta keskivirheiden estimointi tavallisella kovarianssimatriisilla tuottaisi virheellisen estimaatin johtuen aineiston klusteriluonteesta.

Mallissa $x_{i,t-h}$:t ovat korreloituneita sekä poikkileikkaus- että aikaulottuvuudessa. Esimerkiksi työllisyyden muutokset ovat luonnollisesti alueittain joka periodi hyvin saman suuntaisia ja samalla alueen sisällä sarjakorreloituneita. Virhetermi on samalla järkeilyllä myös korreloitunut poikkileikkauksessa, mutta tämän sarjakorreloituneisuudelle ei pitäisi olla mitään perustetta termin edustaessa tulkinnallisesti ennakoimattomia muutoksia asunnon tuottoon. Ainoa tapaus, jossa $\varepsilon_{i,t}$ voisi olla sarjakorreloitunut, olisi tilanne, jossa markkina ei toteuttaisi heikkoa tehokkuutta ja aiemman periodin tuotot eivät kuuluisi $x_{i,t-h}$:n. Tällöinkään ei tosin olisi täysin selvää korreloisivatko $\varepsilon_{i,t}$:t ajassa, sillä markkinan heikko tehottomuus olisi todennäköisesti seurausta markkinan keskivahvasta tehottomuudesta[2] ja tuottoja selittävien muuttujien informaation hitaasta imeytymisestä, joka ainakin osittain sisältyisi β:aan.

[2] Sisäinen matemaatikkoni haluaa uskoa, että maltillisilla sijoituskohteen tuoton muodostukseen ja informaation leviämiseen liittyvillä oletuksilla voidaan osoittaa, että markkinan heikon tehokkuuden välttämättömänä ehtona toimii tehottomuus joukkoerotuksen $\Phi_t \setminus \Upsilon_t$ suhteen, jossa Φ_t on tavanomainen keskivahvan tehokkuuden informaatiojoukko ja Υ_t sijoituskohteen tuotto/hintahistorian kattava joukko. Intuitiivisestihän on selvää, ettei markkinan tehottomuutta voi aiheuttaa yksin aiempien tuottojen puuttuminen hinnoittelun piirissä olevasta informaatiojoukosta näiden ollessa täysin merkityksettömiä sijoituskohteen voiton tuottokyvyn suhteen.

Klusterirobustit keskivirheet huomiovan kovarianssimatriisin käyttö niin, että saman ajanhetken havainnot tulkittaisiin yhdeksi klusteriksi, olisi tällaisessa tilanteessa ideaalia. Valitettavasti aineistossa ei kuitenkaan ole tarpeeksi ajanhetkiä (18), jotta estimaattorin asymptoottisiin ominaisuuksiin voitaisiin luottaa (Angrist ja Pischke 2008 uskovat tarvittavan määrän olevan jossain neljänkymmenen ja viidenkymmenen välillä).

Toiseksi vaihtoehdoksi jää kiinteiden vaikutusten (engl. fixed effects, tai time fixed effects kun keskiarvo otetaan poikkileikkauksesta) mallin hyödyntäminen niin, että selitettäväksi muuttujaksi muodostuu alueen tuotto vähennettynä ajanhetken kaikkien alueiden keskiarvotuotosta. Tällöin malliksi muodostuu:

$$y_{i,t} - \bar{y_t} = \beta\left(x'_{i,t-h} - \overline{x'_{t-h}}\right) + \varepsilon_{i,t} - \bar{\varepsilon_t}$$

$$\widetilde{y_{i,t}} = \beta\widetilde{x'_{i,t-h}} + \widetilde{\varepsilon_{i,t}} \qquad (17)$$

Fixed effects -mallinnuksen suurimpana miinuspuolena on tiettyjen makromuuttujien menettäminen potentiaalisista selittävistä muuttujista näiden ollessa kaikilla alueilla samat. Esimerkiksi taloudessa vallitseva korko ja inflaatio joudutaan jättämään pois selittävistä muuttujista. Toisaalta fixed effects -menettely parantaa β:n kerrointen luotettavuutta sen eliminoidessa kaikki muutkin mahdolliset alueiden yhteiset makroshokit pois virhetermistä.

4.4 Tulokset ja keskustelu

Estimointi sekä yksiöiden että kaksioiden tuotoille tapahtuu yhtälön 17 mukaan fixed effects -mallia hyödyntäen siten, että molemmille asuntotyypeille β estimoidaan h:n arvoille 1, 2, 3 ja 4. Useampi regressio eripituisille viipeille molemmille asuntotyypeille mahdollistaa paremman tulosten järjellisyyden tarkastelun ja mahdollisen mallin väärin spesifioinnin identifikaation. Olisi esimerkiksi melko arveluttavaa, mikäli malli tarjoaisi suurta ennustevoimaa pitkillä viipeillä, ennustevoima kasvaisi viipeen kasvaessa tai tulokset olisivat hyvin erilaiset asuntotyyppien välillä.

Tulokset on raportoitu taulukoihin 2 ja 3, niin että kaikille muuttujille näiden kaikilla viipeillä on estimoitu niiden regressiokertoimen arvo, tämän keskivirhe sekä p-arvo. Myös mallin selitysaste on kirjattu sarakkeiden alareunaan.

Taulukko 2, Tulokset yksiöt

	X_{t-1}		X_{t-2}	
Selittävä muuttuja	**Kerroin**	**P-arvo**	**Kerroin**	**P-arvo**
Arvonnousu	-0.2277	0.001	0.0904	0.207
	(0.066)		(0.071)	
Työllisyys	0.1913	0.478	0.4602	0.106
	(0.269)		(0.283)	
Tulotaso	-0.0368	0.851	0.5349	0.012
	(0.195)		(0.21)	
Uudet asunnot	-2.1854	0.000	-0.5944	0.147
	(0.377)		(0.408)	
Väestö	1.3253	0.037	0.2359	0.721
	(0.632)		(0.658)	
Västö nuori	0.7106	0.008	0.1354	0.625
	(0.266)		(0.277)	
R-squared	0.199		0.104	
Adj. R-squared	0.171		0.073	
	X_{t-3}		X_{t-4}	
Arvonnousu	-0.0703	0.354	-0.0922	0.229
	(0.076)		(0.076)	
Työllisyys	0.0637	0.852	-0.3747	0.264
	(0.34)		(0.334)	
Tulotaso	-0.1772	0.410	0.2233	0.227
	(0.215)		(0.184)	
Uudet asunnot	-0.8813	0.036	-0.5232	0.209
	(0.417)		(0.415)	
Väestö	0.1612	0.811	-0.1969	0.767
	(0.675)		(0.663)	
Västö nuori	0.0461	0.868	-0.0845	0.750
	(0.276)		(0.265)	
R-squared	0.050		0.055	
Adj. R-squared	0.017		0.023	

Taulukko 3, Tulokset kaksiot

	X_{t-1}		X_{t-2}	
Selittävä muuttuja	**Kerroin**	**P-arvo**	**Kerroin**	**P-arvo**
Arvonnousu	0.0591	0.180	0.0468	0.318
	(0.044)		(0.047)	
Työllisyys	0.0192	0.914	0.1909	0.304
	(0.178)		(0.185)	
Tulotaso	0.0300	0.817	0.1507	0.276
	(0.129)		(0.138)	
Uudet asunnot	-1.1014	0.000	-0.8591	0.002
	(0.25)		(0.267)	
Väestö	1.1742	0.006	1.0431	0.017
	(0.419)		(0.431)	
Västö nuori	0.5251	0.003	0.1262	0.487
	(0.176)		(0.181)	
R-squared	0.181		0.104	
Adj. R-squared	0.152		0.073	

	X_{t-3}		X_{t-4}	
Arvonnousu	-0.0331	0.505	-0.0101	0.842
	(0.05)		(0.05)	
Työllisyys	-0.2192	0.326	-0.1424	0.520
	(0.222)		(0.221)	
Tulotaso	-0.1270	0.368	0.1970	0.107
	(0.141)		(0.122)	
Uudet asunnot	-0.7886	0.004	-0.4881	0.077
	(0.273)		(0.274)	
Väestö	0.7471	0.092	0.6441	0.144
	(0.442)		(0.439)	
Västö nuori	0.102	0.574	0.0287	0.870
	(0.181)		(0.175)	
R-squared	0.051		0.038	
Adj. R-squared	0.019		0.005	

Tulokset puoltavat markkinan tehottomuutta ja informaation hidasta imeytymistä asuntomarkkinoilla. Viipeillä yksi malli tarjoaa selvää ennustevoimaa sekä yksiöiden, että kaksioiden tuotoille selitysasteiden ollessa noin 0.2. Tilastollisesti merkitseviä selittäviä muuttujia molemmille asuntotyypeille ovat muutokset väestömäärässä ja asuntojen määrässä. Lisäksi yksiöille edellisen periodin arvonnousu on merkitsevä.

Selittävien muuttujien viivettä kasvatettaessa tulokset käyttäytyvät intuitiivisen ”kauniisti” informaation hitaan imeytymisen näkökulmasta. Viipeen kasvaessa aiemmin merkitsevien muuttujien kertoimet lähestyvät nollaa näiden keskivirheiden samalla kasvaessa. Myös mallin selitysaste laskee tasaisesti kohti nollaa viipeen funktiona. Kaikkien merkitsevien kerrointen merkki on odotettu ja säilyy samana viivettä kasvatettaessa.

Selitysasteita tarkasteltaessa on huomattava näiden kuvastavan fixed effects -mallinnuksesta johtuen mallin selitysastetta poikkileikkauksessa. Eli R^2 ilmaisee vain sen, kuinka suuren osan poikkileikkauksissa esiintyvästä varianssisista malli pystyy selittämään, eikä kerro mitään siitä, kuinka paljon ennustevoimaa se tarjoaa tuottojen ajallisessa ennustamisessa. Todellinen ennustevoima tuotoille, onkin luultavasti jonkin verran korkeampi ottaen huomioon alueiden tuottojen voimakkaan korrelaation ajassa.

X_{t-h}:ien ollessa periodilla $t-h$ tapahtuneita prosentuaalisia muutoksia muuttujien arvoihin on regression kerrointen tulkinta helppoa. Ne kertovat, kuinka monta prosenttiyksikköä tuotto keskimääräisesti muuttuu, kun selittävä muuttuja kasvaa yhden prosenttiyksikön. Esimerkiksi, kun alueen väestö kasvaa prosentilla edellisenä vuotena, on yksiöiden tuotto alueella keskimärin 1,3 % suurempi.

Mennyt arvonnousu[3] on kertoimista tulkinnaltaan monimutkaisin. Jos informaatio imeytyy hitaasti markkinoilla, mutta asunnon ostajat ja sijoittajat ovat rationaalisia, muodostuu arvonnousun kerroin periodia $t-h$ edeltäneillä periodeilla imeytymättä jääneestä informaatiosta, mikä aiheuttaa heikkoa tehottomuutta hintaan. Tällöin hypoteettinen malli, johon sisällytettäisiin kaikki mahdolliset hintaan vaikuttavat selittävät muuttujat suurella määrällä eri viipeitä, antaisi arvonnousulle kertoimen nolla,

[3] Arvonnousun muutos on valittu malliin menneiden tuottojen korvaajaksi, jotta viivettä kasvattaessa ei menetetä joka kerta kymmentä havaintoa. Arvonnousu ei ollut rajoittava tekijä tuottoaikasarjoja muodostettaessa ja sen havainnot yltävätkin kauemmas historiaan kuin tuottojen. Tuottojen varianssin muodostuessa suurimmaksi osaksi arvonnoususta pitäisi tämän ajaa tehtävänsä mallissa melko hyvin.

sillä rationaaliset asunnonostajat eivät muodosta uskomuksiaan tulevaisuuden tuotoista menneiden tuottojen perusteella, vaikka informaatio saapuisikin heille viiveellä. Jos taas asunnonostajat toimivat epärationaalisesti markkinoilla, esimerkiksi jonkin työn teoriaosuudessa esitellyn menneitä tuottoja ekstrapoloivan dynamiikan mukaan, voisi mennyt arvonnousu saada kertoimen, joka ei olisi selitettävissä millään selittävien muuttujien menneiden arvojen kombinaatiolla.

Kertoimet antavat selkeän kuvan siitä, että alueen väestönkasvu ja asuntotarjonnan lisääntyminen eivät heijastu tehokkaasti asuntojen hintaan näiden säilyttäessä merkittävyytensä vielä pidemmilläkin viipeillä. Sen sijaan makrotalouden tilaa heijastelevat muuttujat työllisyys ja tulotaso eivät tarjoa käytännössä minkäänlaista ennustevoimaa tuottoihin kummassakaan asuntotyypissä. Syynä tähän voi olla joko se, että asuntosijoittajat tekevät sijoituspäätöksiään enemmän makrotaloudellisten mittarien pohjalta ja jättävät osittain huomiotta alueellisen asuntotarjonnan ja muuttoliikkeen, tai se, että informaatio imeytyy yhtä suurella viiveellä kaikissa muuttujissa, mutta mallin makroshokeilla ei yksinkertaisesti ole juurikaan vaikutusta asuntojen arvonmääräytymiseen. On esimerkiksi mahdollista, etteivät muutokset alueen työllisyydessä ja tulotasossa erotettuna yleisestä makrotalouden muutoksesta (Fixed effects tekee juuri tämän) vaikuta merkittävästi asuntotyyppien arvoon. Tätä hypoteesia tukisi yksiöissä ja kaksioissa asuvien kotitalouksien tulojen muodostuminen suurilta osin erilaisista sosiaalietuuksista tai sosiaalietuuksien tasoa lähellä olevasta palkasta, tällaisten kotitalouksien asumisen kysynnän ollessa hyvin ei-suhdanneherkkää.

Kenties mielenkiintoisin mallista puuttuva muuttuja on talouden korkotaso tämän vaikuttaessa ylituottoihin suoraan näiden määritelmän kautta sekä asuntojen kysyntään lainausrajoitteiden kautta. Tulosten valossa olisi odotettavaa, että korko tarjoaisi potentiaalisesti melko merkittävääkin ennustevoimaa hintoihin ottaen huomioon, että markkinoiden ennakoimat korkomuutokset vaihtuvat usein melko nopeasti ja radikaalisti ajassa. Jos sijoittajat eivät huomioi helposti ennakoitavia väestönkasvua ja asuntotarjonnan lisäystä ajoissa, olisi kohtalaisen epäintuitiivista ajatella, että paljon suuremman varianssin omaava korkomuutos tulisi ennakoitua oikein.

Toinen kiinnostava puuttuva muuttuja olisi likvidimpien omaisuusluokkien kuten osakkeiden arvonmuutosta kuvaava indeksi. Uutisten imeytyessä nopeammin ja oikeasuhtaisemmin osakemarkkinoille kuin asuntomarkkinoille (Fu ja Ng 2001; Ryu ym.

2015) on todennäköistä, että menneet osakemarkkinatuotot pitäisivät sisällään informaatiota, joka ei näkyisi vielä asuntojen hinnoissa. Erityisen kiinnostavaa olisi ollut suomalaisten kiinteistörahastotuottojen sisällyttäminen malliin. Kiinteistörahastojen havaittaessa usein toimivan informaatiotehokkaammin verrattuna fyysisiin asuntoihin (Hearth ja Maier 2015) olisi näiden tuotot potentiaalisesti ollut ennustevoimaa nostattava muuttuja. Valitettavasti Suomessa ei vielä toiminut yhtään kiinteistörahastoa tarkasteluperiodin alussa, joten tuottojen aikasarjan laatiminen on mahdotonta, ja erityisen mahdotonta alueellisesti.

Tutkielmaa tehdessä testattiin myös useita pooled-regressiomalleja tuotoille, jolloin myös makromuuttujia pystyttiin sisällyttämään malliin. Esimerkiksi malli, jossa on taulukoiden 2 ja 3 muuttujien lisäksi korko, Helsingin pörssin tuottoindeksi ja kuluttajahintaindeksi, antaa R^2-arvoksi noin 0.4 molemmille asuntoluokille viipeellä 1, mikä on linjassa Case ja Shiller 1990 sekä Fu ja Ng 2001 tutkimuksissa havaittujen selitysasteiden kanssa. Onkin jossain määrin uskottavaa, että pooled-mallit kykenisivät saavuttamaan suunnilleen tämän suuruusluokan ennustevoiman alueellisille tuotoille, mutta mallien selitysasteita tai muuttujien kertoimia on vaikea osoittaa tilastollisesti merkitsevästi aineiston vähyyden ja klusteriluonteen takia[4].

Pooled-mallien tuloksiin on näiden harhattomuudesta huolimatta kaiken kaikkiaan suhtauduttava suurella varautuneisuudella. Esimerkiksi ylisovittamisen riski on merkittävä suurehkolla määrällä muuttujia ja vähäisellä määrällä aidosti riippumattomia havaintoja. Tästä kielii esimerkiksi mallien selitysasteiden jääminen yli 0.1 vielä viipeillä $h = 4$, mikä on ristiriitaista fixed effects -tuloksien ja yleisen intuition kanssa. Mallien tuloksia ei raportoidakaan ollenkaan, vaan näitä käytetään vain keskustelun tukena.

Aineiston suppeus rajaa pois myös out of sample -tarkasteluiden mahdollisuuden. Tavallaan mallin ylisovittaminen tai täsmällisten keskivirheiden muodostamisen hankaluus ei haittaisi, jos käytössä olisi arvopaperimarkkinoiden testaamisesta tuttu käytänne, jossa osa aineistosta jätettäisiin koneoppimishenkiseen testiaineistoon, jolla validoitaisiin mallin kyky tuottaa ylituottoa.

[4] Liitteessä 1 kuvaajissa 13 ja 14 on visualisoituna pooled-mallien residuaaleja. Näistä voi nähdä karkeasti, kuinka voimakkaasti iid-oletus rikkoontuu klusterin sisällä.

5 Tehokkuuden maanlaajuinen testaaminen

5.1 Aineisto ja malli

Edeltänyt empiirinen analyysi ei tarjonnut kovinkaan mielenkiintoisia tuloksia tuottojen ennustettavuuden ajallisesta dynamiikasta. Tämän empirialuvun tarkoituksena onkin yrittää identifioida paremmin makrotaloudellisten muutosten vaikutuksia tuottoihin.

Aineistona toimii tällä kertaa kaikkien muuttujien neljännesvuosittaiset aikasarjat (Taulukko 4). Tarkastelu kohdistuu nyt kuitenkin vain koko maan ja pääkaupunkiseudun yksiöihin ja kaksioihin niin, että näitä kaikkia tarkastellaan omilla malleillaan. Tarkasteluperiodina toimii 2006Q1-2023Q2. Suuremman määrän itsenäisiä havaintoja tiheämmässä aikasarjassa pitäisi luoda hyvät edellytykset makroshokkien vaikutusten identifikaatioon.

Pääkaupunkiseudun tarkastelu koko maan rinnalla on tarkoitettu lähinnä antamaan viitteitä siitä, onko asuntomarkkinan tehokkuudessa alueellisia eroja. Olisi esimerkiksi jossain määrin intuitiivista ajatella pääkaupunkisudun asuntomarkkinan olevan tehokkaampi kuin muun suomen johtuen alueen laajemmasta markkinasta sekä varakkaammasta ja taloudellisesti valveutuneemmasta väestöstä. Muun muassa Hjalmarsson ja Hjalmarsson (2006) havaitsevat tämän tyylisen efektin ruotsalaisten kaupunkien välillä.

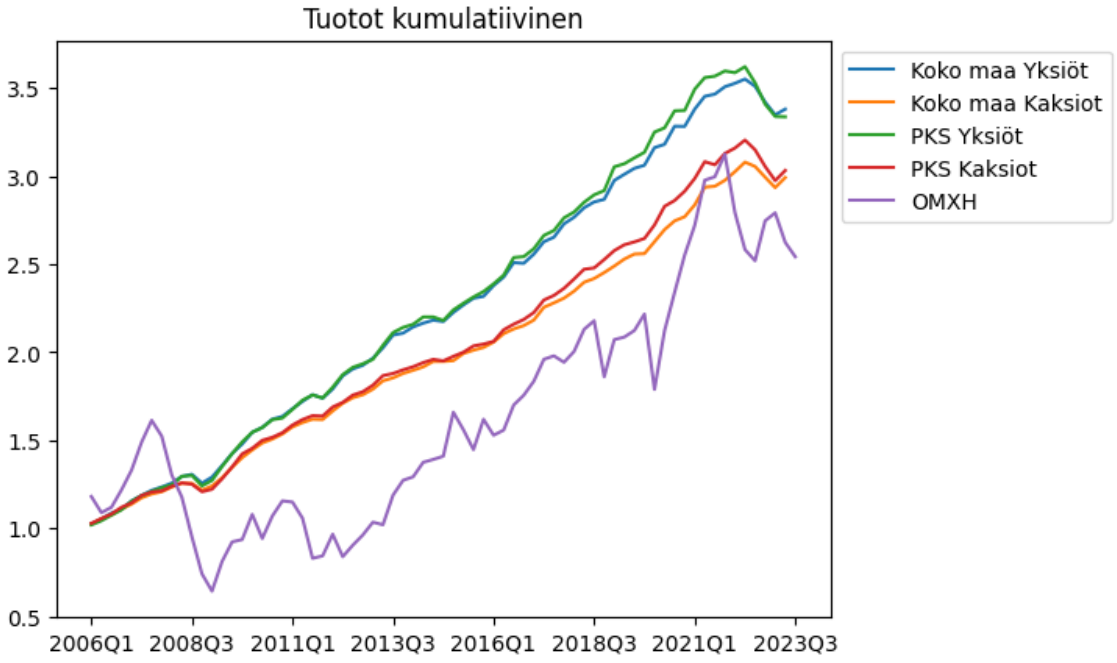
Mallina luvun kaikille tuloksille toimii yhtälön (16) mukainen tavallinen lineaarinen regressiomalli. Nyt alueindeksi i on kuitenkin luonnollisesti kaikille havainnoille sama ja aikaindeksi t kuvaa neljännesvuotta.

Ylituottojen laskentatapa säilyy muuten identtisenä aiemmasta empirialuvusta, mutta riskitöntä korkoa estimoivan velkakirjan maturiteetti putoaa 3kk mittaiseksi.

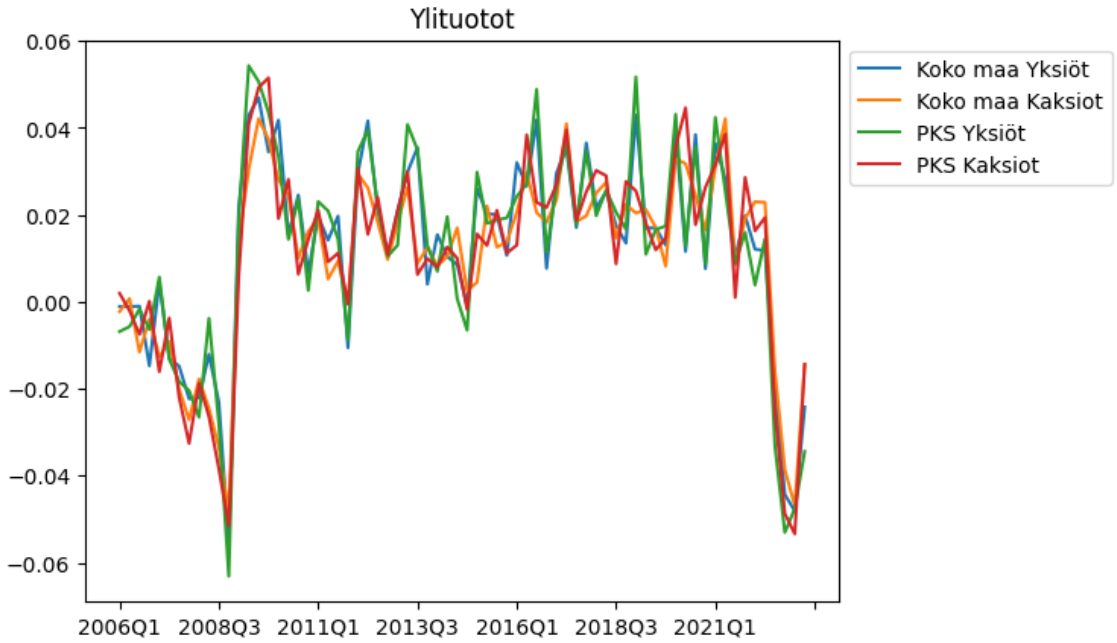
Taulukko 4, Tuottojen laskemiseen käytetyt muuttujat ja selittävät muuttujat neljännesvuosittain

Muuttuja	**Kuvaus**	**Lähde**
Hintaindeksi	Asuntotyyppikohtainen arvonmuutosta kuvaava indeksi	Tilastokeskus (13my)
Neliövuokrat	Asuntotyyppikohtainen neliövuokra	Tilastokeskus (11x4)
Neliöhinnat	Asuntotyyppikohtainen neliöhinta	Tilastokeskus (13mv)
Työllisyys	Työllisyysaste	Tilastokeskus (11tj)
BKT	Bruttokansantuotteen lisäys	Tilastokeskus (132g)
Inflaatio	Yhdenmukaistettu kuluttajahintaindeksi	Tilastokeskus (11xs)
OMXH	Helsingin pörssin tuottoindeksi (OMXHGI)	Investing.com
Korko	Saksan valtion 3kk velkarjan tuotto	Investing.com

5.2 Aineiston kuvailu



Kuvaaja 11, Kumulatttiviset tuotot neljännesvuosittain



Kuvaaja 12, Ylituotot neljännesvuosittain

Kuvaajasta 11 välittyy edellisen luvun tavoin asuntosijoittamisen kannattavuus verrattuna osakesijoittamiseen tarkasteluperiodilla. Asuntosijoittaminen näyttäytyy nyt kenties vielä

kannattavampana, kun tämän merkittävästi osakemarkkinaa pienemmän tuottojen varianssin näkee selkeästi. Jos kuvaajaa katsoo tarkkaan, voi asuntomarkkinatuotoissa huomata työn teoriaosuudessa ennustettua informaation hitaan imeytymisen tuottamaa käyttäytymistä. Asuntomarkkinatuotot muistuttavat hieman smoothing filter -tyylistä muunnosta osakemarkkinatuotoista: tuotot seuraavat osakemarkkinan tuottoja viiveellä tasoittaen näiden suurimmat poikkeamat trendistä.

Neljännesvuosittaiset ylituotot (kuvaaja 12) näyttävät silminnähden autokorreloituneilta. Erityisesti tarkasteluperiodin molempien päätyjen makrotaloudellisesti epävakaammissa oloissa sarjakorrelaatio on helposti havaittavaa, mutta myös 2008–2021 kattavan vakaamman ajanjakson tuotot näyttävät melko selkeästi autokorreloituneilta.

5.3 Tulokset ja keskustelu

5.3.1 Heikko tehokkuus

Ennustettavuuden analyysi aloitetaan tarkastelemalla markkinan heikkoa tehokkuutta. Molemmille asuntotyypeille molemmilla alueilla estimoitiin AR-mallit viipeille 1–5. Tulokset näiden mallien selitysasteista on raportoitu taulukkoon 5.

Taulukko 5, AR-mallien selitysasteet (R^2) eri viipeillä

	Koko maa		Pääkaupunkiseutu	
Viive	**Yksiöt**	**Kaksiot**	**Yksiöt**	**Kaksiot**
1	0.35	0.54	0.36	0.50
2	0.22	0.25	0.16	0.25
3	0.08	0.11	0.08	0.07
4	0.07	0.08	0.05	0.05
5	0.01	0.02	0.02	0.01

Tuloksista havaitaan heti, ettei markkina toteuta heikkoa tehokkuutta. Mallit tarjoavat viipeellä 1 liki ällistyttävän suuria selitysasteita ja vielä viipeillä 2 ja 3 selitysasteet ovat tilastollisesti merkitseviä ja ennustettavuuden kannalta huomattavia. Neljännesvuositarkastelussa on kuitenkin huomattava, ettei periodin $t-1$ informaatio ole todennäköisesti täysin markkinoiden yleisessä käytössä vielä periodilla t johtuen tilastojen julkaisuun liittyvästä viipeestä. Viipeen 1 mallien selitysasteisiin onkin suhtauduttava varauksella.

Vaikka edeltävät tuotot tarjoavat lyhyillä viipeillä suurta ennustevoimaa, hiipuu näiden merkitys kuitenkin nopeasti. Yli vuoden takaisella tuottoinformaatiolla ei ole enää tilastollisesti merkitsevää vaikutusta tuottoihin. Tämä selittänee myös edellisen luvun tuloksen aiempien tuottojen merkityksettömyydestä, kun käytössä olivat vuosittaiset aikasarjat. Markkina vaikuttaisikin tehokkaammalta kuin esimerkisi Case ja Shiller (1989) ja Roed Larsen ja Weum (2008) tutkimuksissa, joissa viipeellä 4 havaitaan yli 0.15 suuruista ennustevoimaa.

Kiinnostavana huomina voidaan havaita kaksioiden tuottojen olevan helpommin ennustettavissa verrattuna yksiöihin. Sen sijaan koko suomen ja pääkaupunkiseudun välillä ei ole huomattavaa eroa.

5.3.2 Keskivahva tehokkuus

Keskivahvan tehokkuuden malleissa selittävinä muuttujina toimivat BKT, $Korkotaso$, $Korko$, $OMXH$, $Inflaatio$, $Työllisyys$ sekä $Tuotto$, joka viittaa asuntotyypin edellisen periodin tuottoon. Muuttuja $Korkotaso$ ei muiden muuttujien tavoin kuvasta muuttujan muutosta periodilla vaan koron suuruutta periodin lopussa. Muuttuja on lisätty malliin lähinnä, jotta on mahdollista tarkastella, onko asuntosijoittaminen systemaattisesti kannattamattomampaa korkeiden korkojen aikana vai reagoivatko hinnat ja tuotot vain viiveellä korkomuutokseen[5]. Muuttujat $Korko$ ja $Inflaatio$ on muodostettu muista muuttujista poiketen ottamalla näiden aikasarjoista absoluuttiset muutokset eikä prosentuaalisia, jotta näiden regressiokertoimille saadaan ymmärrettävämmät tulkinnat.

Näiden mallien selitysasteet molemmille asuntotyypeille ja alueille viipeille 1–9 on raportoitu taulukossa 6. Mallien kertoimien estimaatit vipeille 1–3 ovat raportoituna taulukoissa 7–9.

[5] Tarkasteluperiodista merkittävä osa lukeutuu ajanjaksoon, jota leimaavat keskuspankkien epätavanomainen rahapolitiikka ja todella alhaiset korot, joten nollakorkojen ekonometriaan paneutumattakin voidaan todeta, että korkoshokkien vaikutusten luotettavassa identifikaatiossa on omat ongelmansa. Korkojen jakauma on muun muassa hyvin ei-normaali. Koron osalta lineaaristen mallien estimaattorien hienot ominaisuudet eivät luultavasti olekaan täydellisesti voimassa.

Taulukko 6, Regressiomallien selitysasteet (R^2) eri viipeillä

Viive	Koko maa		Pääkaupunkiseutu	
	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot
1	0.61	0.73	0.59	0.65
2	0.69	0.78	0.66	0.73
3	0.62	0.61	0.60	0.61
4	0.34	0.39	0.33	0.36
5	0.21	0.28	0.17	0.21
6	0.14	0.24	0.10	0.20
7	0.16	0.18	0.11	0.16
8	0.04	0.07	0.04	0.07
9	0.02	0.03	0.02	0.03

Taulukko 7, Tulokset viipeellä yksi ($h = 1$)

Selittävä muuttuja	**Kerroin**	**P-arvo**	**Kerroin**	**P-arvo**
	Koko maa			
	Yksiöt		**Kaksiot**	
Vakio	0.015	0.000	0.010	0.000
	(0.003)		(0.003)	
BKT	-0.245	0.140	-0.200	0.111
	(0.164)		(0.124)	
Inflaatio	-0.552	0.084	-0.374	0.116
	(0.314)		(0.235)	
Työllisyys	0.022	0.951	0.374	0.185
	(0.364)		(0.278)	
OMXH	0.036	0.098	0.045	0.007
	(0.021)		(0.016)	
Korkotaso	-0.562	0.001	-0.465	0.002
	(0.161)		(0.141)	
Korko	-1.098	0.062	-1.205	0.007
	(0.578)		(0.435)	
Tuotto edeltävä	0.254	0.033	0.408	0.000
	(0.117)		(0.109)	
	Pääkaupunkiseutu			
	Yksiöt		**Kaksiot**	
Vakio	0.013	0.001	0.012	0.000
	(0.004)		(0.003)	
BKT	-0.270	0.147	-0.032	0.839
	(0.184)		(0.156)	
Inflaatio	-0.453	0.212	-0.499	0.104
	(0.359)		(0.303)	
Työllisyys	-0.020	0.961	0.079	0.825
	(0.411)		(0.353)	
OMXH	0.031	0.209	0.023	0.264
	(0.024)		(0.021)	
Korkotaso	-0.514	0.004	-0.535	0.002
	(0.173)		(0.166)	
Korko	-1.411	0.035	-1.130	0.048
	(0.655)		(0.559)	
Tuotto edeltävä	0.330	0.006	0.374	0.002
	(0.117)		(0.116)	

Taulukko 8, Tulokset viipeellä kaksi ($h = 2$)

Selittävä muuttuja	**Kerroin**	**P-arvo**	**Kerroin**	**P-arvo**
	Koko maa			
	Yksiöt		**Kaksiot**	
Vakio	0.016	0.000	0.017	0.000
	(0.003)		(0.002)	
BKT	0.228	0.126	0.147	0.202
	(0.147)		(0.114)	
Inflaatio	-0.737	0.011	-0.775	0.001
	(0.282)		(0.218)	
Työllisyys	-0.477	0.148	-0.440	0.092
	(0.326)		(0.257)	
OMXH	0.024	0.203	0.023	0.127
	(0.019)		(0.015)	
Korkotaso	-0.546	0.000	-0.714	0.000
	(0.145)		(0.133)	
Korko	-2.807	0.000	-2.219	0.000
	(0.525)		(0.407)	
Tuotto edeltävä	0.134	0.222	0.028	0.794
	(0.109)		(0.106)	
	Pääkaupunkiseutu			
	Yksiöt		**Kaksiot**	
Vakio	0.020	0.000	0.018	0.000
	(0.003)		(0.003)	
BKT	0.276	0.108	0.082	0.555
	(0.169)		(0.138)	
Inflaatio	-1.103	0.001	-0.931	0.001
	(0.330)		(0.268)	
Työllisyys	-0.524	0.169	-0.497	0.116
	(0.377)		(0.312)	
OMXH	0.025	0.266	0.039	0.036
	(0.022)		(0.018)	
Korkotaso	-0.598	0.000	-0.688	0.000
	(0.159)		(0.148)	
Korko	-2.813	0.000	-2.387	0.000
	(0.609)		(0.500)	
Tuotto edeltävä	0.038	0.730	0.049	0.651
	(0.110)		(0.107)	

Taulukko 9, Tulokset viipeellä kolme ($h = 3$)

Selittävä muuttuja	**Kerroin**	**P-arvo**	**Kerroin**	**P-arvo**
	Koko maa			
	Yksiöt		**Kaksiot**	
Vakio	0.021	0.000	0.019	0.000
	(0.003)		(0.003)	
BKT	0.041	0.804	0.096	0.522
	(0.164)		(0.150)	
Inflaatio	-1.714	0.000	-1.389	0.000
	(0.319)		(0.293)	
Työllisyys	-0.396	0.288	-0.393	0.260
	(0.370)		(0.346)	
OMXH	-0.007	0.734	-0.008	0.689
	(0.021)		(0.019)	
Korkotaso	-0.336	0.049	-0.504	0.009
	(0.167)		(0.186)	
Korko	-1.622	0.011	-1.296	0.025
	(0.615)		(0.562)	
Tuotto edeltävä	0.107	0.430	0.049	0.761
	(0.134)		(0.160)	
	Pääkaupunkiseutu			
	Yksiöt		**Kaksiot**	
Vakio	0.021	0.000	0.023	0.000
	(0.004)		(0.004)	
BKT	-0.023	0.899	0.070	0.680
	(0.182)		(0.168)	
Inflaatio	-1.812	0.000	-1.662	0.000
	(0.359)		(0.332)	
Työllisyys	-0.360	0.385	-0.479	0.222
	(0.412)		(0.388)	
OMXH	0.001	0.951	-0.009	0.679
	(0.024)		(0.022)	
Korkotaso	-0.275	0.123	-0.608	0.002
	(0.176)		(0.190)	
Korko	-2.051	0.004	-1.298	0.047
	(0.690)		(0.641)	
Tuotto edeltävä	0.127	0.336	-0.062	0.679
	(0.131)		(0.149)	

Tuottojen ennustettavuus eksogeenisilla muuttujilla on todella suurta ja ennustevoima säilyy paljon kauemmin verrattuna AR-malleihin. Ennustevoima ei ole enää suurimmillaan viipeellä yksi vaan sen huippu on periodilla kaksi ja viipeellä kolmekin se on vielä sunnilleen samansuuruista kuin ensimmäisellä. Selittävien muuttujien kertoimia katsottaessa huomataan myös, että viipeellä yksi edeltävän periodin tuottojen kerroin on paljon suurempi kuin tämän jälkeisillä periodilla, mikä viittaa siihen, että merkittävä osa periodin yksi ennustevoimastakin on peräisin tätä edeltäneiden periodien informaatiosta[6]. Informaatio siis imeytyy markkinoilla niin hitaasti, että sijoittajan ei välttämättä edes kannata hyödyntää uusinta mahdollista informaatiota yrittäessään analysoida markkinan tuottoja lyhyellä tähtäimellä.

Ylipäätään selitysasteet käyttäytyvät jälleen kauniisti informaation hitaan imeytymisen näkökulmasta. Ennustevoima vaikuttaisi laskevan eksponentiaalisesti kohti nollaa suunnilleen periodilta kolme alkaen. Voidaankin olla melko varmoja siitä, ettei malleja ylisoviteta eikä niissä esiinny spurious regression -tyylistä ongelmaa, mikä olisi sinänsä mahdollisia, kun selitettävä muuttuja on vahvasti autokorreloiva ja havaintoja on verrattain vähän.

Regressiokerrointen tarkastelu vahvistaa edellisessä luvussa saatuja tuloksia siitä, ettei reaalitaloudellisilla muuttujilla ole vaikutusta tuottoihin. BKT ja $Työllisyys$ eivät saavuta merkitsevyyttä millään viipeellä ja niiden kertoimet käyttäytyvät epäjohdonmukaisesti viipeiden välillä.

Edellisessä luvussa esitetty hypoteesi talouden korkoympäristön ennustevoimasta tuottoihin osoittautuu oikeaksi. Korkoshokki on ylivoimaisesti ennustevoimaisin muuttuja tuotoille sen kertoimen ollessa kaksioille selvästi yli kaksi ja yksiöille lähemmäs kolme viipeellä kaksi. Myös $Korkotaso$:n kerroin on huomattava ja säilyy melko muuttumattomana viipeen kasvaessa. Vaikuttaisikin siltä, että asuntosijoittaminen on ylipäätään selvästi kannattamattomampaa korkeiden korkojen aikana.

$Inflaatio$:n kerroin käyttäytyy mielenkiintoisesti ja sen vaikutus kasvaa viipeelle kolme asti. Tämän voisi ajatella johtuvan inflaation korkoshokkia ennakoivasta vaikutuksesta. Suuri inflaatioshokki periodilla $t-3$ saa todennäköisesti keskuspankin nostamaan

[6] Viipeen yksi ennustevoiman vähyys verrattuna viipeisiin kaksi ja kolme korostuu, kun regressiot ajaa niin, ettei ota viivästettyjä tuottoja mukaan, jolloin edellisten periodien informaatio ei pääse ”vuotamaan” eteenpäin autokorrelaation muodossa.

korkoa, mikä aiheuttaa positiivisen korkoshokin periodilla $t-2$, joka puolestaan ennustaa voimakkaasti tuottoja periodilla t. Käänteisesti negatiivisen inflaatioshokin voi ajatella johtavan alenevaan korkoon tai lisääntyviin epätavanomaisiin rahapolitiikkatoimiin, jotka lisäävät markkinan likviditeettiä ja ihmisten sijoitushalukkuutta vasta pidemmän ajan kuluttua.

$OMXH$-indeksi, aiemman kirjallisuuden valossa kenties hieman yllättävästi, ei tarjoa minkäänlaista ennustevoimaa tuotoille. Vaikka tutkielmaa tehdessä tuottoja regressoitiin pelkällä $OMXH$-muuttujalla, ei selitysaste noussut yli 0.1 millään viipeellä. Heikkona mutta mielenkiintoisena havaintona näissä tarkasteluissa huomattiin mallien selkeästi suurimpien selitysasteiden löytyvän viipeillä 4 ja 5. Tuloksessa olisi intuitiivisesti järkeä osakemarkkinan pystyessä hinnoittelussaan ennustamaan inflaatio- ja korkoliikkeet ennen kuin ne tapahtuvat. Kun korko- ja inflaatioshokki havaittiin tuottoja parhaiten ennustaviksi muuttujiksi viipeillä 2 ja 3, olisi oletettavaa, että näitä ennakoimaan kykenevien osakemarkkinatuottojen maksimaalinen ennustevoima saavutettaisiin pidemmillä viipeillä. Järkeilyyn tietysti sisältyy implisiittinen oletus siitä, etteivät osakemarkkinatuotot välittäisi muuta asuntomarkkinoiden kannalta merkittävää informaatiota kuin korko- ja inflaatioympäristöön liittyvää informaatiota.

Ylipäätään asuntomarkkinatuottojen ja osakemarkkinaindeksin riskifaktoria ei suoritetun analyysin pohjalta voi pitää hirveän samanlaisena asuntomarkkinatuottojen ollessa täysin reagoimattomia reaalitaloudellisiin shokkeihin. Tarkasteltavan asuntomarkkinan dynamiikasta jää jossain mielessä hieman yksioikoinen kuva kaiken tähän mennessä suoritetun empiirisen analyysin jälkeen. Asuntojen hintoja vaikuttaisi ohjaavan vain alueen muuttoliikkeen voimakkuus suhteessa asuntokannan kokoon sekä talouden korkotaso, joka luonnollisesti vaikuttaa kaiken pääoman arvoon. Kenties tällainen yksinkertainen hinnanmääräytyminen selittää tuottojen matalaa volatiliteettia vakaan korkotason aikana muuttovirtojen ja asuntorakentamisen varianssin ollessa vähäistä ajassa.

5.3.3 Tehokkuus ajassa

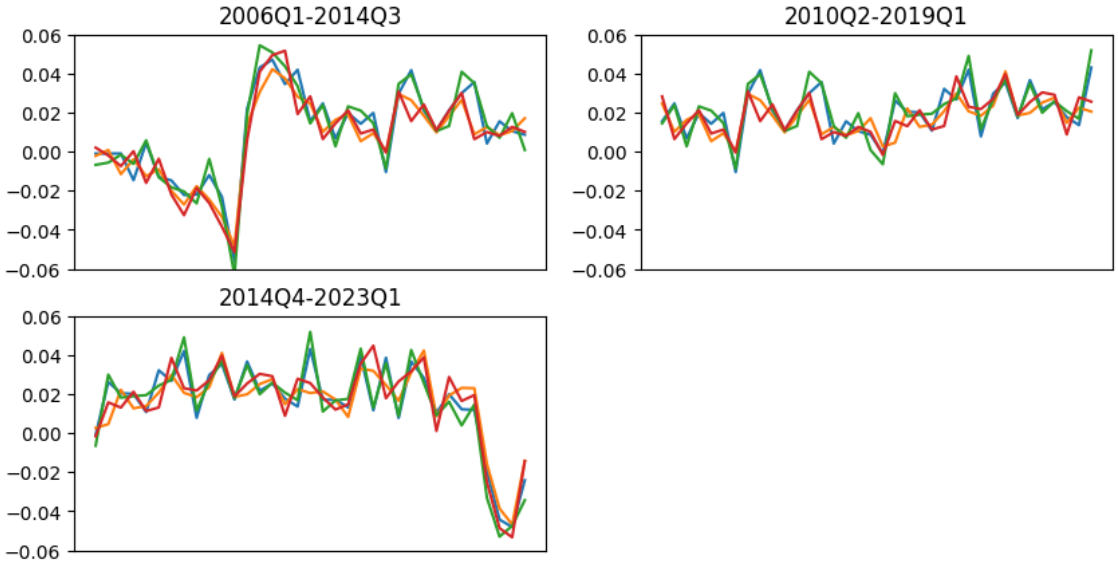
AMH-hengessä on mielekästä pohtia, kuinka paljon tarkasteluperiodin molempien päiden epävakaat makrotaloudelliset ajanjaksot vaikuttavat markkinan tehokkuuteen ja tämän ennustettavuuden luonteeseen. Olisi luontevaa ajatella, että talouskriisien seurauksena

nopeasti vaihtuva makrotaloudellinen ympäristö heikentäisi markkinan tehokkuutta. On sen sijaan vaikea uskoa, että esimerkiksi finanssikriisin ja koronavirus-pandemiaa seuranneen korkean inflaation väliin jäävällä makrotaloudellisen vakauden ja nollakorkojen ajanjaksolla nyt estimoidut mallit tarjoaisivat suurtakaan ennustevoimaa.

Tutkielman viimeisenä empiirisenä tarkasteluna testataankin, millaisia vaikutuksia mallin sovituksessa käytetyllä ajanjaksolla ja ennustamisen kohteena olevalla ajanjaksolla on ennustevoiman suuruudessa. Tarkastelun kohteeksi valitaan aineiston kolme osittain limittäistä ajanjaksoa, jotka on muodostettu ottamalla aineiston ensimmäinen, viimeinen ja keskimmäinen puolikas (ks. Kuvaaja 13). Ideana on selvittää, kuinka paljon tuottojen ennustettavuus vaihtelee aineiston eri ajanhetkinä, kun käytössä on koko aineistolla sovitettu malli ja päinvastoin selvittää, kuinka hyvin eri ajanjaksojen aineistolla sovitettu malli tarjoaa ennustettavuutta koko aineistoon. Tarkastelu on jonkinlainen köyhän miehen versio aidosta out of sample -testauksesta, joka olisi mahdollista, jos aineistoa olisi enemmän.

Kiinnostuksen kohteena on erityisesti aineiston keskimmäinen puolikas tämän ajoittuessa täydellisesti makrotaloudellisesti vakaaseen nolla/miinuskorkojen aikaan. Olisi epäintuitiivista ja mielenkiintoista, jos tämän ajanjakson tuottoja pystyttäisiin ennustamaan tehokkaasti koko aineiston pohjalta sovitetulla mallilla, jonka ennustusvoima pohjautuu liki kokonaan korkoon. Toisaalta olisi yhtälailla epäintuitiivista, jos keskimmäisen ajanjakson aineistolla sovitettu malli tarjoaisi selvää ennustevoimaa koko aineistoon tämän tarkoittaessa, että koron, inflaation ja tuottojen välinen dynamiikka olisi identifioitavissa hyvin poikkeuksellisena ajanjaksona.

Malleista on pienien aineistojen mukanaan tuoman ylisovittamisen riskin vuoksi jätetty pois muuttujat $Työllisyys$, BKT ja $OMXH$ näiden ollessa suurella varmuudella merkityksettömiä kaikissa osa-ajanjaksoissakin. Eli jäljellä ovat ainoastaan muuttujat $Korko$, $Korkotaso$, $Inflaatio$ ja $Tuotto$. Mallien selitysasteet eri sovitus- ja ennustusajanjaksoilla viipeillä 1–9 on koottu taulukkoon 10.



Kuvaaja 13, Pilkotut ylituotot

Taulukko 10, Regressiomallien selitysasteet (R^2) eri sovitus- ja ennustusajanjaksoilla

	Sovitettu: Koko aineisto Ennustettu: 2006Q1-2014Q3				Sovitettu: Koko aineisto Ennustettu: 2014Q4-2023Q2			
	Koko maa		PK-seutu		Koko maa		PK-seutu	
Viive	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot
1	0.51	0.74	0.48	0.68	0.61	0.61	0.61	0.58
2	0.69	0.82	0.64	0.75	0.62	0.63	0.60	0.59
3	0.59	0.60	0.56	0.60	0.62	0.57	0.62	0.56
4	0.07	0.13	0.02	0.13	0.41	0.44	0.42	0.38
5	0.04	0.17	0.03	0.15	0.14	0.10	0.10	0.07
6	0.21	0.24	0.09	0.15	-0.05	0.09	0.02	0.09
7	0.06	0.09	0.03	0.07	0.11	0.05	0.08	0.02
8	0.11	0.05	0.05	0.03	-0.06	0.00	-0.03	0.04
9	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.01	0.02	0.00	0.04

	Sovitettu: Koko aineisto Ennustettu: 2010Q2-2019Q1				Sovitettu: 2006Q1-2014Q3 Ennustettu: Koko aineisto			
	Koko maa		PK-seutu		Koko maa		PK-seutu	
Viive	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot
1	-0.15	0.06	-0.14	-0.02	0.40	0.65	0.42	0.61
2	-0.07	0.21	-0.19	0.02	0.54	0.71	0.47	0.65
3	0.05	-0.34	-0.03	-0.33	0.54	0.51	0.51	0.49
4	-0.41	-0.43	-0.42	-0.48	-0.14	-0.12	-0.13	-0.08
5	-0.34	-0.18	-0.40	-0.08	-0.26	-0.11	-0.34	-0.18
6	-0.17	-0.17	-0.25	-0.05	-0.04	0.11	-0.06	0.07
7	-0.09	-0.29	-0.18	-0.37	0.04	0.04	0.02	-0.06
8	-0.18	-0.21	-0.25	-0.13	-0.15	-0.04	-0.09	0.01
9	-0.12	-0.07	-0.26	-0.13	0.00	-0.14	-0.02	-0.18

	Sovitettu: 2014Q4-2023Q2 Ennustettu: Koko aineisto				Sovitettu: 2010Q2-2019Q1 Ennustettu: Koko aineisto			
	Koko maa		PK-seutu		Koko maa		PK-seutu	
Viive	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot	Yksiöt	Kaksiot
1	0.26	0.59	0.24	0.49	-0.10	0.22	-0.13	0.00
2	0.34	0.52	0.59	0.62	0.23	0.64	0.09	0.49
3	0.32	0.22	0.27	-0.42	0.45	0.38	0.42	0.34
4	-0.13	-0.22	-0.04	-0.27	-0.11	0.03	-0.09	-0.09
5	-0.10	-0.39	-0.19	-0.45	-0.09	0.07	-0.23	0.02
6	-0.52	-0.91	-0.56	-0.85	-0.10	0.12	-0.14	0.08
7	-0.72	-0.30	-0.68	-0.45	-0.02	0.02	-0.04	-0.02
8	-1.13	-0.65	-0.89	-0.28	-0.05	-0.04	-0.08	-0.03
9	-0.84	-0.33	-0.90	-0.13	-0.12	-0.03	-0.13	-0.03

Tulokset ovat keskimmäisen ajanjakson pohjalta sovitetun mallin tuloksia lukuun ottamatta melko odotetut. Kun malli sovitetaan koko aineistolla, antaa aineiston ensimmäisen ja viimeisen puolikkaan ennustaminen hyvin samankaltaiset tulokset kuin koko aineiston ennustaminen (Taulukko 6). Keskimmäisen periodin ennustamiseen koko aineiston pohjalta luotu malli ei sovellu lainkaan.

Osittaisella aineistolla koulutettujen mallien tulosten mielenkiintoisia piirteitä ovat voimakkaat selitysasteet viipeillä 2–3 ja näiden täydellinen katoaminen viipeellä 4. Onkin jossain määrin arveluttavaa, saavuttaisiko out of sample -tarkastelu viipeen 3 jälkeen merkittävää ennustevoimaa. Vaikuttaisi ylipäätään siltä, että makrotalouden muutosten ennustevoimaa laskee jonkin verran nopeammin kuin edellisessä luvussa tarkasteltujen väestöllisten ja asuntotarjontaan liittyvien muuttujien ennustevoima, joka säilyi merkitsevänä vielä kahden vuoden viipeelläkin.

Tulokset eivät taaskaan eroa pääkaupunkiseudun ja koko Suomen osalta juuri lainkaan. Sen sijaan tarkastelu näyttää korostavan yksiöiden ja kaksioiden välistä eroa. Ilmiö on huomattavinta osittaisen aineiston pohjalta sovitettujen mallien kohdalla, jossa yksiöiden selitysaste on paikoittain vain puolet kaksioiden selitysasteesta.

Kaikkein hämmentävimpänä havaintona voidaan pitää keskimmäisen periodin pohjalta sovitetun mallin suurta ja vahvasti tilastollisesti merkitsevää ennustevoimaa koko aineistoon viipeillä 2–3. Asiaa tarkemmin tarkasteltaessa huomataan, kuinka ajettaessa regressioita keskimmäiselle periodille, ovat näiden selitysasteet huomattavasti pienemmät itse sovitusaineistossa verrattuna koko aineistoon. Eli mallit ennustavat paremmin havaintoja suurempien korkojen ja inflaation ajanjaksoilta, kuin niiden omien sovitusperiodien havaintoja, joissa korkotaso sijoittuu välille -0.5–1 ja inflaatio välille 0–1.5. Kenties koron ja inflaation vaikutukset tuottoihin onkin mahdollista identifioida melko tehokkaasti myös nollakorkoympäristössä. Vaikutusmekanismina tällöin on tosin pakko toimia enemmän koronlaskujen mukanaan tuoma markkinoiden likviditeetin ja sijoittajien riskinottohalun kasvaminen, ei niinkään koron absoluuttisen tason vaikutus asuntojen arvoon ja ylituottoon.

Tulokset antavat melko selkeän viitteen siitä, että makrotaloudellisesti vakaammat ajat johtavat tehokkaampiin markkinoihin ja markkinan ennustettavuus kasvaa ailahtelevimpina aikoina. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että asunnonostajista tulisi AMH:ta mukaillen jollain tavalla epärationaalisempia, vaan suuremman varianssin

muutokset asunnon arvoon vaikuttavissa muuttujissa yhdistettynä informaation hitaaseen imeytymiseen markkinoilla luonnollisesti johtaa tuottojen suurempaan ennustettavuuteen.

6 Johtopäätökset

Tässä tutkielmassa esiteltiin informaatiotehokkaiden markkinoiden määritelmä ja osoitettiin tämän teoreettisia seurauksia markkinoille. Tehokkaiden markkinoiden olemassaolon mahdollisuutta ja mahdollisia tehottomia markkinoita ohjaavia dynamiikoita pohdittiin tukeutuen aiempaan kirjallisuuteen. Tehokkuuden mittaamista arvopaperimarkkinoilla ja tämän tuloksia esiteltiin kattavasti.

Asuntomarkkinoita käsittelevässä teorialuvussa analysoitiin asuntomarkkinan keskeisimpiä erityispiirteitä verrattuna arvopaperimarkkinoihin ja pohdittiin näiden potentiaalisia vaikutuksia markkinan tehokkuuteen. Luvussa esiteltiin asuntomarkkinoiden tehokkuustutkimuksen haasteita ja keskeisiä empiirisiä tuloksia.

Työn ensimmäisessä empiirisessä osuudessa muodostettiin vuosittaiset tuottoindeksit suomalaisten kaupunkialueiden yksiöiden ja kaksioiden tuotoille ja testattiin asuntomarkkinan keskivahvaa tehokkuutta lineaarisia malleja hyödyntäen niin, että selittävinä muuttujina toimivat erilaiset demografiset ja makrotaloudelliset muuttujat.

Asuntomarkkina havaittiin selkeästi informaatiotehottomaksi. Fixed effects -malli antoi selitysasteeksi noin 0.2 molemmille asuntotyypeille yhden vuoden viipeellä. Tuottoja ennakoiviksi muuttujiksi havaittiin asuntojen määrän muutos sekä alueen väestön muutos. Kenties hieman yllättävänä tuloksena havaittiin, etteivät alueiden työllisyys tai tulotaso tarjonneet minkäänlaista ennustevoimaa tuotoille.

Työn jälkimmäisessä empiirisessä osiossa muodostetiin aikasarjat neljännesvuosittaisille tuotoille ja tarkasteltiin tuottojen ennustettavuutta ajassa. Asuntomarkkina havaittiin selkeästi sekä heikosti että keskivahvasti tehottomaksi. Neljännesvuosittaisia tuottoja ennustaviksi muuttujiksi havaittiin korko ja inflaatio. Työllisyys ja BKT havaittiin tässäkin tarkastelussa merkityksettömiksi. Neljännesvuositarkasteluissa suurin, noin 0.5–0.7 tasoinen, ennustevoima saavutetaan viipeillä 1–3, mutta myös tätä pidemmät viipeet tarjoavat merkitsevää ennustettavuutta.

Pääkaupunkiseudun ja koko Suomen asuntomarkkinan tehokkuudessa ei havaittu minkäänlaista eroa. Tarkasteltujen asuntotyyppien tehokkuudessa ei havaittu merkittävää eroa alueellisessa tarkastelussa, mutta ajallisessa tarkastelussa kaksioiden tuotot vaikuttivat ennustettavimmilta. Tulosta voi selittää yksiöiden markkinan suurempi

asuntosijoittamisen osuus, kohteiden matalammat hinnat ja markkinan suurempi likviditeetti.

Tutkielman empiiriset mallit yhdistävä tarkastelu eri kaupunkien neljännesvuosiaineistolle olisi kiinnostava jatkotutkimuskohde, joka tässä tutkielmassa jäi toteuttamatta aineistollisten puutteiden takia. Olisi mielenkiintoista tietää, kuinka suuri painoarvo alueellisilla muuttujilla on suhteessa makromuuttujiin näiden ollessa samassa mallissa ja millaisia selitysasteita tällaiset mallit pystyisivät tuottamaan. Myös tarkastelun laajentaminen erityyppisiin asuntoihin tai kaupallisiin kiinteistöihin olisi mielekästä tämän pystyessä tarjoamaan nyt saavutettuja tuloksia paremman käsityksen asunnon luonteen vaikutuksesta tehokkuuteen.

Tulosten pohjalta on selvää, että asunnon ostojen ajoittaminen ja alueen huolellinen valitseminen on selkeästi kannattavaa asuntoja ostettaessa ja oikeanlaisella analyysilla pystyy selvästi nostamaan tuottojen odotusarvoa. On kuitenkin epäselvää, kuinka hyödyllisiä tulokset ovat sijoitusportfolion aktiivisen hallinnan näkökulmasta. Onko esimerkiksi asuntovarallisuuden muuttaminen arvopaperimuotoisiin sijoituskohteisiin odotusarvollisesti kannattavaa verotuksen ja muiden transaktiokustannusten jälkeen silloin, kun mallit ennustavat riittävän alhaisia tuottoja? Tämän tyylisten kysymysten tarkastelu niin, että tutkielmassa hankitun informaation pohjalta muodostettaisiin sijoitussääntö, jota testattaisiin uuteen aineistoon, olisi kiinnostavaa. Tämän kaltainen tutkimus olisi mahdollista toteuttaa esimerkiksi muiden pohjoismaiden aineistoilla, joissa asuntomarkkinan dynamiikan voisi ajatella olevan Suomen kaltainen.

Kaiken kaikkiaan tarkastellusta asuntomarkkinasta jää kaiken suoritetun empiirisen analyysin pohjalta melko tehoton vaikutelma. Vaatimattomalla aineistolla lyhyeltä tarkasteluperiodilta pystytään yksinkertaisille mallilla saamaan selkeästi tehottomuutta puoltavia tuloksia asuntotyypeille, joiden markkina todennäköisesti on tehokkain kaikista asuntotyypeistä. Asuntosijoittajan tai -rakennuttajan voikin katsoa hyötyvän selvästi hankkimalla tuottoja ennakoivaa informaatiota markkinasta. Asuntomarkkinan tehottomuuden asteen ajassa ollessa merkittävää, on myös aiemman kirjallisuuden valossa oletettavaa, että tällä olisi makrotalouden vakauden kannalta kiinnostavia seuraamuksia.

Tutkielma täydentää aiempaa kirjallisuutta tarjoamalla laajan, sekä alueellisia että makrotaloudellisia muuttujia tarkastelevan, katsauksen asuntomarkkinatuottojen

ennustettavuuteen. Tehokkuustarkastelun selkeä rajaus huoneluvun mukaan rajattuun asuntotyyppiin ja näiden keskinäinen vertailu on aiemmassa kirjallisuudessa esiintymätön aspekti, joka on kiinnostava markkinoiden tehokkuuden määräytymisen kannalta.

Lähteet

Aliyev, F. (2019). Testing Market Efficiency with Nonlinear Methods: Evidence from Borsa Istanbul. *International Journal of Financial Studies*, 7(2), 1-11.

Anundsen, A. K., & Roed Larsen, E. (2018). Testing for Micro-efficiency in the Housing Market. International Economic Review, 59(4), 2133-2162.

Angeletos, G., Collard, F., & Dellas, H. (2018). Quantifying Confidence. Econometrica, 86(5), 1689-1726.

Ariel, R. A. (1987). A monthly effect in stock returns. *Journal of financial economics*, 18(1), 161-174.

Bailey, M., Cao, R., Kuchler, T., & Stroebel, J. (2018). The Economic Effects of Social Networks: Evidence from the Housing Market. *Journal of Political Economy*, 126(6), 2224-2276.

Balvers, R., Wu, Y., & Gilliland, E. (2000). Mean Reversion across National Stock Markets and Parametric Contrarian Investment Strategies. *Journal of Finance*, 55(2), 745-772.

Barberis, N., Shleifer, A., & Vishny, R. (1998). A Model of Investor Sentiment. *Journal of Financial Economics*, 49(3), 307-343.

Barkham, R. J., & Geltner, D. M. (1996). Price Discovery and Efficiency in the UK Housing Market. *Journal of Housing Economics*, 5(1), 41-63.

Bernanke, B., Gertler, M., & Gilchrist, S. (1998). The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. C.V. Starr Center for Applied Economics, New York University, Working Papers.

Black, F. (1986). Noise. Journal of Finance, 41(3), 529-543.

Case, K. E., & Shiller, R. J. (1987). Prices of single family homes since 1970: New indexes for four cities.

Case, K. E., & Shiller, R. J. (1989). The Efficiency Of The Market For Single-Family Homes. *The American Economic Review*, 79(1), 125.

Case, K. E., & Shiller, R. J. (1990). Forecasting Prices and Excess Returns in the Housing Market. *AREUEA Journal*, 18(3), 253.

Chow, K. V., & Denning, K. C. (1993). A simple multiple variance ratio test. *Journal of Econometrics,* 58(3), 385.

CNBC. Germany 1 Year Bond. https://www.cnbc.com/quotes/DE1Y-DE, haettu 28.4.2023.

Daniel, K., Hirshleifer, D., & Subrahmanyam, A. (1998). Investor Psychology and Security Market Under- and Overreactions. *Journal of Finance*, 53(6), 1839-1885.

De Long, J. B., Shleifer, A., Summers, L. H., & Waldmann, R. J. (1990). Noise Trader Risk in Financial Markets. *The Journal of Political Economy*, 98(4), 703.

Eusepi, S., & Preston, B. (2011). Expectations, Learning, and Business Cycle Fluctuations. *American Economic Review*, 101(6), 2844-2872.

Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance*, 25(2), 383-417.

Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common Risk Factors in the Returns on Stock and Bonds. Journal of Financial Economics, 33(1), 3-56.

Fama, E. F., & French, K. R. (2012). Size, Value, and Momentum in International Stock Returns. *Journal of Financial Economics*, 105(3), 457-472.

French, K. R. (1980). Stock returns and the weekend effect. *Journal of financial economics*, 8(1), 55-69.

Fu, Y., & Ng, L. K. (2001). Market Efficiency and Return Statistics: Evidence from Real Estate and Stock Markets Using a Present-Value Approach. *Real Estate Economics*, 29(2), 227-250.

Gau, G. W. (1984). Weak Form Tests of the Efficiency of Real Estate Investment Markets: The Official Publication of the Eastern Finance Association. *The Financial Review*, 19(4), 301.

Giglio, S., & Kelly, B. (2018). Excess Volatility: Beyond Discount Rates. *Quarterly Journal of Economics*, 133(1), 71-127.

Grossman, S. J., & Stiglitz, J. E. (1980). On the Impossibility of Informationally Efficient Markets. *American Economic Review*, 70(3), 393-408.

Guidi, F., & Gupta, R. (2013). Market Efficiency in the ASEAN Region: Evidence from Multivariate and Cointegration Tests. *Applied Financial Economics*, 23(4-6), 265-274.

Hamilton, B. W., & Schwab, R. M. (1985). Expected Appreciation in Urban Housing Markets. *Journal of Urban Economics*, 18(1), 103-118.

Harrison, H., & Stein, J. C. (1999). A unified theory of underreaction, momentum trading, and overreaction in assets markets. *The Journal of Finance*, 54(6), 2143-2184.

Hjalmarsson, E., & Hjalmarsson, R. (2006). Efficiency in housing markets: do home buyers know how to discount?. Federal Reserve Bank of St Louis.

Investing.com. OMX Helsinki GI (OMXHGI).https://fi.investing.com/indices/omx-helsinki-gross, haettu 28.5.2023.

Investing.com. Germany 3 Month Bond Yield. https://www.investing.com/rates-bonds/germany-3-month-bond-yield, haettu 30.8.2023.

Jegadeesh, N., & Titman, S. (1993). Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency. *Journal of Finance*, 48(1), 65-91.

Kashif, H., Muhammad, T. S., Syed, Z. A. S., & Rana, S. I. A. (2010). Testing the Weak form of Efficient Market Hypothesis: Empirical Evidence from Asia-Pacific Markets. *International Research Journal of Finance and Economics*, 58.

Kuchler, T., & Stroebel, J. (2020). Social Finance. National Bureau of Economic Research, Inc.

Lim, K., & Hooy, C. (2013). NON-LINEAR PREDICTABILITY IN G7 STOCK INDEX RETURNS. *The Manchester School*, 81(4), 620.

Linneman, P. (1986). An Empirical Test of the Efficiency of the Housing Market. *Journal of Urban Economics*, 20(2), 140-154.

Londerville, J. (1998). A test of a buying rule for "underpriced" apartment buildings. Real Estate Economics, 26(3), 537-553.

McMillan, D. G. (2005). Non-linear Dynamics in International Stock Market Returns. *Review of Financial Economics*, 14(1), 81-91.

Malpezzi, S. (1999). A Simple Error Correction Model of House Prices. *Journal of Housing Economics,* 8(1), 27-62.

Moskowitz, T. J., Ooi, Y. H., & Pedersen, L. H. (2012). Time Series Momentum. *Journal of Financial Economics*, 104(2), 228-250.

Narayan, P. K. (2005). Are the Australian and New Zealand Stock Prices Nonlinear with a Unit Root? *Applied Economics*, 37(18), 2161-2166.

Narayan, P. K., Liu, R., & Westerlund, J. (2016). A GARCH Model for Testing Market Efficiency. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 41, 121-138.

Norvaisiene, R., Stankeviciene, J., & Lakstutiene, A. (2015). Seasonality in the Baltic stock markets. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 213, 468-473.

Pakarinen, S. (2018) Semiparametric Efficiency Analysis of Housing Markets. *Aalto University publication series DOCTORAL DISSERTATIONS 25/2018*

Poon, S., & Granger, C. W. J. (2003). Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review. *Journal of Economic Literature*, 41(2), 478-539.

Poterba, J. M., & Summers, L. H. (1997). In Lo A. W.,ed (Ed.), Mean Reversion in Stock Prices: Evidence and Implications. Elgar Reference Collection. *International Library of Critical Writings in Financial Economics*, vol. 3

Røed Larsen, E., & Weum, S. (2008). Testing the efficiency of the Norwegian housing market. *Journal of Urban Economics*, 64(2), 510-517.

Rozeff, M. S., & Kinney Jr, W. R. (1976). Capital market seasonality: The case of stock returns. *Journal of financial economics*, 3(4), 379-402.

Scheinkman, J. A., & LeBaron, B. (1989). Nonlinear Dynamics and Stock Returns. *The Journal of Business,* 62(3), 311.

Sewell, M. (2012). The efficient market hypothesis: Empirical evidence. International *Journal of Statistics and Probability*, 1(2), 164.

Shiller, R. J. (1981). Do Stock Prices Move Too Much to be Justified by Subsequent Changes in Dividends? *The American Economic Review*, 71(3), 421.

Tilastokeskus (StatFin-tietokanta), https://www.stat.fi/tup/statfin/index.html

Urquhart, A., & Hudson, R. (2013). Efficient or Adaptive Markets? Evidence from Major Stock Markets Using Very Long Run Historic Data.

Van Der Sar, N. L. (2003). Calendar effects on the Amsterdam stock exchange. *De economist*, 151, 271-292.

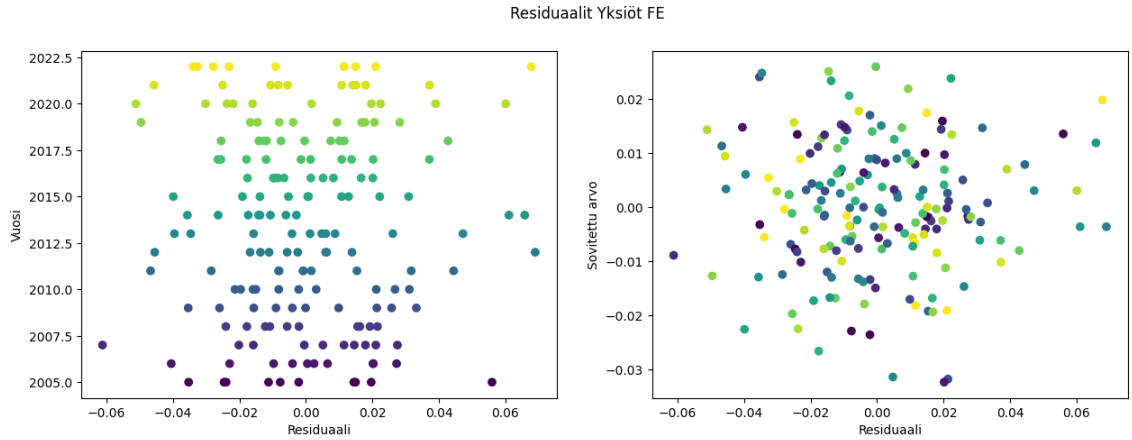
Wang, K., Li, Y., & Erickson, J. (1997). A new look at the Monday effect. *The Journal of Finance*, 52(5), 2171-2186.

Worthington, A. C., & Higgs, H. (2009). Efficiency in the Australian Stock Market, 1875-2006: A Note on Extreme Long-Run Random Walk Behaviour. *Applied Economics Letters*, 16(1-3), 301-306.

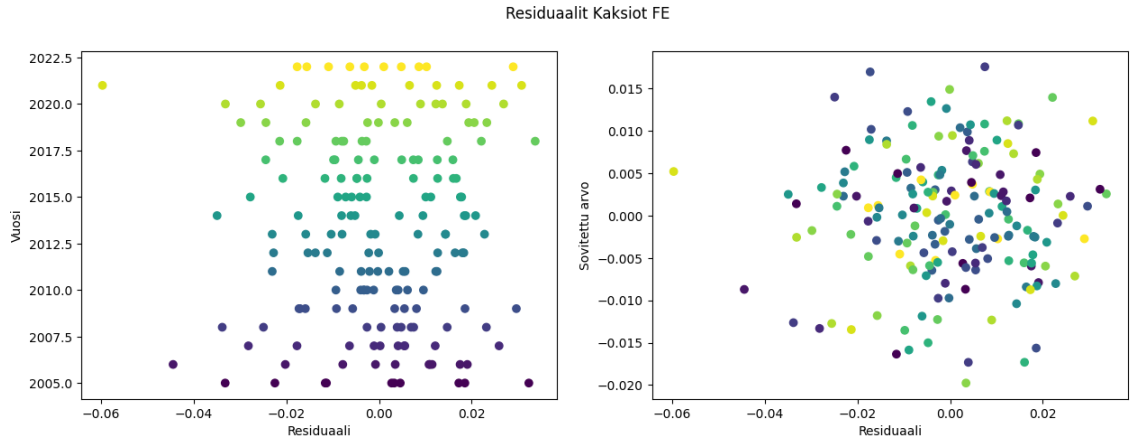
Zivot, E., & Andrews, D. W. K. (2002). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*, 20(1), 25-44.

Liitteet

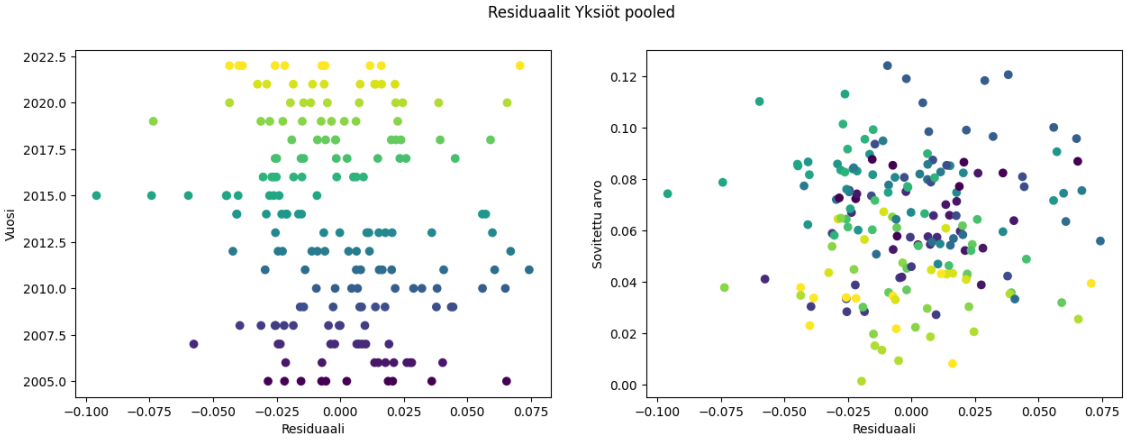
Liite 1. Alueellisen tarkastelun residuaalidiagnostiikkaa



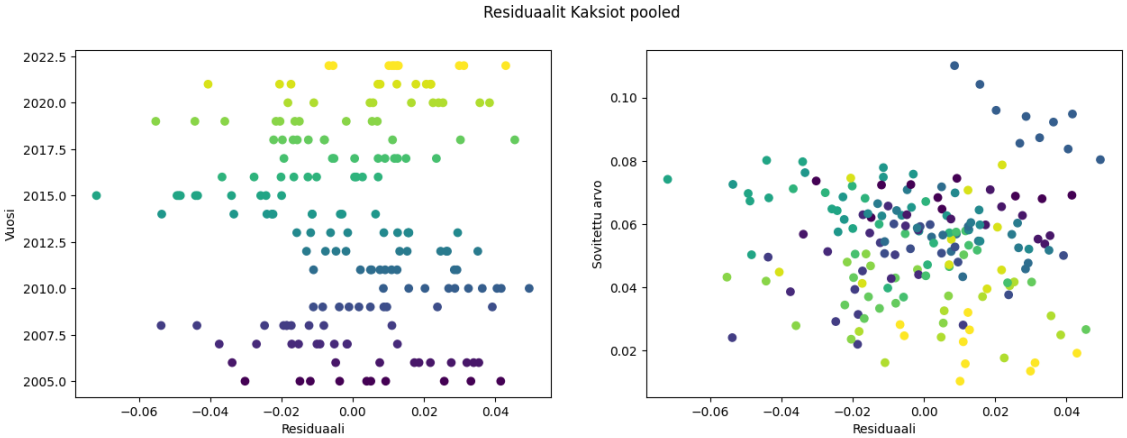
Kuvaaja 14, Residuaalit yksiöt fixed effects



Kuvaaja 15, Residuaalit kaksiot fixed effects



Kuvaaja 16, Residuaalit yskiöt poolattu



Kuvaaja 17, Residuaalit kaksiot poolattu