

# Sijoituskohteiden hinnoittelu

Tampereen yliopisto  
Johtamiskorkeakoulu  
Taloustiede  
Tarkastaja Hannu Laurila  
Tekijä Tomi Sankala

# Tiivistelmä

Tampereen Yliopisto

Johtamiskorkeakoulu

Tekijä: Tomi Sankala

Sijoituskohteiden hinnoittelu

Pro-gradu –tutkielma:

61 sivua

Taloustiede

Marraskuu 2013

---

1960-luvulla kehitettiin sijoituskohteen hinnoitteluun malli nimeltä Capital Asset Pricing Model. Se on vakiinnuttanut paikkansa taloustieteessä ja rahoituksen perusoppikirjoissa. 1980-luvulla alkoi kehittyä behavioraalinen taloustiede ja 2000-luvun alussa neurotaloustiede.

Behavioraalista Cap-mallia on kehitellyt Hersh Shefrin (2008) kirjassaan A Behavioral Approach to Asset Pricing. Mallissa huomioidaan sijoittajien heterogeenisuus ja varallisuuden kautta virheiden vaikutus sijoituskohteen hintaan. Riskipremio ja beeta koostuvat koron lisäksi fundamentaalisesta tekijästä sekä sijoittajavirhekomponentista. Näin huomioidaan hintoihin mahdollisesti sisältyvän virheen positiivinen tai negatiivinen vaikutus odotettuun tuottoon. Cap-malli on sen helpon käytettävyyden perusteella kuitenkin käyttökelpoisempi, kun ottaa sitä käytettäessä huomioon, että toteutunut epänormaali tuotto ei ole kompensatiota sijoittajan kyvyistä. Se on ennemminkin seurausta siitä, että sijoituskohteen hinta ei ole ollut fundamentaalisella tasolla. Vuonna 2007 alkaneessa finanssikriisissä Cap-mallin avulla tehty hinnoittelu antoi liian pieniä odotetun tuoton arvoja. Sijoituskohteet oli hinnoiteltu markkinoilla liian suuriksi, jolloin kaikkea riskiä ei ollut hinnoiteltu sijoituskohteisiin. Toteutuneet tuotot olivat myös odotettuja tuottoja suuremmat. Tämän seurauksena, Hyman Minskyä (1992) tulkiten, talous oli siirtynyt tuolloin epävakaiseen tilaan ja finanssikriisi oli väistämätön.

Neurotaloustiede tutkii miten ulkoiset ärsykkeet muuttuvat aivoissa taloudelliseksi toiminnaksi. Ihmisten toiminnalla on monessa taloustieteen mallissa varsin perustellusti annettu tiukat rajat. Neurotaloustieteen avulla voidaan tarkastella miten hyvin mallit kuvaavat ihmisen käyttäytymistä ja tehdä parannuksia malleihin. Behavioraalisessa - ja neurotaloustieteessä tehdään työtä, jotta taloustieteen mallien tarkkuutta voitaisiin parantaa kuten rationaalisen valinnan teoria ja prospektiteoria.

## 1. Sisällysluettelo

1.	Johdanto.....	2
2.	Cap-malli .....	4
2.1	Cap-mallin oletukset .....	4
2.2	Sijoituskohteen hinnoittelu Cap-mallilla.....	6
3.	Behavioraalinen taloustiede ja Cap-malli .....	11
3.1	Behavioraalinen taloustiede.....	11
3.2	Harhat ja tehokkaat markkinat .....	13
3.3	Yksinkertainen behavioraalinen Cap -malli .....	16
3.4	Tehokkaat markkinat ja virhetermi .....	21
3.5	Hintojen kehitys ja kaupankäynnin volyymi .....	27
3.6	Portfoliostrategiat.....	33
3.7	Behavioraalinen Cap-malli .....	39
3.8	Cap-mallien erot .....	42
4.	Neurotaloustiede .....	44
4.1	Mitä neurotaloustiede on?.....	44
4.2	Neurotaloustieteen tutkimusmenetelmät .....	46
4.3	Havaitut toimintamekanismit .....	47
4.4	Taloustiede ja neurotaloustiede .....	50
4.5	Tautien vaikutukset päätöksentekoon .....	52
4.6	Tappion välttämisen kustannus.....	54
5.	Yhteenveto .....	56
	Lähdeluettelo.....	58

# 1. Johdanto

Tämän työn tarkoituksena on selvittää, miten taloustiede on kehittynyt viime aikoina sijoituskohteen arvostamiseen liittyen? Onko todenmukaisempi malli parempi kuin normatiivinen yksinkertaistettu malli vai tuleeeko siitä liian monimutkainen? Antavatko uudet mallit selityksen poikkeavuuksille, joita taloustieteen mallit eivät pysty selittämään? Ovatko uudet mallit kapitalistisen järjestelmän kannalta tavoiteltavia, jotta niillä voisi olla käyttöarvoa käytännössä?

Minskyn (2008, s. 11-12) mukaan kapitalismiin sisältyy perustavan laatuinen virhe, jonka myös Keynes on huomionut aikoinaan. Kapitalistinen järjestelmä ei ole tasapainoinen ja se sisältää mahdollisuuden kuplan syntymiseen sijoitusmarkkinoille. Tämä toteutuikin 2007 alkaneessa finanssikriisissä, jossa Capmallin avulla tehty hinnoittelu antoi liian pieniä odotetun tuoton arvoja. Sijoituskohteet olivat hinnoiteltu markkinoilla liian suuriksi, jolloin kaikkea riskiä ei ollut hinnoiteltu sijoituskohteisiin. Riskipreemion olisi pitänyt olla suurempi. Toteutuneiden tuottojen ollessa odotettuja tuottoja suuremmat ja sijoituskohteiden arvojen jatkuva nousu lisäsivät hinnoitteluvirhettä. Virheellinen hinnoittelu oli osaltaan mukana nostamassa sijoituskohteiden hintoja. Sijoituskohteiden hintojen noustessa ja ilmapiirin ollessa markkinoilla positiivinen, nousevien hintojen kierre voimistuu. Tämä edesauttoi osaltaan kuplan syntymistä markkinoille 2007.

Taloudellisen epävakauden hypoteesin (Minsky, 1992) mukaan talous on joko tasapainossa tai epätasapainossa. Siirtyminen epätasapainoon tapahtuu periodeja jatkuneen vaurauden jälkeen, kun talous siirtyy hiljalleen taloudellisiin relaatioihin, jotka muuttavat talouden epävakaaksi. Tällöin sijoittajilla on enemmissä määrin käytössään velkaa sijoitusmarkkinoilla. Velkavipua on sen verran, että sijoittajat eivät pysty tuotoillaan lyhentämään velkojensa pääomaa. Velan lisääntyminen on seurausta sijoitusmarkkinoiden positiivisesta mielialasta, joka on taas seurasta kurssien jatkuvasta noususta. Valloillaan on ajattelutapa, että sijoituskohteiden arvon nousu on jatkuvaa.

Oikealla hinnoittelumallilla hintojen nousu olisi voinut olla maltillisempaa ja romahdus vastavaavasti suuruudeltaan pienempi. Tällöin hinnoitteluvaiheessa olisi voinut olla havaittavissa hinnoitteluvirhe. Kuplaa se tuskin olisi voinut estää, koska ihmiset luottavat omiin arvioihinsa liikaa sekä positiivisten uutisten vaikutus edustavuusharhaan on omiaan vaikuttamaan hinnoitteluvirheen syntymiseen.

Työssä käydään läpi Cap-malli (luku 2), joka kuvastaa klassista talousteoriaa ja toimii eräänlaisena referenssikohteenä. Uudempaa suuntausta edustaa behavioraalinen taloustiede, joka poikkeaa klassisesta talousteoriasta siten, että siinä kiinnitetään enemmän huomiota ihmisen käytökseen erilaisissa taloudellista päättämistä koskevissa tilanteissa. Kolmannen ja viimeisimmän näkökulman antaa neurotaloustiede, jossa mennään kirjaimellisesti ihmisen pään sisälle. Neurotaloustiede tutkii mitä ihmisen aivoissa tapahtuu, kun se joutuu päätöksentekotilanteisiin.

Behavioraalinen taloustiede (luku 3) ei ole tuottanut vielä samanlaista yleisesti tunnustettua mallia kuin Cap-malli. Tämä johtuu ainakin osittain siitä, että kyseessä on nuori taloustieteen koulukunta. Tulen käymään läpi behavioraaliselta puolelta kolme erilaista näkökulmaa sijoituskohteen hinnoitteluun. Ensimmäiseen liittyy myös esimerkkejä portfolion ja volyymin muutoksista. Jälkimmäisessä mallissa on behavioraalinen beeta, jossa on suora vertailukohta Cap-mallille. Toinen malli on johdettu ensimmäisestä mallista, jolla saadaan behavioraalinen riskipremio.

Neurotaloustieteessä (luku 4) ei kehitetä uusia malleja vaan tutkitaan miten ihmiset käyttäytyvät erilaisissa taloudellisissa päätöksentekotilanteissa. Näihin tuloksiin vertaillaan jo olemassa olevia taloustieteen malleja. Tätä kautta voidaan saada tuki mallin käytännön sovelluksille tai sen oletusten todenmukaisuudelle.

## 2. Cap-malli

### 2.1 Cap-mallin oletukset

Portfolioteoria mullisti rahoituksen alaa toteamalla, että sijoitukset hajauttamalla sijoittaja ottaa kantaakseen vain markkinariskin. Jo ottamalla toisen osakkeen mukaan sijoitusten riski verrattuna yhden osakkeen tilanteeseen pienenee 25 prosenttia. Jo kymmenellä osakkeella riski on puolet pienempi. (Bodie, Kane & Marcus, 2005, s. 225.)

Portfolioteoria tunnistaa tuoton ja riskin välisen positiivisen korrelaation. Tämä tunnetaan pääoman allokaatio -suorana<sup>1</sup>. Riskillä tarkoitetaan tässä työssä epävarmuutta, joka liittyy sijoituskohteiden mahdollisuuteen tuottaa tappiota tulevaisuudessa. Riskin kuvaamisessa käytetään tuottojen volatiliiteettiä.

Sharpe (1964, s. 426) kritisoi artikkelissaan, että puuttuu teoria, joka kuvastaisi sijoittajien riskin hinnoittelun tapaa. Hajauttamisella saadaan poistettua yrityskohtainen riski sijoituskohteen<sup>2</sup> kokonaisriskistä, jolloin voidaan perustella, ettei kyseisellä osalla ole vaikutusta sijoituskohteen hintaan. Yhden sijoituskohteen sisältämästä kokonaisriskistä ja sen hinnoittelusta ei siis voitu todeta mitään. Cap-mallin taustalla on Markowitzin portfolion valinta-malli, johon viittaukset toi Mossin (1966). Sharpe käyttää sijoitussuunnitelmaa, joka sisältää yhden tai useamman sijoituskohteen. Portfolio sisältää jo oletuksena sijoituksien hajautus-aspektin, josta seuraa, että sijoittaja sijoittaa useaan sijoituskohteeseen eikä vain yhteen.

Cap-malli pitää sisällään seuraavat oletukset (Bodie, Kane & Marcus, 2005, s. 282-283):

---

<sup>1</sup> Capital Allocation Line.

<sup>2</sup> Asset.

1. Markkinoilla on monta sijoittajaa, joiden varallisuus on vain pieni osa kokonaisvarallisuudesta. He eivät voi näin vaikuttaa markkinoiden hintoihin, jotka ovat kiinteät.
2. Kaikkien sijoittajien sijoitusten aikaväli on yksi omistusjakso<sup>3</sup>.
3. Sijoitusmahdollisuudet on rajattu julkisen kaupan käynnin kohteena oleviin arvopapereihin.
4. Sijoittajat voivat ottaa lainaa ja lainata rahaa eteenpäin tiettyyn kiinteään korkoon, joka on myös riskitön korkoaste<sup>4</sup>.
5. Sijoitusten voitoista ei makseta veroja eikä markkinoilla ole transaktio-kustannuksia.
6. Kaikki sijoittajat ovat rationaalisia ja keskimääräisen varianssin optimoijia<sup>5</sup>.
7. Kaikki sijoittajat analysoivat sijoituskohteita samoin tavoin (homogeeniset odotukset).

Oletuksissa 6 ja 7 viitataan Markowitzin portfolion valinta-malliin. Kohdan 6 viittaus liittyy siihen, että valittavien portfolioiden joukko sijaitsee tehokkaalla rintamalla, joista valitaan tietyin edellytyksin optimaalisin vaihtoehto. Keskimääräisen varianssin ehdot ovat  $E(R_A) \geq E(R_B)$  ja  $\sigma_A \leq \sigma_B$ . Toisin sanoen, kun sijoituskohteen A:n odotettu tuotto on vähintään yhtä suuri kuin sijoituskohteen B:n odotettu tuotto, ja kun A:n keskihajonta on enintään yhtä suuri kuin B:n, tällöin A dominoi B:tä. (Bodie, Kane & Marcus 2005, s. 172, 241.)

Oletuksessa 7 sijoittajat tekevät täysin samat arviot Markowitzin mallin tarvitsemista luvuista (odotetut tuotot ja tuottojen kovarianssi matriisi). Tämän seurauksena jokainen sijoittaja päätyy muodostamaan täysin samanlaiset tehokkaat rintamat sekä valitsemaan saman optimaalisen portfolion. (Bodie, Kane & Marcus, 2005, s. 282.) Sijoittajien päätösten välillä ei ole hajontaa.

---

<sup>3</sup> Holding Period.

<sup>4</sup> Risk -Free Rate.

<sup>5</sup> Mean -Variance Optimizers.

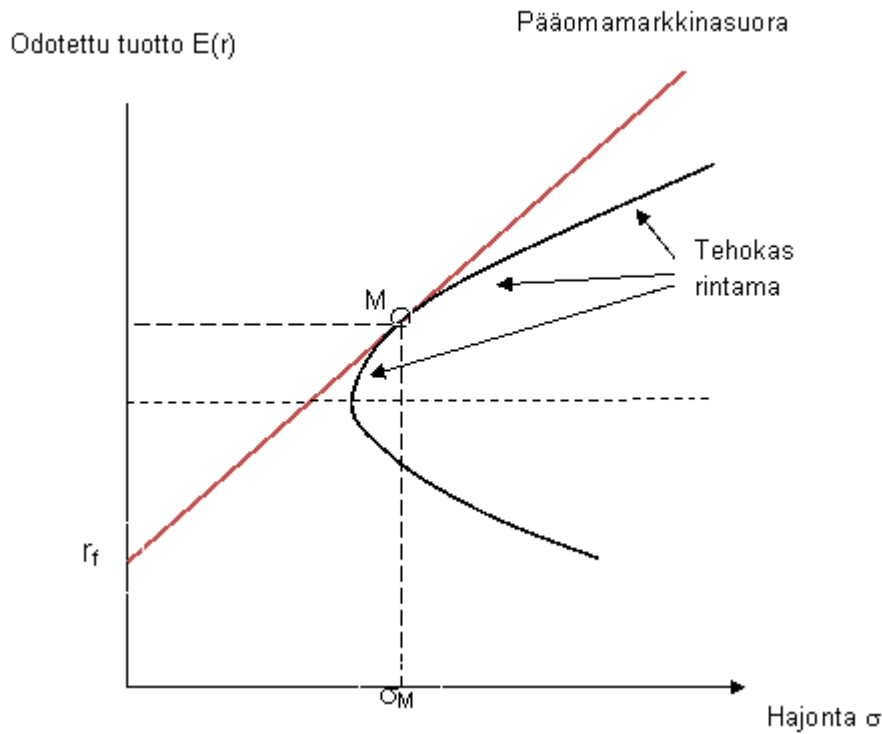
## 2.2 Sijoituskohteen hinnoittelu Cap-mallilla

Mossinin (1966) tavoitteena oli selvittää ehdot sijoituskohteiden vaihdon tasapainolle. Tässä tarkastellaan niitä ehtoja, jotka tarvitaan toteuttamaan kysynnän ja tarjonnan tasapaino.

Kaikkien sijoittajien portfolion riskiä sisältävä osa rahoitusvaroista jäljittelee markkinaportfoliota. Markkinaportfolio sisältää kaiken markkinoilla kaupankäynnin kohteena olevan rahoitusvarallisuuden. Sijoituskohteen osuus markkinaportfoliosta on sen markkina-arvon suhteellinen osuus kaikkien rahoitusvarojen yhteenlasketusta markkina-arvosta. (Bodie, Kane & Marcus, 2005, s. 283.)

Markkinaportfolio sijaitsee tehokkaalla rintamalla (musta viiva), joka on kuvassa 1 katkoviivan yläpuolinen osa. Näiden viivojen leikkauspisteessä on kuviossa portfolio, jonka varianssi on pienin. Edellä mainitulla tehokkaalla rintamalla sijaitsevat portfoliot tuottavat parhaimman tuoton suhteessa riskiin. Katkoviivan alapuolelle jäävää osaa ei tarkastella sen tarkemmin, koska odotettu tuotto on pieni ja hajonta on suuri. Näillä portfolioilla on huonoin riski-tuottosuhde. Näin ollen tehokkaan rintaman alapuolella sijaitsevat portfoliot ovat tehottomia, eivätkä ne ole sijoitusmielessä tavoiteltavia vaihtoehtoja. Pääomamarkkinasuora johdetaan yksittäisten sijoittajien pääoma-allokaatiosuorista. Pääoma-allokaatiosuorat sisältävät tiedon kaikista saavutettavissa olevista mahdollisista riski-tuottokombinaatioista. Pääomamarkkinasuoraan sisältyy sama tieto mikä pääoma-allokaatiosuorissa on, mutta eri skaalalla. Kuvassa 1 tämä on punainen suora ja se alkaa riskittömän koron kohdalta ja sivuaa tehokasta rintamaa siinä kohdassa, missä on markkinaportfolio. (Bodie, Kane & Marcus, 2005, s. 203, 241, 283.)





Kuva 1 Markkinaportfolio

Markkinaportfolion riskipreemion suuruus riippuu sijoittajan suhtautumisesta riskiin ja se on myös suhteellinen portfolion sisältämään riskiin. Riskipreemio on se osa, joka ylittää riskittömän koron suuruuden. Yksittäisen sijoituskohteen riskipreemio on suhteellinen markkinaportfolion riskipreemioon. Edellä mainittua auttaa selittämään kaava (1), jossa  $[E(r_M) - r_f]$  kuvaa markkinaportfolion riskipreemiota.  $E(r_M)$  on markkinaportfolion tuotto, josta vähennetään riskitön tuotto. Käytännössä tämä tuotto on tietyn aikavälin markkinoiden keskimääräinen tuottoaste. (Bodie, Kane & Marcus, 2005, s. 283.)

$$E(r_i) = \beta_i [E(r_M) - r_f] + r_f \quad (1)$$

Sijoituskohteen riskipreemio saadaan, kun markkinaportfolion riskipreemio kerrotaan  $\beta_i$ :llä, joka kuvastaa sijoituskohteen  $i$  herkkyyttä suhteessa markkinaportfolioon, jonka  $\beta_i$ :n arvo on yksi. Jos markkinat esimerkiksi laskevat 5 prosenttia, sijoituskohde, jolla  $\beta_i$  on kaksi, laskee 10 prosenttia. Sijoituskohde on herkempi markkinoilla tapahtuville muutoksille, ja siltä vaaditaan kaksi kertaa

suurempaa riskipreemiota korvaukseksi sen riskisyydestä. Pienen  $\beta_i$ :n tapauksessa analogia on päinvastainen.

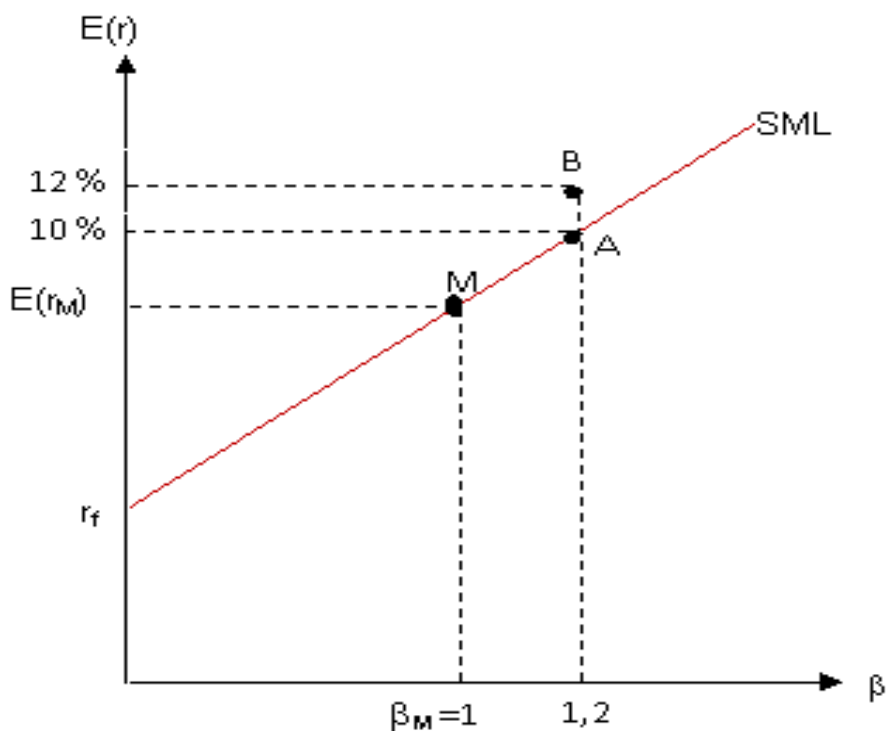
Käydään läpi mallia kuvan 1 avulla ja kaavan (1) sisältämät parametrit. Pääomamarkkinasuora yhdistää kaksi pistettä toisiinsa. Ensimmäinen piste on riskitön korkoaste ( $r_f$ ) ja toinen piste on markkinaportfolio, jota merkitään M. Pistettä M voidaan pitää jokaisen sijoittajan optimaalisena riskiportfoliona, joka sijaitsee tehokkaalla rintamalla. Jos sijoittaja sijoittaa 100 prosenttia sijoitusvarallisuudestaan markkinaportfioon, hänen käyttäytyminsä on riskiä rakastavaa. Hän voi preferenssiensä mukaisesti myös sijoittaa osan rahoitusvarallisuudestaan riskittömään korkoon, jolloin tuotto-odotus on pienempi. Riski ei käytännössä häviä kokonaan pisteessä  $r_f$ , vaikka kuviosta voisi näin päätellä. Rahoitusmarkkinoilla riskittömänä korkoasteena pidetään Yhdysvaltojen velkakirjojen tuottoa. Kun tieto Kreikan systemaattisesta tilastotietojen kaunistelusta tuli ilmi, samalla Kreikan luotettavuus lainamarkkinoilla kärsi tuottovaatimusten noustessa. Tämä muistutti sijoittajia, että riskittöminä pidettyihin valtioiden velkakirjoihin, joihin myös Euroopan unionin maat kuuluivat, sisältyy riskiä, vaikka se olisikin olemattoman pieni.

$$\beta_i = \frac{\text{Cov}(r_i, r_M)}{\sigma_M^2} \quad (2.)$$

Lasketaan markkinaportfolion beeta, kun kovarianssi on  $\sigma_M^2$  ja kaavasta saadaan  $\beta_i = \sigma_M^2 / \sigma_M^2 = 1$ . Merkitään markkinaportfolion beetaa  $\beta_M$ , joka on aina arvoltaan 1.  $\beta_M$  on pääomamarkkinasuoran kulmakerroin. Tämän matemaattinen määrittely on kaavassa (2). Beeta kuvaa sijoituskohteen tuoton ja markkinaportfolion tuoton välistä korrelaatiota suhteessa markkinoiden riskiin. (Bodie, Kane & Marcus, 2005, s. 289.)

Kuva 1 ja kaava (1) kuvaavat tilannetta, jossa valitaan markkinaportfolion sekä riskittömän korkoasteen välillä, eli päätetään tehokkaan portfolion koostumus (Bodie, Kane & Marcus, 2005, s. 290). Portfolion X odotettu tuotto prosentti saadaan painotetun keskiarvon avulla  $w_M * E(r_M) + w_f * r_f$ , jossa  $w_M$  on markkinaportfolion osuus tehokkaassa portfoliossa.  $w_f$  on riskittömän koron osuus kuitenkin niin, että  $w_M + w_f = 1$ .

Edellä käyty tarkastelu käytiin läpi markkinoiden tasolla, joka toimi johdatuksena varsinaiseen asiaan. Nyt siirrytään tarkastelemaan yksittäistä sijoituskohdetta ja sen riskin hinnoittelua. Kuva 2 on kuvaan 1 verrattuna muuten samanlainen, paitsi vaakatason tuottojen volatilitteetti on korvattu beetalla. Kuvassa 2 olevaa nousevaa suoraa kutsutaan sijoituskohdemarkkinasuoraksi<sup>6</sup>. Tästä nähdään sama relaatio riskin ja tuoton välillä kuin kuvassa 1. Kun sijoituskohteen beeta on suurempi kuin yksi, sen tuotot vaihtelevat enemmän kuin markkinaportfolion tuotot. Jos beeta on pienempi kuin yksi, sen tuotot vaihtelevat vähemmän kuin suuremman beetan sisältävät sijoituskohteet.



Kuva 2 Sijoituskohdemarkkinasuora

Kun sijoituskohteen A tuotto-odotus on 10 prosenttia ja beeta on 1,2, saadaan A riskipreemio kaavasta (1). Oletetaan, että  $r_f$  on 4 prosenttia, ja  $E(r_M)$  on 8 prosenttia. Sijoittamalla luvut yhtälöön saadaan riskipreemioksi  $\beta_i [E(r_M) - r_f] = 1,2 * [8 - 4] = 4,8$  prosenttia.

<sup>6</sup> security market line

Tarkasteluni alkupuolen oletusten mukaan kaikki sijoituskohteet sijaitsevat sijoituskohdemarkkinasuoralla. Mikäli näin ei ole ja sijoituskohde sijaitsee joko suoran ylä- tai alapuolella, johtuu tämä siitä, että sijoituskohde on markkinoilla yli- tai alihinnoiteltu. Kuvassa 2 sijoituskohteen B on sama beeta kuin sijoituskohteen A, mutta odotettu tuotto on kaksi prosenttiyksikköä suurempi. Kohde on tällöin alihinnoiteltu, ja sen arvon oletetaan nousevan, jotta tuotto-odotus laskee 10 prosenttia. Ylihinnoiteltu kohde sijaitsee SML-suoran alapuolella ja sen hinnan odotetaan laskevan, jotta sen tuotto-odotus olisi teorian mukainen.

## 3. Behavioraalinen taloustiede ja Cap-malli

### 3.1 Behavioraalinen taloustiede

Tässä luvussa käyn läpi behavioraalisen taloustieteen vastineen normatiivisen teorian Cap-malliin. Edellä mainittua mallia on paranneltu vastaamaan paremmin talouden toimijoiden tosiasiallisempaa käyttäytymistä, kuin läpikäydyssä jälkimmäisessä mallissa. Cap-mallin oletukset käytiin läpi kappaleessa 2.1, jossa kohdassa 4 mainitaan, että sijoittaja voi lainata samalla korkoasteella kuin voi ottaa lainaa. Tämä oletus ei pidä paikkaansa. Käytännössä sijoittaja saa lainansa kalliimmalla korolla kuin talletukselle saatava tuotto on. Markkinoilla on myös häiriötekijöitä kuten veroja sekä transaktiokustannuksia, joita alkuperäisessä Cap-mallissa ei ole. Kappaleen 2.1 kohdan 6 mukaan sijoittajat ovat rationaalisia. Kaikki sijoittajat ovat kyllä rationaalisia, mutta eivät taloustieteen määritelmän mukaisesti rationaalisia. Taloustieteen rationaalisuus voidaan pelkistetysti ilmaista seuraavalla tavalla: sinun pitää valita omenan ja banaanin väliltä kumman hedelmän syöt. Jos valitsit omenan, syöt aina omenan mieluummin kuin banaanin. Et siis valitse koskaan banaania, jos omena on tarjolla. Maailmassa ei todennäköisesti yleisesti ilmene näin voimakasta johdonmukaisuutta, jotta kyseinen oletus olisi realistinen. Myös kappaleen 2.1 kohdan 7 maininta homogeenisistä odotuksista ei ole intuition mukaan mahdollista. Edellä mainitut asiat ovat siis intuitiivisesti pääteltävissä radikaaleiksi yksinkertaistuksiksi.

Tähän alkuun käydään läpi lyhyesti behavioraalisen taloustieteen syntyä sekä kyseisen tieteenalan löytämiä normatiivisesta taloustieteestä poikkeavia käyttäytymismalleja. Tämän jälkeen käyn läpi aiemmin mainitsemani behavioraalisen hinnoittelumallin yksinkertaisen version luvuissa 3.3 – 3.6, joka avaa behavioraalisen

taloustieteen ajatusmaailmaa. Luvussa 3.7 käyn läpi alkuperäistä Cap-mallia vastaavan tyyllisen behavioraalisen cap-mallin. Koko mallin voi käydä läpi Shefrinin kirjasta *A Behavioral Approach to Asset Pricing* (2008).

Camerer, Loewenstein & Matthew mainitsevat *Advances in Behavioral Economics* (2004, s.xxii) alkusanoissa, että taloustieteilijöiden yleinen asenne psykologiaa kohtaan oli skeptinen sekä vihamielinen. Kirjan tekijöistä kaksi koki myös vihamielisyyttä aikanaan. Koettiin, että normatiivisten mallien virheet korjautuvat markkinoiden toimesta, eikä psykologialle ole tarvetta virheiden selittämisessä. Kahnemanin ja Tverskyn, koulutukseltaan psykologeja, työt valinnan, päätöksen ja taloustieteen ennusteiden parissa antoivat alkusysäyksen. Ensimmäinen taloustieteilijä, joka havaitsi tässä mahdollisuuden, oli Richard Thaler. Hän julkaisi 1980 ensimmäisen artikkelinsa *Toward a Positive Theory of Consumer Choice*, jota pidetään modernin behavioraalisen taloustieteen ensimmäisenä artikkelina aiheesta.

Mitä uutta behavioraalinen taloustiede tuo taloustieteen alalle, jonka kehitys on alkanut jo 1700-luvulta? Camerer & Loewenstein kirjoittavat *Advances in Behavioral Economics* kirjan kappaleessa *Behavioral Economics: Past, Present, Future*, että behavioraalisen taloustieteen ydin on pyrkiä lisääntyneen psykologisen realismin avulla tarkempiin ennusteisiin sekä parempiin poliittisiin ehdotuksiin. Tarkoituksena ei ole väheksyä neoklassisia teorioita, vaan kehittää vanhojen teorioiden teoreettisia viitekehyksiä kohti realistisempaa suuntaa. Näin ollen suurin osa behavioraalisen taloustieteen ideoista ei ole uusia, vaan perustuvat vanhoihin teorioihin. Camererin & Loewensteinin mukaan taloustieteen teorioita tulisi tarkastella: kuinka hyvin teoria istuu todellisuuteen, kuinka yleistettävissä se on ja kuinka mukautuvainen se on<sup>7</sup>. Arvioitaessa vanhaa teoriaa päivitettyyn behavioraaliseen yleensä mallista tulee todenmukaisempi, mutta vähemmän mukautuva.

---

<sup>7</sup> congruence with reality, generality, tractability (Stigler, 1965, *The Development of Utility Theory*).

## 3.2 Harhat ja tehokkaat markkinat

Edustavuusharhaan<sup>8</sup> liittyy, että arviot todennäköisyyksistä rinnastuvat kuinka samankaltaisena jotain asiaa pidetään. Jos henkilön luonteen kuvaus sopii kirjastonhoitajan luonteen stereotypiaan, vaikka maanviljelijä olisi todennäköisyyksien valossa todennäköisempi vaihtoehto henkilön ammatiksi, todennäköisempi valinta ammatiksi on kirjastonhoitaja. Pienen koon otoksista tehtyjä päätelmiä pidetään yhtä luotettavina kuin suuresta otoskoosta. Ihmiset myös taantuvat kohti keskimääräistä<sup>9</sup>. Tämä on havaittu lento-opetuksessa seuraavalla tavalla: kun kokenut opettaja kehuu erityisen hyvästä laskeutumisesta, tätä seuraava laskeutuminen on heikompi. Tämä pätee myös päinvastoin huonoa laskeutumista seuraavasta negatiivisesta kritiikistä. (Tversky & Kahneman, 1974, s. 1124-1127.)

Ihmisten tekemiin arvioihin urheiluotteluiden lopputuloksista ja osakkeiden tulevasta arvosta liittyy myös yleisesti edustavuusharha. Esimerkiksi pyydettäessä arvioimaan yrityksen X tulevaa tuottoa yrityksestä saadun kuvauksen perusteella, joka antaa yrityksestä erittäin hyvän kuvan. Tällöin arvioitu tuleva tuotto on todennäköisesti suuri. Arvio yrityksestä voi olla epäluotettava tai se sisältää irrelevanttia tietoa, mutta sen suotuisuus yrityksen osalta vaikuttaa arvioituun tuottoon. (Tversky & Kahneman, 1974, s. 1126.)

Edustavuusharhassa on kyse siitä, että päätelmien lopputulemien perusteluissa käytetään sitä parhaiten tukevaa tietoa. Tämä tieto voi olla epärelevanttia, se voi perustua mielikuviin ja oikeiden tietojen sivuuttamiseen, mutta se edustaa harhaista lopputulemaa parhaiten.

Ankkurointiharhassa ihmisten lopulliset vastaukset heijastuvat ensimmäisestä numerosta, jonka he saavat. Ankkurointia testattiin kokeella, jossa henkilöiltä kysyttiin, montako prosenttia Afrikan maista kuuluu Yhdistyneisiin Kansakuntiin. Henkilöt jaettiin ryhmiin, joista jokaiselle ryhmälle annettiin satunnainen numero. Tämän jälkeen pyöräytettiin onnenpyörää, jossa oli numerot 0:sta 100:aan.

---

<sup>8</sup> representativeness

<sup>9</sup> regression toward mean

Onnenpyörästä saatua numeroa pyydettiin vertaamaan ryhmän saamaan satunnaiseen numeroon. Tämän jälkeen kysyttiin oliko numero isompi vai pienempi. Minkä jälkeen henkilöitä pyydettiin arvioimaan lopullista vastausta annettuun kysymykseen prosenttiosuudesta, alkaen ryhmän saamasta satunnaisesta numerosta. Ryhmät jotka saivat numeron 10, heidän mediaaniarvio oli 25 prosenttia ja ryhmät joilla oli 65, arvioivat 45 prosenttia. Ryhmien saamalla satunnaisilla numeroilla oli vaikutusta annettuun arvioon kuinka monta prosenttia Afrikan maista kuuluu Yhdistyneisiin Kansakuntiin. Arviot ankkuroitiin satunnaiseen lukuun. (Tversky & Kahneman, 1974, s. 1128.)

Ankkurointia tapahtuu, kun arvioidaan subjektiivista todennäköisyysjakaumaa. Jos ammattilaista pyydetään arvioimaan lukua, joka olisi 90 prosentin todennäköisyydellä suurempi kuin Dow-Jonesin arvo keskimäärin. Tällöin on 9:1 todennäköisyys, että arvio osuu oikeaan. Kokeiden perusteella on todettu, että ihmisten tekemissä arvioissa on liian pienet luottamusvälit<sup>10</sup>. Arviot ovat joko liian pieniä tai liian suuria. Havaitut poikkeamat ovat systemaattisia ja suuria. (Tversky & Kahneman, 1974, s. 1129.)

Uhkapelaajan- ja kuumen käden-harhassa<sup>11</sup> on kyse erilaisesta suhtautumisesta samaan asiaan. Ihmiset uskovat, että samankaltaiset itsenäiset tapahtumat loppuvat tai jatkuvat (Burns & Corpus, 2004, s. 179). Paras esimerkki tästä on kolikon heitto, jossa jokainen heitto on oma itsenäinen tapahtumansa. Jokaisella tapahtumalla 50 prosentin todennäköisyys saada kruuna tai klaava. Näitä tapahtumia kuitenkin arvioidaan kokonaisuutena. Jos kolikon heitossa tulee viisi klaavaa peräkkäin, uhkapelaajanharhasta kärsivältä kysytään mikä hänen arvionsa on seuraavasta heitosta. Hän vastaa kruuna, koska hän arvioi, ettei viiden klaavan jälkeen voi tulla enää kuudetta klaavaa. Kuumen käden harhasta kärsivä arvioi, että klaava on todennäköisempi vaihtoehto. Hän ennustaa jatkuvuutta, kun edellinen veikkaa putken katkeamista. Molemmissa tapauksissa kruuna ja klaava ovat molemmat yhtä todennäköisiä, iikä toinen vaihtoehto ole toistaan yhtään todennäköisempi.

---

<sup>10</sup> confidence interval

<sup>11</sup> gambler's and hot hand fallacy



Tähän liittyy myös niin sanottu pienten lukujen laki<sup>12</sup>, jota kuvaa hyvin edellä mainittu kolikon heitto. Moni uskoo, että kolikon heitossa kruunuja ja klaavoja esiintyy yhtä paljon ja vaihtuvuus puolten välillä on tiheää. Tämä uskomus ei päde vähillä heittokerroilla vaan heittokertoja pitää olla useita, että jakauma on 50/50 ja jonossa voi silti olla useita peräkkäisiä klaavoja sekä kruunuja. (Shefrin, 2008, s. 59.)

Behavioraalisen taloustieteen löydöksistä vankan tuen saa ihmisten ylliluottavaisuus<sup>13</sup> itseensä. Ylliluottavaiset sijoittajat vaikuttavat markkinoihin kasvattamalla kaupankäynnin volyymeja, volatilitteettia, ja heikentävät ylliluottavaisten sijoittajien odotettua hyötyä sekä markkinoiden hintojen muodostamista reagoimalla irrelevanttiin tietoon (Odean, 1998, s. 1887).

Kognitiivisen psykologian kirjallisuudessa on tunnistettu, että ihmiset ovat yleensä ylliluottavaisia etenkin omaan tietämyksensä tarkkuuteen. Ihmiset antavat liikaa painoarvoa epärelevantille tiedolle, kuten silmiinpistävälle ja omien uskomusten kanssa linjassa olevalle tiedolle eikä oleelliselle ja luotettavalle tiedolle. Ylliluottavaisuus vaikuttaa ihmisiin, joka heijastuu markkinoille sijoittajien toimien kautta. Tähän vaikuttaa ylliluottavaisten sijoittajien määrä, varallisuus ja informaation jakautuminen markkinoilla. (Odean, 1998, s. 1888,1893).

Ihmiset arvioivat luottamusvälit liian kapeiksi. Luottamusväli on alimman ja ylimmän arvo väli, jolle välille oikean arvon arvioidaan sijoittuvan. Mitä pienempi väli sitä isompi luottamus ihmisellä on itseensä. Odean (1998) ja De Bondt (1993) mukaan ylliluottavaiset sijoittajat arvioivat riskin liian pieniksi ja luottamusvälit jäävät liian kapeiksi heidän osaltaan (Shefrin, 2008, s. 58).

Tehokkaiden markkinoiden hypoteesi (EMH) sisältää kolme eri tehokkuuden muotoa. Ensimmäinen on heikko muoto, jolloin sijoituskohteiden hinnat pitävät sisällään vanhan tiedon, joka on yleisesti saatavilla. Tällaista tietoa on vanha kurssikehitys ja kaupankäynnin määrä. Keskivahvassa muodossa hinnat sisältävät heikon tason tiedot ja tämän lisäksi julkisesti saatavilla olevan tiedon, kuten tulevaisuuden tuotto-odotukset, johdon laadun ja taseesta saatavan tiedon. Vahvan muodon tehokkuus sisältää edellisten muotojen tietojen lisäksi kaiken yritystä koskevan relevantin tiedon, kuten sisäpiiriläisten hallussa olevan tiedon. Uuden

---

<sup>12</sup> law of small numbers

<sup>13</sup> overconfidence

relevantin tiedon tullessa ilmi se hinnoitellaan sijoituskohteen hintaan nopeasti, eikä epärelevanttiin tietoon reagoida. (Bodie;Kane;& Marcus, 2005, s. 373.) Yleensä markkinoiden oletetaan olevan tehokkaat, mutta ylikuottavaiset ihmiset antavat psykologien mukaan painoarvoa enemmän epärelevantille tiedolle kuin relevantille.

Tehokkaiden markkinoiden teoria (EMT), johon EMH sisältyy, nojaa seuraaviin oletuksiin: Ensinnäkin sijoittajat ovat rationaalisia. Toiseksi sijoittajien ollessa epärationaalisia heidän kauppansa ovat satunnaisia ja ne kumoavat toisensa, eivätkä vaikuta sijoituskohteen hintaan. Kolmanneksi epärationaalisten sijoittajien tekemien kauppojen ollessa muuta kuin satunnaisia ja niiden vaikuttaessa sijoituskohteen hintaan, virheellisen hinnan korjaavat rationaaliset sijoittajat arbitraasilla. (Shleifer A. , 2000, s. 2.)

Tehokkaiden markkinoiden teoriaa (EMT) on korjattu sitä mukaan, kun behavioraalinen taloustieteenalan tutkijat ovat löytäneet sijoitusmarkkinoilta poikkeavuuksia EMT:sta. Kuitenkaan riskitöntä arbitraasia ei voi toteuttaa siinä muodossa kuin se olisi teoriassa tehtävä hintojen oikaisemiseksi oikeiksi. Arbitraasi määritellään Gordonin ja Sharpen (1990) kirjassa ”samanaikaiseksi saman tai samankaltaisen sijoituskohteen myynniksi ja ostoksi kaksilta eri markkinoilta eri hintaan edullisesti”. Tämänkaltainen arbitraasi ei sisällä riskiä eikä tarvitse pääomaa. Riskiä ei ole, koska ostetaan halvalla ja myydään kalliilla. Nettokassavirta on 0 euroa tuottojen tullessa etukäteen. (Shleifer & Vishny, 1997, s.166.)

### **3.3 Yksinkertainen behavioraalinen Cap - malli**

Kappaleissa 3.3 - 3.7 käydään läpi malli, jossa mukana on realistisemmat oletukset kuin Cap -mallissa. Behavioraalisessa mallissa sallitaan sijoittajille heterogeeniset odotukset. Tämä poikkeaa kappaleen 2.1 luettelon kohdasta 7, jossa Cap-mallin oletusten mukaan sijoittajilla on homogeeniset odotukset. 2.1 luvun luettelon kohdassa 1 mainitaan, että markkinoilla on monta sijoittajaa, jotka eivät voi vaikuttaa markkinoiden hintoihin. Behavioraalisen mallin mukaan sijoittajat voivat vaikuttaa

hintoihin varallisuuden määrällä ja subjektiivisilla arvioillaan sijoituskohteesta. Sijoittajat eivät myöskään välttämättä ole rationaalisia ja keskimääräisen varianssin optimoijia (kts.luku 2.1 kohdat 1, 6 & 7).

Aikaväli mallissa on diskreetti välillä  $t = 0 \rightarrow T$  (kts.luku 2.1 kohta 2). Hetkellä 0 sijoittajilla  $j = 1,2$  on yhteensä  $\omega_0$  määrä varallisuutta käytettävissä kulutukseen  $c_j$  sekä sijoitukseen rahoitusmarkkinoilla, johon viitataan jäljempänä markkinoilla. Kulutusta ei tule tässä käsittää hyödykkeiden kulutuksena vaan eräänlaisena sijoituskohteen ja kulutushyödykkeen välimuotona.  $\omega_t$  muuttuu binomiproessin seurauksena seuraavasti:  $u > 1$  tai  $d < 1$ . Jos hetkellä 1  $\omega_1 = u\omega_0$ , kulutukseen käytettävä varallisuuden määrä on kasvanut verrattuna hetkeen 0. Kutsutaan  $x_t$  hetki-tapahtuma pariiksi<sup>14</sup>, joka kuvaa  $u$ :n ja  $d$ :n sekvenssiä aikavälillä 1 ja  $t$ . Jokaisena eri ajankohtana on mahdollisuus, että  $u$  tai  $d$  tapahtuu. Tämän todennäköisyys summautuu ykköseen, koska vain toinen tapahtuma parista voi tapahtua hetkellä  $t$ . Jokainen sijoittaja  $j$  asettaa todennäköisyydet  $P_j(x_t)$  edellä mainitulle hetki-tapahtuma parille niin, että  $\sum_{x_t} P_j(x_t) = 1$ . (Shefrin, 2008, s. 103-104, 132.)

Molempien sijoittajien hyötyfunktio on muodoltaan  $\ln(c_j(x_t))$ . Sijoittajien hyötyfunktio on logaritminen ja he saavat hyötyä vain kulutuksesta eivätkä sijoittamisesta. Onnistuneet sijoitukset mahdollistavat suuremman kulutuksen, joka taas kasvattaa sijoittajien kokemaa hyötyä. Koska tämän päivän kulutus on arvokkaampaa kuin tulevaisuudessa tapahtuva kulutus, lisätään hyötyfunktioon diskonttaustekijä  $\delta^t$ . Tämä pienentää hyötyä  $t$  kasvaessa. Hyötyfunktio on nyt muotoa  $\delta^t \ln(c_j(x_t))$ . Oletetaan, että molemmilla sijoittajilla on samansuuruiset diskonttaustekijät. (Shefrin, 2008, s. 104.)

Merkitään  $v(x_t)$  futuurin hintaa, jolla saa yhden yksikön kulutusta. Futuurilla sitoudutaan ostamaan yksi yksikkö kulutusta sovittuun hintaan hetkellä  $t$ . Kohteena voisi olla, vaikka viljafutuuri. (Shefrin, 2008, s. 104.)

---

<sup>14</sup> date-event pair

Kun  $\omega(x_t)$  on käytettävissä oleva kokonaiskulutus,  $\omega_j(x_t) = \omega_j \omega(x_t)$  merkitään sijoittajan  $j$  hallussa olevaa osuutta. Varallisuuden taso saadaan seuraavasta kaavasta  $W_j = \sum_{t,x_t} v(x_t) \omega_j(x_t)$ . Tämä toimii myös budjettirajoitteena, koska kokonaiskulutus  $\sum_{t,x_t} v(x_t) c_j(x_t)$  ei voi olla suurempi kuin  $W_j$ . Jokainen sijoittaja pyrkii maksimoimaan hyötynsä, jota rajoittaa budjettirajoite. Kun sijoitetaan lagrangen yhtälöön budjettirajoite sekä odotettu hyöty, saadaan optimaaliseksi kulutukseksi  $c_j(x_t) = \frac{\delta^t}{\sum_{T=0}^T \delta^t} \frac{P_j(x_t)}{v(x_t)} W_j$ . Kulutukseen vaikuttaa varallisuuden lisäksi diskonttaustekijän suhde tarkasteltavan aikavälin diskonttaustekijöiden summaan sekä sijoittajan arvio hetki-tapahtuma parin todennäköisyyden suhteesta kulutuksen hintaan. Kulutukseen vaikuttaa miten sijoittaja arvostaa tulevaa kulutusta suhteessa nykyiseen kulutukseen. Jos diskonttaustekijä on suuri, sijoittaja arvostaa tulevaa kulutusta enemmän kuin tämän hetkistä kulutusta. Hintaan sijoittajalla ja hänen ominaisuuksillaan ei ole tässä vaiheessa merkitystä, joten se voidaan ottaa annettuna.  $P_j(x_t)$  on sijoittajan subjektiivinen arvio todennäköisyydestä. Jos sijoittajan arvio on objektiivista todennäköisyyttä suurempi, hän on tällöin liian optimistinen. Tämän seurauksena sijoittaja kuluttaa enemmän varallisuuttaan kuin tilanteessa, jossa hänellä olisi objektiivinen kuva tilanteesta. (Shefrin, 2008, s. 105-106.)

Peruskäsitteiden jälkeen otetaan mukaan heterogeenisuus ja johdetaan yhtälö, josta selviää miten sijoittajat hinnoittelevat  $v$  tila-hinta<sup>15</sup> vektorin (Shefrin, 2008, s. 106). Edellä tällä kuvattiin futuurin hintaa. Tästä eteenpäin  $v$  viittaa markkinoiden tilaan ja siihen liittyvään hintaan. Esimerkiksi hetkellä  $t$  on 90 prosentin todennäköisyys, että markkinoiden tuotto on 5 prosenttia ja 10 prosentin todennäköisyys, että tuotto -2 prosenttia. Tästä saadaan vektori, joka kuvastaa markkinoiden tilaa ja sen tuottoa.

Kokonaiskysyntä on yhtä suuri kuin kokonaistarjonta  $c_1(x_t) + c_2(x_t) = \frac{\delta^t}{\sum_{T=0}^T \delta^t} \frac{(P_1(x_t)W_1 + P_2(x_t)W_2)}{v(x_t)} = \omega(x_t)$ . Tästä saadaan ratkaistua  $v(x_t)$  termien uudelleen määrittelyn avulla niin, että se on yhtä suuri kuin  $\frac{\delta^t P_R(x_t)}{g(x_t)}$ . Termi  $g(x_t)$  on kumulatiivinen kokonaiskulutuksen kasvu.  $P_R(x_t)$  on jatkon kannalta tärkeä termi,

---

<sup>15</sup> state price

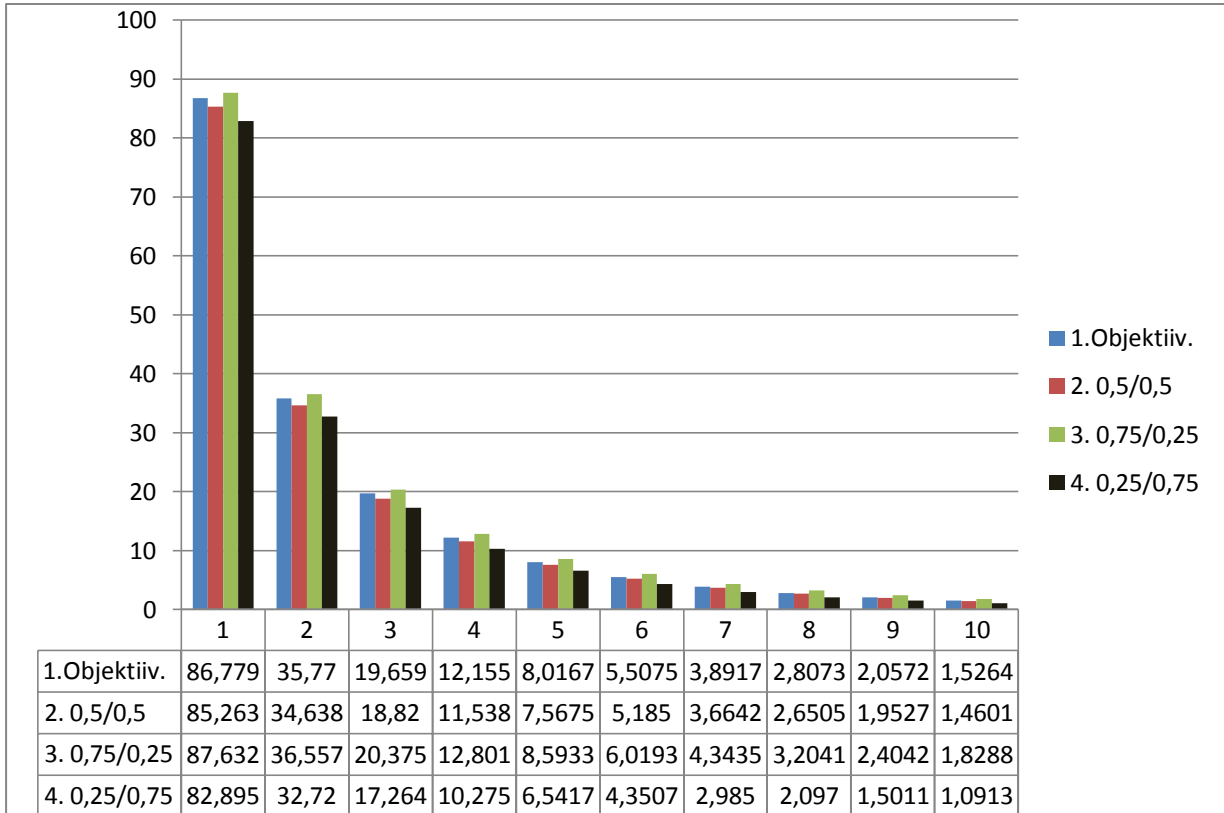
joka on syytä käydä tarkemmin läpi.  $P_R(x_t) = w_1 P_1(x_t) + w_2 P_2(x_t)$ , jossa  $w_j = W_j/W$  on suhteellinen varallisuus.  $P_R$  sisältää yksittäisten sijoittajien uskomukset painotettuna varallisuudella ja sitä kutsutaan edustavaksi sijoittajaksi, koska edustaa kaikkien sijoittajien näkemystä.  $\sum_{(x_t)} P_R(x_t) = 1$  eikä voi saavuttaa negatiivisia arvoja. Palataan takaisin  $v(x_t)$  tulkintaan, joka on diskontattu todennäköisyys jaettuna kumulatiivisella kulutuksen kasvulla. (Shefrin, 2008, s. 106-108.) Heterogeenisuus vaikuttaa hinnoitteluun todennäköisyyksien kautta, koska molemmille sijoittajille oletetaan sama diskonttaustekijä.

Käydään mallia läpi esimerkin avulla. Yhdysvalloissa oli reaalin toteutunut vuosittainen yksityisen kulutuksen kasvu 3,5 prosenttia vuodessa 1943 ja 2003 välillä. Tänä aikana 91,6 prosentissa vuosineljänneksistä oli positiivinen kulutuksen kasvu, joka oli keskimäärin 0,95 prosenttia. Jäljelle jääneiden vuosineljännesten aikana kulutus laski keskimäärin -0,07 prosenttia. Merkitään kulutuksen kasvua  $g$ , jonka arvo on  $u = 1,0095$ , kun kyseessä on positiivinen vuosineljännes tai  $d = 0,9993$  negatiivisen vuosineljänneksen kohdalla. Todennäköisyys  $u$ :lle on 0,916 ja  $d$ :lle 0,084. (Shefrin, 2008, s. 108-109.)

Oletetaan molemmat sijoittajat ovat samaa mieltä  $u$ :n ja  $d$ :n arvoista, mutta todennäköisyyksien osalta näkemykset poikkeavat toisistaan. Sijoittaja yksi on optimistinen ja asettaa tapahtumalle  $u$  todennäköisyyden 0,95. Hän on optimisten arvioissaan ja kärsii kuumen käden harhasta. Sijoittaja kaksi on pessimistinen arvioissaan ja arvioi tapahtuman  $u$  todennäköisyydeksi 0,85. Pessimistinen sijoittaja vastaavasti kärsii uhkapelaajan harhasta. Jos molemmilla sijoittajilla on saman verran varallisuutta, saadaan tapahtumalle  $u$  todennäköisyydeksi hetkellä  $t = 1$ ,  $P_R = 0,9$ . Kahdelle peräkkäiselle  $u$ -tapahtumalle saadaan todennäköisyydeksi  $0,95^2 = 0,9025$  ja  $0,85^2 = 0,7225$ . (Shefrin, 2008, s. 109.)

Kuvassa 3 on laskettu arvot  $v(x_t)$ :lle eri  $P_R$  kombinaatioilla käyttäen seuraavaa kaavaa  $v(x_t) = \frac{\delta^t P_R(x_t)}{g(x_t)}$ . Molempien sijoittajien diskonttaustekijä on oletettu samaksi 0,9. Diskonttitekijä voi olla eri aikoina erisuuruinen eri sijoittajilla riippuen miten he arvostavat nykyistä hetkeä suhteessa tuleviin hetkiin. Yhden vuosineljänneksen kasvuksi on oletettu edellä mainittu 0,95 prosenttia. Ajanjaksoksi on otettu 10 vuosineljännestä, joista jokaisena vuosineljänneksenä tapahtuu kasvua.

Todennäköisyydet ovat samat kuin edellä. Historiallinen todennäköisyys sille, että vuosineljänneksellä on kasvua, on 91,6 prosenttia. Sijoittajan yksi arvioima todennäköisyys tapahtumalle  $u$  on 95 prosenttia ja sijoittaja kahden 85 prosenttia.



Kuva 3 Todennäköisyyksien vaikutus hintaan

Sinisen palkin (ensimmäisen rivin summat) tapauksessa molemmat sijoittajat ovat arvioineet todennäköisyyden samaksi eli  $v:n$  arvo on oikea. Sanotaan, että tässä tapauksessa hinta on objektiivisesti oikein. Tämä tapaus kuvastaa Capmallin oletusta homogeenisistä odotuksista. Tällöin tässä esitetyt poikkeamat hinnoittelussa eivät olisi mahdollisia. Mikäli poikkeamia ilmenisi, ne korjautuisivat EMH/EMT mukaisesti riskittömällä arbitraasilla. Toisen rivin kohdalla varallisuuspainot ovat  $w_1 = w_2 = 50$  prosenttia. Kolmannen rivin painot ovat  $w_1 = 75$  prosenttia,  $w_2 = 25$  prosenttia ja neljännen rivin kohdalla painot ovat toisinpäin,  $w_1 = 25$  prosenttia,  $w_2 = 75$  prosenttia. Punainen ja musta palkki ovat aina alempana kuin sininen palkki.  $v:n$  arvo jää systemaattisesti pienemmäksi kuin sen

objektiivinen arvo sijoittajan kaksi pessimistisen arvion takia. Vaikka molemmilla sijoittajilla olisi yhtä suuri varallisuuspaino (Kuva 3 toinen rivi punainen palkki), pessimistinen arvio sisältää isomman virheen objektiiviseen todennäköisyyteen verrattuna. Jos sijoittajalla yksi olisi 66 prosenttia ja sijoittajalla kaksi 34 prosenttia varallisuudesta,  $P_R$  saisi arvoksi 91,6 prosenttia. Tällöin hinta asettuisi samaksi kuin objektiivisen näkemyksen kohdalla. Molempien arviot olisivat silti virheelliset.

Edellistä esimerkkiä voi laajentaa koskemaan markkinaindeksiä.  $g(x_t) = \frac{\omega(x_t)}{\omega(x_0)}$  ja  $\omega(x_t)$  on käytettävissä oleva kokonaiskulutus. Oletetaan, että nyt kulutuksen kohteena on markkinaindeksi. Tällöin  $g(x_t)$  on markkinaindeksin kasvu ja  $P_R$  on edelleen varallisuuspainoin painotettu todennäköisyys sille, että markkinaindeksi laskee tai nousee. Johtopäätökset ovat samoja kuin kuvan 3 johtopäätökset.

### 3.4 Tehokkaat markkinat ja virhetermi

Kuten luvusta 3.2 käy ilmi, tehokkaiden markkinoiden hypoteesi nojaa vahvasti olettamukseen, että hyvin informoitu sijoittaja käyttää hyödyksi arbitraasin mahdollisuudet ja ajaa osakkeen hinnan tehokkaiden markkinoiden mukaiseksi. Sillä, ettei arbitraasin mahdollisuutta ole, perustellaan taloustieteen puolella, että markkinat ovat tehokkaat. Behavioraalinen taloustiede määrittelee tehokkaat markkinat objektiivisten oikeiden hintojen kautta. (Shefrin, 2008, s. 115).

Behavioraalisisessa mallissa riskittömän arbitraasin mahdollisuutta ei ole. Tämä on seurausta siitä, että tila-hinta  $v$ :ssa on otettu huomioon sijoittajien heterogeenisuus tekijässä  $P_R$ . Vaikka  $v$ :n arvo ei ole objektiivisesti oikea, kummallakaan sijoittajalla ei ole tarvetta olettaa, että nykyinen hinta olisi väärä. (Shefrin, 2008, s. 117)

Shefrinin (2008, s. 117) mukaan markkinoiden tehokkuuden määrittely sillä perusteella, että markkinoilla ei ole yhtään riskittömän arbitraasin mahdollisuutta

on, heikko. Tehokkaampi määrittely olisi, ettei markkinoilla voi saada poikkeavia odotettuja tuottoja riskillisestä arbitraasista.

Määritellään informoitu sijoittaja, jolla on oikeat uskomukset seuraavanlaisesti:  $P_j = \Pi$ . Nyt markkinahintojen ollessa annetut sijoittaja maksimoi odotettua hyötyään toteuttamalla dynaamista strategiaa kaupankäynnissään markkinoilla. Tämä strategia ei ole hänelle subjektiivisesti vaan objektiivisesti optimaalinen. Koska informoitu sijoittaja arvioi sijoituskohteidensa riski-tuotto-suhteen objektiivisesti oikein, hän toteuttaa kaikki kaupat joiden rajatuotto vastaa rajariskiä<sup>16</sup>. Tämän seurauksena kaikki mahdolliset riskilliset arbitraasimahdollisuudet käytetään hyödyksi. Markkinoille mahdollisesti jäävät arbitraasin hyväksikäyttömahdollisuudet eivät ole kannattavia rajariskin ollessa suurempi kuin rajatuotto. Jos malli sisältää informoituja sijoittajia, tasapainotilanteissa ei ole mahdollista saada arbitraasituottoja. Sen perusteella ettei markkinoilla ole mahdollista saada arbitraasituottoja, markkinat ovat tehokkaat. (Shefrin, 2008, s. 117-118.)

Faman (1965, 59) mukaan sijoituskohteiden hinnat heijastelevat tehokkailla markkinoilla niiden fundamentaalista<sup>17</sup> (objektiivista) arvoa hyvin. Sijoittaja, jolla ei ole hallussaan uutta informaatiota, sijoituskohteen hintaan hinnoittelematonta, voi valita sijoituskohteensa satunnaisesti. Jos sijoittajalla on uutta informaatiota, hän voi kuulua jonkin yrityksen sisäpiiriin ja sisäpiirin tiedon hyväksikäyttäminen on monessa maassa säädetty rikokseksi.

Ajatellaan edellä käytyyn (luku 3.3) liittyen tapausta, jossa on kaksi sijoittajaa. Toisen sijoittajan uskomukset ovat systemaattisesti virheelliset ja toinen on informoitu sijoittaja, jolla on oikeat uskomukset. Informoidun sijoittajan osuus alkuvarallisuudesta on pieni.  $P_R$  heijastaa edustavan sijoittajan uskomuksia. Koska informoidun sijoittajan varallisuus on pieni suhteessa kokonaisvarallisuuteen, virheelliset uskomukset omaavan sijoittajan virheelliset näkemykset saavat suuremman painoarvon edustavan sijoittajan funktiossa. Edustavalla sijoittajalla on edellä mainitun seurauksena virheelliset uskomukset  $P_R \neq \Pi$ . Markkinoilla on tämän seurauksena sijoituskohteita, joiden hinta poikkeaa niiden fundamentaalisesta arvosta (objektiivisesta arvosta). (Shefrin, 2008, s. 118.)

---

<sup>16</sup> marginal risk

<sup>17</sup> fundamental



Informoitu sijoittaja havaitsee hinnoitteluvirheen, mutta hänellä on rajoitettu kyky kantaa riskiä, koska hänellä on rajoitettu määrä varallisuutta käytettävänä. Ottamalla arbitraasiposition informoitu sijoittaja ottaa kantaakseen riskin siitä, että sijoituskohteen hinnoitteluvirhe kasvaa. Mikäli hinnoitteluvirhe kasvaa, informoitu sijoittaja menettää pääomaa ja joutuu mahdollisesti luopumaan positiostaan sekä kärsimään tappiot. Mitä suurempi hinnoittelukohteen varianssi on, sitä suurempi riski kohdistuu sijoituskohteeseen. (Shleifer & Vishny, 1997.) Tämän seurauksena informoitu sijoittaja käyttää hyödykseen vain osan hinnoitteluvirheestä ja ottaa pienemmän position niin, että hän tasapainottaa riskin ja odotetun tuoton. Edellä mainitut seikat rajoittavat arbitraasia, josta käytetään behavioraalisessa taloustieteessä nimitystä arbitraasin rajoitukset<sup>18</sup>. (Shefrin, 2008, s. 118.)

Jos varallisuus olisi jakautunut päinvastoin kuin edellisessä tapauksessa, informoidun sijoittajan varallisuus olisi suurempi kuin sijoittajalla, jonka uskomukset ovat systemaattisesti virheelliset. Informoitu sijoittaja ottaa tässä tapauksessa suuremman position hinnoitteluvirheisiin ja pyrkii käyttämään hyväksi mahdolliset hinnoitteluvirheet. Tässäkin tapauksessa arbitraasin rajoitukset aiheuttavat sen, että välttämättä kaikkia hinnoitteluvirheitä ei saada oikaistua informoidun sijoittajan toimesta. Kun  $P_R = \Pi$ , edustavalla sijoittajalla on objektiivisesti oikeat uskomukset ja sijoituskohteiden hinnat ovat yhtäsuuret kuin niiden fundamentaaliset arvot. (Shefrin, 2008, s. 118.)

Tehokkaiden markkinoiden määrittely on tässä yksinkertaisessa mallissa seuraava: markkinat ovat tehokkaat vain, jos tila-hinnat heijastavat oikein sijoittajien preferenssejä ja perustana olevaa riskiä. Tällöin hinnat ovat objektiivisesti oikeat. (Shefrin, 2008, s. 118.)

Luvussa 3.3 käytiin läpi, että kumulatiivinen kokonaiskulutuksen kasvu  $g$  muodostuu binomiprosessin kautta saaden arvon  $u = 1,0095$  todennäköisyydellä 0,916 tai arvon  $d = 0,9993$  todennäköisyydellä 0,084. Merkitään edellä kuvattua binomiprosessia  $\Pi(x_t)$ :llä, joka on objektiivisen todennäköisyyden tiheysfunktio. Luvun 3.3 esimerkissä käytiin läpi tila-hinta funktiota eri  $P_R$  -arvoilla. Tässä esimerkissä kuvan 3 rivi yksi, jota kuvasti sininen palkki, kuvasi tilannetta, jossa

---

<sup>18</sup> limits of arbitrage

tehokkuusehto  $\Pi(x_t) = P_R(x_t)$  täyttyi. Nyt voidaan kirjoittaa kaava  $v(x_t) = \frac{\delta^t P_R(x_t)}{g(x_t)}$  seuraavaan muotoon  $v(x_t) = \frac{\delta^t \Pi(x_t)}{g(x_t)}$ . Jälkimmäinen kaava kuvastaa tilannetta, jossa tila-hinta sisältää binomiproessin oikeat uskomukset ja edustavan sijoittajan uskomukset ovat objektiivisesti oikeat. Markkinatehokkuuden ehtona on tällöin, että  $\Pi(x_t) = P_R(x_t)$ . (Shefrin, 2008, s. 119.)

Palataan hetkeksi luvun 3.3 esimerkkiin. Esimerkissä oli kaksi sijoittajaa, jotka olivat yhtä mielen  $u$ :n ja  $d$ :n suuruudesta, mutta kumpikin arvioi tapahtumien todennäköisyydet eri suuruisiksi. Sijoittaja yksi oli optimistinen arviossaan ja arvioi tapahtuman  $u$ :n todennäköisyydeksi 0,95. Sijoittaja kaksi oli arviossaan pessimistinen arvioiden tapahtuman  $u$ :n todennäköisyydeksi 0,85. Kun molempien sijoittajien varallisuus on yhtä suuri, saa edustavan sijoittajan  $P_R$  arvon 0,90. Objektiivinen todennäköisyys kyseisellä tapahtumalla on 0,916, jolloin  $\Pi = 0,916$ . Markkinat eivät ole tällöin tehokkaat, koska tehokkuuden ehto ei täyty  $\Pi(x_t) \neq P_R(x_t)$ . (Shefrin, 2008, s.120.)

Sijoittajat ovat taipuvaisia tekemään virheitä, joka johtuu heidän alttiudestaan systemaattisille virheille. He voivat luottaa omiin kykyihinsä liikaa (yliluottavaisuus), ankkuroida arvionsa johonkin viimeisimpään tietoon tai he voivat kärsiä uhkapelaajan harhaluulosta. Edellä todettiin, että markkinat ovat tehokkaat, jos molemmilla sijoittajilla on objektiivisesti oikeat uskomukset markkinoista. Tällöin  $\Pi = P_R$  ja markkinat ovat tehokkaat. Sijoittajien vastakkaiset uskomukset markkinoista kumoavat mahdollista virhettä hinnoittelussa. Jos molemmat sijoittajat arvioivat tapahtuman  $u$ :n todennäköisyydeksi 0,95, silloin  $P_R = 0,95$  ja virhe on suurempi kuin edellisen luvun esimerkin  $P_R = 0,9$ . Sijoittajien virhearviot vastakkaisiin suuntiin kumoavat toisiansa. Vaikka näin voi tapahtua, se ei tarkoita, että hinnat ovat tehokkaat, vaikka virheet ovat ei-systemaattisia. (Shefrin, 2008, s. 122-123.)

Määritetään, että markkinavirhe<sup>19</sup> on  $\frac{P_R(x_t)}{\Pi(x_t)}$ . Markkinavirheen ollessa suurempi kuin yksi edustavalla sijoittajalla on optimiset uskomukset markkinoista. Jos markkinavirhe on alle yhden, sijoittajalla on pessimistiset uskomukset. Jatkossa käytetään kuitenkin mallin kannalta paremmin soveltuvaa mittayksikköä. Kuvataan

---

<sup>19</sup>Market error

absoluuttista markkinavirhettä -termillä  $\epsilon_j(x_t) = \delta'(t) (P_j(x_t) - \Pi(x_t))$ . Termi  $\epsilon_j$  kuvastaa sijoittaja  $j$  diskontattua subjektiivisen ja objektiivisen todennäköisyyden erotusta. Positiivinen  $\epsilon_j(x_t)$  tarkoittaa, että absoluuttinen markkinavirhe saa positiivisen arvon, jolloin sijoittajalla on optimistiset uskomukset. Negatiivinen  $\epsilon_j(x_t)$  on edellisen vastakohta ja sijoittajalla on pessimistiset uskomukset. Määritellään suhteellisen varallisuusosuuden ja sijoittajan virheen välinen kovarianssi seuraavasti  $cov\{w_j, \epsilon_j(x_t)\} = \sum_j (w_j - (1/J)) (\epsilon_j(x_t) - \bar{\epsilon}(x_t)) / J$ . Tässä tapauksessa  $J = 2$  ja se on sijoittajien kokonaismäärää. Määritetään keskimääräinen virhetermi  $\bar{\epsilon}(x_t) = \sum_j \epsilon_j(x_t) / J$ . Välttämätön ehto markkinoiden tehokkuudelle on, että  $cov\{w_j, \epsilon_j(x_t)\} + \bar{\epsilon}(x_t) / J = 0$ . Markkinat ovat tehokkaat, jos virhe-varallisuus kovarianssin ja keskimääräisen virhetermin summa on nolla. Varallisuus ei saa korreloida markkinavirheen kanssa yhtään ja keskimääräisen virheen on oltava nolla. (Shefrin, 2008, s. 123-125.)

Käydään läpi milloin markkinat voivat olla tehokkaat. Virhe-varallisuus kovarianssin arvo on nolla, jos kohta  $w_j - (1/J)$  saa arvon nolla, jokaisen sijoittajan kohdalla. Esimerkiksi jos  $J = 2$  silloin  $\frac{1}{J} = 0,5$ . Kun  $w_1 = w_2 = 0,5$ , kovarianssin arvoksi tulee nolla. Mikäli  $w_1 \neq w_2$  kovarianssin arvoksi tulee nolla vain, jos  $(\epsilon_j(x_t) - \bar{\epsilon}(x_t)) = 0$ . Keskimääräinen virhetermi sisältää absoluuttisen markkinavirhe -termin. Jos  $\sum_j \epsilon_j(x_t) = 0$ , kaikilla sijoittajilla on oltava objektiiviset odotukset  $(P_j(x_t) - \Pi(x_t))$ . Tällöin kovarianssin arvoksi tulee nolla, mutta se ei riitä siihen, että markkinat ovat tehokkaat. Viimeisen termin  $(\bar{\epsilon}(x_t) / J)$  arvon tulee myös olla nolla. Tämä toteutuu, jos  $\sum_j \epsilon_j(x_t) = 0$ . Yksinkertaisemmin ilmaistuna markkinat ovat tehokkaat, jos  $\sum_j w_j \epsilon_j = 0$ . Tällöin varallisuudella painotettujen virheiden summa on nolla. Virheet ovat tällöin mahdollisia, kun negatiivisten ja positiivisten virheiden varallisuudella painotettu summa on nolla. (Shefrin, 2008, s. 125.)

Käydään läpi tapaus, jolloin markkinat ovat tehokkaat, mutta keskimääräinen sijoittajan virhe ei ole nolla. Taulukon 1 lukujen takana on seuraavat oletukset:  $T = 2, \delta = 1$  ja varallisuus ei ole tasaisesti jakautunut  $w_1 \neq w_2$ .

	u	d	uu	ud	du	dd
Objektiiviset todennäköisyydet	91,59 %	8,41 %	83,89 %	7,70 %	7,70 %	0,71 %
Sijoittajan 1 todennäköisyydet	95,00 %	5,00 %	90,25 %	4,75 %	4,75 %	0,25 %
Sijoittaja 2 todennäköisyydet	86,48 %	13,52 %	74,36 %	12,13 %	12,13 %	1,39 %
Varallisuuspainotetut todennäköisyydet	91,59 %	8,41 %	83,89 %	7,70 %	7,70 %	71,00 %

Sijoittajan 1 virheet	3,41 %	-3,41 %	6,36 %	-2,95 %	-2,95 %	-0,46 %
Sijoittaja 2 virheet	-5,11 %	5,11 %	-9,54 %	4,43 %	4,43 %	0,69 %
Keskimääräinen sijoittajan virhe	-0,85 %	0,85 %	-1,59 %	0,74 %	0,74 %	0,11 %

$W_1$	60,00 %
$W_2$	40,00 %

**Taulukko 1** Esimerkin todennäköisyydet (Shefrin, 2008, s. 127)

Taulukon 1 kaksi ensimmäistä saraketta  $u$  ja  $d$  kuvaavat hetken 1 hetki-tapahtuma paria. Viimeiset neljä saraketta  $uu$ ,  $ud$ ,  $du$  ja  $dd$  kuvaavat hetken 2 hetki-tapahtuma pareja. Ensimmäisellä rivillä on objektiiviset todennäköisyydet  $\Pi(x_t)$ . Riveillä kaksi ja kolme on sijoittajien subjektiiviset näkemykset  $P_j(x_t)$  ja neljännellä rivillä on edustavan sijoittajan todennäköisyydet  $P_R(x_t)$ . Rivillä viisi ja kuusi on sijoittajien virheet  $\epsilon_j(x_t)$  ja viimeisellä rivillä on keskimääräinen sijoittajan virhe  $\bar{\epsilon}(x_t)$ . (Shefrin, 2008, s.126.)

Ensimmäisen ja neljännen rivin todennäköisyydet ovat yhtä suuret eli  $\Pi(x_t) = P_R(x_t)$ . Vaikka sijoittajien todennäköisyydet sisältävät systemaattisen virheen, määritelmän mukaan markkinat ovat tehokkaat. Keskimääräinen sijoittajan virhe ei ole kuitenkaan nolla, vaan  $u$ :lla se on -0,85 prosenttia ja  $d$ :lle 0,85 prosenttia. Suhteellisen varallisuusosuuden ja sijoittajan virheen välinen kovarianssi ei ole myöskään nolla vaan se on 0,4 prosenttia  $u$ :lle ja  $d$ :lle se on -0,4 prosenttia. Markkinoiden tehokkuudelle oli ehtona myös  $cov\{w_j, \epsilon_j(x_t)\} + \bar{\epsilon}(x_t)/J = 0$ . Edellä annetuista luvuista saadaan laskettua arvot hetki-tapahtuma parille seuraavasti  $(0,4\% + (-0,4\%)) + (-0,85\% + 0,85\%)/2 = 0$ . Jos sijoittajien varallisuuden jakauma tai virheet muuttuvat vähänkin, markkinat eivät ole enää muutosten jälkeen tehokkaat. Tämä on veitsenterä-case, muutos suuntaan tai toiseen eikä

markkinahinnat heijasta enää sijoituskohteen fundamentaalista arvoa. (Shefrin, 2008, s. 126.)

Veitsenterä-casen ehdot tehokkuudelle voidaan ilmaista seuraavasti: ensinnäkin sijoittajien virheet eivät saa olla systemaattisia eli keskimääräisen sijoittajan virheen tulisi olla nolla koko populaation  $J$  joukossa. Toiseksi suhteellisen varallisuusosuuden ja sijoittajan virheen välisen kovarianssin tulee olla nolla. Mikäli populaatiossa ilmenee virheitä, niiden tulee olla sopivasti jakautuneita populaatiossa. Tosiasiallisesti virheet ovat sijoittajien keskuudessa systemaattisia niin kuin luvussa 3.2 käytiin läpi. Markkinoilla myös sijoittajien varallisuudessa tapahtuu koko ajan muutoksia. Onnistuneiden sijoittajien varallisuusosuus kasvaa, jolloin myös heidän mahdolliset virheensä dominoivat muiden sijoittajien virheitä. (Shefrin, 2008, s. 128.)

### 3.5 Hintojen kehitys ja kaupankäynnin volyyymi

Lisätään malliin kaksi sijoituskohdetta, joista toinen sisältää riskiä ja toinen on riskitön. Markkinaportfolio on riskiä sisältävä vaihtoehto tässä mallissa niin kuin myös CAP -mallissa. Tarkastelu sisältää kolme päivää, joista päivinä  $t = 0$  ja  $t = 1$  käydään kauppaa markkinoilla. Kokonaiskulutus noudattaa edelleen luvun 3.3 mainittua binomista prosessia ja kasvaa vauhdilla  $g$ . Sijoittajat maksimoivat odotettua hyötyään, jonka saavuttamiseksi heidän on päätettävä paljonko he hetkellä  $t = 0$  käyttävät kulutukseen ja sijoittavat portfolioon  $\phi_j$ . Heillä on käytettävissään tähän  $W_j$  määrä varallisuutta. Portfolio sisältää riskiä sisältävän sijoituskohteen, jonka hintaa merkitään  $q_R(x_0)$  ja määrää merkitään  $\phi_{j,R}(x_0)$ . Vastaavasti portfolioon sisältyvän riskittömän sijoituskohteen hintaa merkitään  $q_F(x_0)$  ja määrää  $\phi_{j,F}(x_0)$ . Tuottoa merkitään  $r_{k,l}(x_t)$ , jossa  $l$  on  $u$  tai  $d$  ja  $k$  on sijoituskohde. (Shefrin, 2008, s. 131-132.)

Sijoittajat maksimoivat odotettua hyötyään

$$E(u_j) = \sum_{t,x_t} P_j(x_t) \delta^t \ln(c_j(x_t)).$$

Rajoittavana tekijänä toimii budjettirajoite, koska

kulutukseen ja sijoitukseen voi sijoittaa vain maksimissaan  $W_j(x_t)$  määrän, joka hetkenä  $t$ . (Shefrin, 2008, s.132.)

Markkinaportfolio oikeuttaa sen omistajan kokonaiseen kulutusvirtaan jokaisena hetki-tapahtuma parina. Markkinaportfolion arvo voidaan selvittää tulevien epävarmojen kulutusvirtojen avulla käyttäen apuna tilahintoja. Näistä saadaan riskisen sijoituskohteen arvoksi  $q_\omega(x_0) = \omega(x_0) \sum_{t=1}^T \delta^t$ .  $q_\omega(x_t)$  on tulevan epävarman kulutuksen arvo ja  $\omega(x_t)$  kuvaa osinkoa. Tuotto  $r_\omega(x_1)$  hetki-tapahtuma parille  $x_1$  saadaan seuraavan kaavan avulla  $r_\omega(x_1) = \frac{\omega(x_1) + q_\omega(x_1)}{q_\omega(x_0)} = g(x_1) / \delta$ . Markkinaportfolion tuotto saadaan perinteisellä tuoton laskukaavalla, jossa huomioidaan osinko ja arvon nousu, joita verrataan hankintahintaan. (Shefrin, 2008, s.134-135.)

Riskitön sijoituskohte tuottaa yhden yksikön kulutushyödykettä. Tämän arvo on hetki-tapahtuma parille  $x_0$  hetkellä  $t = 0$ ,  $q_F(x_0) = \sum_{x_1} v(x_1) = \sum_{x_1} \frac{\delta P_R(x_1)}{g(x_1)}$ . Riskittömän kohteen arvo muodostuu käänteisestä markkinaportfolion tuotosta, joka kerrotaan sijoittajien varallisuudella painotetulla todennäköisyydellä. (Shefrin, 2008, s.135.)

Sijoittajan optimaaliseksi kulutukseksi saatiin luvussa 3.3  $c_j(x_t) = \frac{\delta^t P_j(x_t)}{\sum_{t=0}^T \delta^t v(x_t)} W_j$ . Sijoittajan kulutus riippuu suoraan hänen varallisuudestaan  $W_j$ . Mitä isompi se on, sitä suurempi on sijoittajan optimaalinen kulutus. Tästä saadaan myös, että sijoittajan varallisuus hetki-tapahtuma parille  $x_1$  riippuu hänen kulutuksestaan  $x_1$ ,  $W_j(x_1) = \frac{P_j(x_1) (\sum_{t=1}^T \delta^t) W_j(x_0) g(x_1)}{P_R(x_1) (\sum_{t=0}^T \delta^t)}$ . Sijoittajan varallisuus on tulevan ja epävarman kulutusvirran<sup>20</sup> nykyarvo. Varallisuuden kasvuun vaikuttaa  $g(x_1)$ , joka voi olla  $u$  tai  $d$ . Tähän vaikuttaa myös seuraavat suhteelliset arvot  $\frac{P_j(u)}{P_R(u)}$  ja  $\frac{P_j(d)}{P_R(d)}$ , jotka kuvaavat sijoittajan  $j$  arvioimia todennäköisyyksiä tapahtumille  $u$  ja  $d$  suhteutettuna edustavan sijoittajan todennäköisyyksiin. Jos sijoittajan arvio on optimistisempi kuin edustavan sijoittajan, tämän vaikutus varallisuuteen on suurempi kuin yksi. Diskonttotekijöiden  $\delta^t$  suuruus oletetaan kaikille sijoittajille samaksi, joten sen vaikutus on kaikilla sama. Olennaisin tekijä, joka selittää sijoittajien varallisuustasoja

<sup>20</sup> consumption stream

on heidän tekemänsä arviot liittyen tekijään  $P_j(x_t)$ . Tähän liittyy heidän taipuvuutensa tehdä systemaattisia virheitä, joita on käyty läpi luvussa 3.2. (Shefrin, 2008, s. 138.)

Tuotto markkinaportfoliolle on  $u/\delta$  tai  $d/\delta$  ja riskittömän sijoituskohteen tuotto on  $i$ . Kaavasta  $\phi_j(x_0)r(x_1) = W_j$  saadaan ratkaistua omistukset sijoituskohteille hetki-tapahtuma parille  $x_1$ . Yksinkertaistavana oletuksena on, että yksi yksikkö markkinaportfoliota ja riskitöntä sijoituskohdetta maksavat yhtä paljon. Seuraavat kaavat määrittelevät miten sijoittajat valitsevat portfolioonsa sijoituskohteet:  $\phi_{j,R}(x_1) = \frac{W_j(u) - W_j(d)}{u/\delta - d/\delta}$  ja  $\phi_{j,F}(x_1) = \frac{uW_j(u) - dW_j(d)}{i(u-d)}$ . Sijoittajan portfolioonsa valitsemat määrät eri sijoituskohteita riippuvat varallisuudesta ja tuotoista.  $W_j(u)$  on varallisuuden määrä, jos tapahtuma  $u$  toteutuu. Tästä vähennetään  $W_j(d)$ , joka on varallisuuden määrä tapahtuman  $d$  tapahtuessa. Tämä erotus jaetaan tapahtumien vastaavien tuottojen erotuksella. Varallisuuteen vaikuttaa aiemmin läpi käydyt suhdeluvut  $\frac{P_j(u)}{P_R(u)}$  ja  $\frac{P_j(d)}{P_R(d)}$ , jotka myös vaikuttavat varallisuuden kautta paljonko sijoittajat hankkivat sijoituskohteita portfolioonsa. (Shefrin, 2008, s. 138, 139.)

Yhden sijoittajan volyyymi markkinaportfoliolle hetki-tapahtuma parille  $x_2$  saadaan  $Vol_{j,R}(x_2) = \phi_{j,R}(x_2) - \phi_{j,R}(x_1)$ . Markkinavolyymi on tällöin  $Vol_{M,R}(x_2) = \sum_{j=1}^J |Vol_{j,R}(x_2)| / 2$ , jota korjataan jakamalla kaava kahdella. Tämä sen takia, että oikaistaan päällekkäisiä laskutoimituksia<sup>21</sup>. (Shefrin, 2008, s. 138, 139.)

Suhde  $\phi_{j,R}(x_1)/\phi_{j,F}(x_1)$  kertoo sijoittajan portfolion rakenteen, jos se on suurempi kuin yksi, riskiä sisältävää sijoituskohdetta on portfoliossa enemmän kuin riskitöntä. Suhdeluvun ollessa alle yhden vastaavasti riskitöntä sijoituskohdetta on portfoliossa enemmän kuin riskiä sisältävää sijoituskohdetta. Koska kasvuaste  $g(x_t)$  on vakio, jolloin sijoittajien portfolion rakenne muuttuu vain koron tai  $\frac{P_j(x_t)}{P_R(x_t)}$  suhteen muuttuessa. Jälkimmäisen suhdeluvun muutos johtuu pääasiassa edustavuusharhasta, joka vaikuttaa  $P_j(x_t)$  kautta suoraan ja myös  $P_R(x_t)$  kautta tällä on välillisesti vaikutusta. Jälkimmäisen termin vaikutuksen suuruuteen vaikuttaa

<sup>21</sup> double counting

kuitenkin sijoittajan varallisuus suhteessa kokonaisvarallisuuteen. (Shefrin, 2008, s. 139.)

Karpoffin (1986) kehittämän teorian mukaan kaupankäynnin volyyymiin vaikuttavat sijoittajien heterogeeniset reaktiot johtuen informaatiosta (sijoittajat reagoivat eri lailla samaan informaatioon), informaation tuottama positiivinen yllätys (julkaistu tulos ylittää odotukset) tai markkinpaikan institutionaalinen rakenne. Statman, Thorley & Vorkink (2006) tutkimuksen mukaan kaupankäynnin volyyymiin vaikuttaa edellisten kuukausien tuotot. Jo 7 prosentin tuotto aiheuttaa seuraavan kuuden kuukauden aikana ylimääräisen kuukauden volyymin lisäyksen verrattuna, jos tuotto olisi ollut 5 prosenttia negatiivinen. Statmanin ja kumppanien mukaan heidän löydöksensä tukee teorioita sijoittajien ylikuottamusharhasta<sup>22</sup>. Myös Odean (1998) päätyy artikkelissaan tulokseen, että sijoittajien liiallinen luottamus itseensä johtaa volyymin kasvuun ja aiheuttaa tehottomuutta<sup>23</sup>. Tämä myös laskee ylikuottavien sijoittajien odotettua hyötyä. Odeanin artikkelin ajatusta voidaan peilata tähän asti käytyyn asiaan niin, että ylikuottavainen sijoittaja arvioi termin  $P_j$  liian suureksi verrattuna objektiiviseen arvoon.

Shefrinin (2008, s. 136-137) mukaan ylikuottamusharha ei ole pääasiallinen selittäjä liiallisen kaupankäynnin volyymin luomisessa, vaan se toimii vahvistavana tekijänä edustavuusharhalle voimistaen tämän vaikutuksia volyyymiin. Molempien harhojen takana on tieto siitä, että ihminen arvioi informaatiota harhaisesti esimerkiksi käyttämällä peukalosääntöjä tai ankkuroimalla arvionsa viimeisimpään tietoon. Tämä poikkeaa Cap -mallin oletuksista sijoittajien käyttäytymisestä (kts.luku 2.1 kohdat 6&7).

Kandel & Pearson (1995) tutkivat sijoitusanalyttikkojen tulosennusteiden heterogeenisuutta Yhdysvalloissa. He havaitsivat, että yritysten neljännesvuosituloksen ilmoituksen jälkeen seuraavan kolmen kuukauden aikana, kuitenkin ennen seuraavaa neljännesvuosituloksen ilmoitusta, 8 prosenttia analyttikoista vaihtavat ennusteen suuntaa positiivisesta negatiiviseen tai päinvastoin, 9 prosenttia sen sijaan suurentaa ennustettaan. Toinen havainto oli, että yrityksen neljännesvuosituloksen julkistamista seuraa kasvanut kaupankäynnin

---

<sup>22</sup> overconfidence bias

<sup>23</sup> deadweight loss



volyyymi verrattuna hetkeen, jolloin ei julkisteta neljännesvuositulosta. Sijoittajien uskomusten muutokset vaikuttavat sisältävän paljon heterogeenisuutta, jota tulosten julkaisemiset lisäävät. (Shefrin, 2008, s. 136-137).

Kyynäräisen (2012) kirjoitus kauppalehdessä kertoo suomalaisten analyytikoiden alkuvuoden ennusteiden osuneen vain yhden viidestä kohdilleen toteutuneen tuloksen kanssa. Virheen suuruus on silti maksimissaan +-10 prosenttia. Jos vuoden aikana ei tapahdu mitään – ei ole tulosvaroitusta, ei neljännesvuositulosten ilmoituksia – tällöin suuri osa analyytikoista olettaa yhtiön tuloksen kasvavan. Edellisen vuoden tulos vaikuttaa analyytikoiden optimismiin alkuvuoden ennusteissaan, sillä vain muutamien yhtiöiden tulos ylittää analyytikoiden alkuvuoden ennusteet. Vuonna 2011 eurooppaa häirinnyt finanssikriisi ei häirinnyt analyytikoiden optimismia, koska vuoden toteutuneet tulokset olivat keskimäärin 24 prosenttia pienemmät kuin mitä analyytikot ennustivat keväällä. Edellä käy ilmi, että myös suomalaiset analyytikot ovat alttiita edustavuusharhalle<sup>24</sup> ja ovat liian ylliuottavia, koska ennusteet ovat ylisuuria.

Esimerkin lukuina käytetään samoja kuin luvussa 3.3. Vuosineljänneksissä 91,6 prosentissa on positiivinen kulutuksen kasvu, joka oli keskimäärin 0,95 prosenttia. Jäljelle jääneiden vuosineljännesten aikana kulutus laski keskimäärin -0,07 prosenttia. Kulutuksen kasvun arvo  $g$  tapahtumalle  $u = 1,0095$ , kun kyseessä on positiivinen vuosineljännes ja tapahtumalle  $d = 0,9993$  negatiivisen vuosineljänneksen kohdalla. Todennäköisyys  $u$  on 0,916 ja  $d$  on 0,084. Tarkastelun pituus on vain kaksi hetki-tapahtuma paria eli  $t = 2$  on viimeinen tarkasteltava hetki.

Hetkellä  $t = 0$  maksimi kulutus on 100 yksikköä. Kulutuksen kasvu noudattaa binomiprozessia, joka on kuvattu luvussa 3.3. Koska sijoittajat ovat heterogeenisiä, he ovat eri mieltä todennäköisyyksistä tapahtumille  $u$  ja  $d$ . Sijoittaja yksi on trendin seuraaja, jolloin hän yliarvioi tapahtumien  $u$ ,  $uu$  ja  $dd$  todennäköisyydet. Hän ennustaa trendin jatkuvan enemmän kuin odottavan sen olevan hetkellinen käänne. Hänen arvioimat todennäköisyytensä ovat  $u_1 = 0,9444 > 0,916$  ja  $d_1 = 0,0556 < 0,084$ . Vastaavat luvut sijoittajalle 2 on  $u_2 = 0,8636 < 0,916$  ja

---

<sup>24</sup> representatiivisuus

$d_2 = 0,1364 > 0,084$ . Sijoittaja kaksi kärsii uhkapelaajan harhasta<sup>25</sup>, jolloin hän pyrkii ennustamaan vastakkaista kehitystä. Hän yliarvioi  $d$ ,  $ud$  ja  $du$  todennäköisyydet. (Shefrin, 2008, s. 140.)

Taulukkoon 2 on koottu hintojen laskennassa käytetyt oletukset.

	$P_r(u)$	$P_r(d)$	$P_r(uu)$	$P_r(ud)$	$P_r(du)$	$P_r(dd)$
Objektiiviset todennäköisyydet	91,59 %	8,41 %	83,89 %	7,70 %	7,70 %	0,71 %
Sijoittajan 1 todennäköisyydet	94,44 %	5,56 %	89,72 %	4,72 %	4,72 %	0,83 %
Sijoittajan 2 todennäköisyydet	86,36 %	13,64 %	73,41 %	12,95 %	12,95 %	0,68 %
Edustavan sijoittajan todennäköisyydet	87,98 %	12,02 %	76,67 %	11,31 %	11,31 %	0,71 %
Kumulatiivinen kasvu	0,95 %	-0,07 %	1,90 %	0,87 %	0,87 %	-0,15 %
Kokonaiskulutus	100,95	99,93	101,90	100,87	100,87	99,85

**Taulukko 2 Todennäköisyydet ja kulutus (Shefrin, 2008, s. 141)**

Objektiiviset todennäköisyydet  $\Pi(x_t)$  ja subjektiiviset todennäköisyydet  $P_j(x_t)$  eri tapahtumille poikkeavat toisistaan. Edustavan sijoittajan todennäköisyydet ovat virheelliset. Kulutuksen kumulatiivinen kasvu on samansuuruinen kuin luvussa 3.3. Kokonaiskulutus sarake näyttää käytettävissä olevan kulutuksen määrän eri hetki-tapahtuma pareille.

Taulukkoon 3 on koottu tuotot sijoituskohteille, joita on saatavilla kahta erilaista: riskillinen markkinaportfolio tai riskitön sijoituskohte. Hetkellä  $t = 0$  molempien sijoituskohteiden hinta on 1 euroa. Hetkellä  $t = 1$  markkinaportfolio tarjoaa 1,97 prosentin tai 0,94 prosentin tuoton, joka ei realisoidu ellei sijoittaja myy omistamaansa sijoituskohteita. Kokonaiskulutuksen kasvu vaikuttaa kumman tuoton markkinaportfolio tuottaa, 1,97 vai 0,94. Jos kokonaiskulutus kasvaa, markkinaportfolion tuotto on edellä mainittu 1,97 prosenttia. Hetken  $t = 1$  lopussa sijoituskohteiden hinnat muuttuvat radikaalisti, koska ne heijastavat sitä faktaa, että hetken  $t = 2$  lopussa niiden arvo on nolla, eivätkä ne tuota tämän jälkeen omistajilleen tuottoa

<sup>25</sup> gambler's fallacy

t=1, sijoituskohteen hinta 1€	$u$	$d$
Markkinaportfolio	1,0197 €	1,0094 €
Riskitön sijoituskohde	1,0184 €	1,0184 €

t=2 u, sijoituskohteen hinta 0,5073€	$u$	$d$
Markkinaportfolio	0,5173 €	0,5120 €
Riskitön sijoituskohde	0,5166 €	0,5166 €

t=2 d, sijoituskohteen hinta 0,5022€	$u$	$d$
Markkinaportfolio	0,5120 €	0,5069 €
Riskitön sijoituskohde	0,5117 €	0,5117 €

**Taulukko 3 Bruttotuotot sijoituskohteille päivä-tapahtuma-pareille (Shefrin, 2008, s. 142)**

. Tapahtuman  $u$  jälkeen sijoituskohteiden hinnat putoavat 0,5073 euroon ja tapahtuman  $d$  jälkeen hinnat putoavat 0,5022 euroon. Markkinaportfolion tuotto on myös hetkellä  $t = 2$  1,97 prosenttia tai 0,94 prosenttia. Vastaavasti riskittömän sijoituskohteen korkotuotto on vastaavasti tapahtuman  $u$  jälkeen 1,83 prosenttia tai 1,91 prosenttia tapahtuman  $d$  jälkeen. (Shefrin, 2008, s.140-141.)

Taulukossa 3 on kolmella ensimmäisellä sarakkeella näkyvät sijoituskohteiden hinnat hetken alussa ja sarakkeilla kaksi sekä kolme sijoituskohteiden hinnat tapahtuman  $u/d$  jälkeen. Merkintä  $t = 2 u$  tarkoittaa, että hetkellä  $t = 1$  on tapahtunut tapahtuma  $u$ .

### 3.6 Portfoliostrategiat

Alussa sijoittaja 1 saa osinkona 20 yksikköä kulutushyödykettä ja hänellä on portfoliossaan 39,40 euron edestä markkinaportfoliota. Vastaavasti sijoittaja 2 saa osinkona 80 yksikköä kulutushyödykettä ja hänellä on portfoliossaan 157,61 euron edestä markkinaportfoliota. Sijoittajat päättävät kuluttaa saamansa osingot. Kun yhden kulutushyödykkeen arvo on 1 euro, silloin sijoittaja yksi  $W_1(x_0) = 59,40$  euroa ja sijoittaja kaksi  $W_2(x_0) = 237,61$  euroa. Sijoittajalle kaksi on allokoitunut 80

prosenttia kokonaisvarallisuudesta. Aikaisemmin käydyn perusteella sijoittaja kaksi systemaattinen virhe (uhkapelaajan harha) dominoi edustavaa sijoittajaa. Alussa sijoittajilla on yhteensä 100 kulutusyksikköä ja 197,01 yksikköä markkinaportfoliota. Alussa riskitöntä sijoituskohdetta on nolla yksikköä. (Shefrin, 2008, s. 141-142.)

	Markkina- portfolio	Riskitön kohde
<b>Sijoittaja 1</b>		
Portfolion arvo periodin alussa	39,4	0
Portfolion arvo periodin lopussa	2402,28	- 2362,88
<b>Sijoittaja 2</b>		
Portfolion arvo periodin alussa	157,61	0
Portfolion arvo periodin lopussa	-2205,27	2362,88
<b>Aggregoidut omistukset</b>		
Portfolion arvo periodin alussa	197,01	0
Portfolion arvo periodin lopussa	197,01	0
Kaupankäynnin volyyymi	2362,88	2362,88

**Taulukko 4** Portfolion sisällöt, kun  $t=0$ , (Shefrin, 2008, s. 143)

Taulukossa 4 näkyy sijoittajien hallussa oleva portfolio hetkellä  $t = 0$ . Siinä ei näy heidän saamiensa osinkoja, jotka he päättivät käyttää omaan kulutukseensa. Taulukossa näkyvät omistusten arvot ovat vastaavasti myös kappalemääriä, koska sijoituskohteiden hinnat ovat normeerattu yhdeksi euroksi.

Koska sijoittaja yksi uskoo tapahtuman  $u$  olevan todennäköisempi kuin sijoittaja kaksi, hän lisää omistustaan markkinaportfoliossa ottaen pitkän position riskiä sisältävään sijoituskohteeseen ja lyhyen position riskittömään sijoituskohteeseen. Sijoittaja kaksi tekee päinvastoin ja ottaa lyhyen position markkinaportfolioon sekä pitkän position vastaavalla summalla riskittömään sijoituskohteeseen. Miten tämä edellä mainittu tapahtuu? Sijoittaja yksi rahoittaa hankintansa lainaamalla riskitöntä sijoituskohdetta 2362,88 eurolla. Tällöin kyseiselle

kohteelle syntyy tarjontaa, jonka seurauksena sijoittaja kaksi avautuu mahdollisuus sijoittaa riskittömään sijoituskohteeseen. Sijoituksen hän rahoittaa lainaamalla 2205,27 eurolla markkinaportfoliota ja myymällä sen sijoittajalle 1. Implisiittisenä oletuksena on todennäköisesti, että sijoittajien lisäksi markkinoilla on pankki, joka lainaa heille tarvitsemansa sijoituskohteet. Taulukossa 4 näkyy, ettei portfolioiden yhteenlaskettu arvo muutu, vaikka kaupankäynnin volyyymi on 2362,88 euroa. (Shefrin, 2008, s. 142-143.)

Todennäköisin tapahtuma hetkellä  $t = 1$  on  $u$ . Oletetaan, että tämä toteutuu, jolloin sijoittaja yksi varallisuus on  $43,25^{26}$  euroa. Kasvua hetken  $t = 0$  lopulla olleeseen varallisuuteen on 9,77 prosenttia. Hänen osuutensa kokonaisvarallisuudesta kasvaa 1,5 prosenttia 21,5 prosenttiin. Sijoittaja kaksi osuus kokonaisvarallisuudesta heikkenee, koska hänen sijoitustensa nettotuotto on nolla<sup>27</sup>. Tällöin hän menettää asemiaan sijoittajalle 1. Hän sijoittaa saamansa osingot takaisin kulutukseen ja tämän lisäksi hän käyttää 1,47 euroa portfolioistaan kulutukseen. Tämän hän rahoittaa myymällä 2,9 yksikköä markkinaportfoliota hintaan 0,5073 euroa per yksikkö. Sijoittaja kaksi säästää 1,47 euroa. Tämä kumoaa sijoittaja yksi kulutukseen käyttämän summan. (Shefrin, 2008, s. 143-144.)

Taulukossa 5 näkyvät portfolioiden tiedot poikkeavat taulukon 4 luvuista niin, että taulukossa näkyy sijoittajien omistukset, eivätkä omistusten arvot. Aiemmin yksi sijoitusyksikkö oli yhden euron arvoinen, mutta nyt hetkien  $t = 1$  ja  $t = 2$  välissä hinnat puolittuvat.

<sup>26</sup> Lähdekirjallisuudessa on eri luvut. Laskettu nettotuotto niin, että 2402,28 euron 1,97 prosentin tuotto ja tästä on vähennetty "lainan"(riskittömän kohteen) korko, 2362,88 1,84 prosentin korko.

<sup>27</sup> Kun lasketaan riskitön tuotto 1,84 prosenttia 2362,88:lle, tästä vähennetään lyhyeksi myynnin kustannus kurssin noususta (taulukko 4) 1,97 prosenttia 2205,27 euroa. Oletus ettei sijoittaja 2 realisoisi 157,61 euron osuuttaan.

	Markkina- portfolio	Riskitön kohde
Sijoittaja 1		
Portfolion omistukset periodin alussa	2402,28	-2362,88
Portfolion omistukset periodin lopussa	2951,69	-2909,39
Sijoittaja 2		
Portfolion omistukset periodin alussa	-2205,27	2362,88
Portfolion omistukset periodin lopussa	-2754,68	2909,39
Aggregoidut omistukset		
Portfolion omistukset periodin alussa	197,01	0
Portfolion omistukset periodin lopussa	197,01	0
Kaupankäynnin volyyymi	549,41	546,51

Taulukko 5 Omistukset hetkellä  $t=1$  tapahtuman  $u$  jälkeen, (Shefrin, 2008, s. 144)

Hetkellä  $t = 1$  toteutuneen tapahtuman  $u$  jälkeen sijoittaja yksi uskoo trendin seuraajana, että sama toistuu hetkellä  $t = 2$ . Vastaavasti sijoittaja kaksi uskoo tapahtumaan  $d$  hetkellä  $t = 2$ . Tämän seurauksena sijoittaja yksi lisää portfolioonsa lisää markkinaportfoliota 546,51 yksikköä. Tämän hän toteuttaa ottamalla lisää lainaa eli lainaamalla riskitöntä sijoituskohdetta. Molempien sijoituskohteiden hinnat ovat nyt 0,5073 euroa. Näin ottamalla lainaa 546,51 yksikköä sijoittaja yksi saa hankittua 546,51 yksikköä lisää markkinaportfoliota. Vastaavasti sijoittaja kaksi myy lyhyeksi markkinaportfoliota 546,51 yksikköä ja ostaa riskitöntä sijoituskohdetta vastaavan määrän. Taulukosta 5 käy ilmi edellä mainitut tapahtumat. Ero kaupankäynnin volyyymissa sijoituskohteiden välillä johtuu sijoittaja yksi 1,47 euron myynnistä ja sijoittaja kaksi säästämisestä. (Shefrin, 2008, s. 143-144.)

Mitä, jos tapahtuma  $d$  olisikin tapahtunut tapahtuman  $u$  sijaan? Sijoittaja yksi olisi kärsinyt tästä huomattavan menetyksen varallisuudessaan. Hänen suhteellinen varallisuutensa olisi pudonnut 20 prosentista 9,2 prosenttiin. Sijoittaja kaksi asema olisi sen sijaan parantunut varallisuusvertailussa. Muutokset sijoittajien käyttäytymisessä olisivat seuraavanlaiset: sijoittaja yksi tulisi pessimistinen ja hän ennakoisi seuraavaksi toteutuvaksi tapahtumaksi  $d$ :tä. Tämä näkyisi

sijoituskäyttäytymisessä niin, että hän vaihtaisi portfolionsa painotuksen markkinaportfoliosta riskittömään sijoituskohteeseen. Painotuksen vaihto tapahtuu niin, että sijoittaja yksi myy omistamansa markkinaportfolio-osuutensa ja lisäksi ottaa lyhyen position siihen. Sijoittaja kaksi tekee päinvastoin kuin sijoittaja yksi. Hän myy omistamansa osuutensa riskitöntä sijoituskohdetta ja ottaa siihen lyhyen position. Painotus siirtyy riskilliseen markkinaportfolioon johon hän ottaa pitkän position. Taulukosta 6 näkyvät sijoittajien portfolioiden painotusten jako riskittömään kohteeseen ja markkinaportfolioon.

	Markkina- portfolio	Riskitön kohde
<b>Sijoittaja 1</b>		
Portfolion omistukset periodin alussa	2402,28	-2362,88
Portfolion omistukset periodin lopussa	-2889,13	2907,34
<b>Sijoittaja 2</b>		
Portfolion omistukset periodin alussa	-2205,27	2362,88
Portfolion omistukset periodin lopussa	3086,14	-2907,34
<b>Aggregoidut omistukset</b>		
Portfolion omistukset periodin alussa	197,01	0
Portfolion omistukset periodin lopussa	197,01	0
<hr/> Kaupankäynnin volyyymi	5291,41	5270,22

**Taulukko 6 Omistukset hetkellä  $t=1$  tapahtuman  $d$  jälkeen, (Shefrin, 2008, s. 145)**

Kun vertaa taulukon 5 tilanteeseen, sijoittajien näkemysten päivitys on muuttanut heidän portfolioidensa sisältöään radikaalisti. Sijoittaja yksi on luopunut täysin markkinaportfoliostaan ja vaihtanut painotuksen riskittömään kohteeseen. Sijoittaja kaksi on tehnyt päinvastoin ja on painottanut portfolioissaan

markkinaportfoliota. Kaupankäynnin volyyymi on yli 5200 yksikköä johtuen sijoittajien näkemysten<sup>28</sup> päivittämisestä. (Shefrin, 2008, s. 145.)

Hetkellä  $t = 2$  molemmat sijoittajat myyvät sijoituksensa ja käyttävät varansa kulutukseen. Kaksi peräkkäistä tapahtumaa  $u$  tai kaksi peräkkäistä tapahtumaa  $d$  johtavat molemmat siihen, että sijoittaja yksi nostaa osuutensa kokonaisvarallisuudesta 23,4 prosenttiin. Tämä edellyttää, että sijoittajan näkemykset ovat olleet samat, kuin toteutuneet tapahtumat. Koska sijoittaja kaksi toimii päinvastoin kuin sijoittaja yksi, hänen osuutensa kokonaisvarallisuudesta pienenee epäonnistuneiden näkemysten takia. Pahin skenaario sijoittajalle 1 olisi, jos hetkellä  $t = 1$  tapahtuisi tapahtuma  $d$  ja hetkellä  $t = 2$  tapahtuma  $u$  ja sijoittaja yksi ottamat positiot olisivat vastakkaiset toteutuneiden tapahtumien kanssa. Tällöin hänen varallisuutensa määrä puolittuisi 8,4 prosenttiin. (Shefrin, 2008, s. 145.)

Esimerkissä sijoittajat tarkastelivat neljännesvuosittain sijoituksiaan ja tekivät korjaukset portfolioihinsa toteutuneiden tapahtumien jälkeen, kun he päivittivät näkemyksiään. Näkemysten päivitys johti kaupankäynnin volyymin kasvuun. Sijoittajat haluavat kantaa sijoituskohteisiin liittyvän riskin, jos sijoituksen arviointiperiodi on tarpeeksi pitkä. Tämä johtuu sijoittajien tappion karttamisesta, jota kutsutaan lyhytnäköiseksi tappion karttamiseksi<sup>29</sup>. Nominaalisilla arvoilla mitattuna, käyttäen prospektiteorian hyötyfunktioita hyödyn mittaamiseen, joukkovelkakirjalainat ja osakkeet ovat yhtä houkuttelevia, kun arviointiperiodi on 13 kuukautta. Sitä lyhyemmällä periodeilla joukkovelkakirjalainat, pienemmällä tuotolla ja vähemmällä riskillä, antavat isomman hyödyn sijoittajalle kuin osakkeet. Prospektihyödyllä mitattuna suurimman hyödyn saa portfoliolla, jossa on 30 - 55 prosenttia osakkeita. Prospektihyöty pitää sisällään osakkeiden ja joukkovelkakirjojen tuotot sekä tappiot niin, että tappiot saavat suuremman painoarvon kuin tuotot. (Benartzi & Thaler, 2004, s. 591, 597-599.) Intuition mukaan pidemmät arviointiperiodit pienentävät kaupankäynnin volyyymiä ja voittojen realisoimista ennemmin kuin tappiollisten sijoitusten hyväksymistä. Jälkimmäisestä lisää luvussa 4.

Tässä esimerkissä sijoittajat ottivat lyhyitä positioita lainaamalla sijoituskohteita, joilla he rahoittivat pitkät positioonsa. Valotetaan hiukan ajatusta

---

<sup>28</sup> bf, aiemmin suomennettu uskomus.

<sup>29</sup> Myopic loss-aversion



hinnoittelusta edellisessä esimerkissä. Sijoittaja ottaa lyhyen position riskittömään sijoituskohteeseen, -96,21 yksikköä, ja pitkän position riskilliseen sijoituskohteeseen hankkien sitä 97,07 yksikköä. Hetkellä  $t = 0$  position arvo on  $97,07 - 96,21 = 0,86$  euroa, kun molempien sijoituskohteiden hinta on yhden euron. Tilahinta<sup>30</sup> on kulutusyksikön hinta tietyssä hetki-tapahtuma parina. Tilahinta yhdelle kulutusyksikölle on hetki-tapahtuma parilla  $u$  hetkellä  $t = 1$  0,86 euroa,  $v(x_t) = \frac{\delta^t P_R(x_t)}{g(x_t)} = \frac{0,99 * 0,8798}{1,0095} = 0,86$ . Taulukosta 2 löytyy tarvittavat luvut tilahinnan laskemiseksi esimerkin aikavälille. (Shefrin, 2008, s. 147-148.)

Tilahinta viittaa ehdolliseen vaateeseen<sup>31</sup>. Tilahinta on 0,86 euroa, joka on ehdollinen vaade ja tuottaa omistajalleen yhden euron hetkellä  $t = 1$  tapahtuman  $u$  tapauksessa. Muutoin tuotto on nolla euroa. Ehdollisen vaateen, joka tuottaa yhden euron hetkellä  $t = 1$  vain tapahtuman  $d$  kohdalla, tilahinta on 0,119 euroa. Kyseessä on spot-hinta kulutusyksikölle. (Shefrin, 2008, s. 147.)

Ehdollisilla vaateilla saadaan konstruotua kaikki sijoituskohteet. Esimerkiksi riskillinen sijoituskohde saadaan konstruotua kahdella vaateella. Toinen tuottaa 1,0197 yksikköä kulutusta, jos tapahtuma  $u$  tapahtuu hetkellä  $t = 1$  ja toinen vaade tuottaa 1,0094 yksikköä kulutusta, jos tapahtuma  $d$  tapahtuu hetkellä  $t = 1$ . Tämän yhdistelmän hinta on  $1,0197 * 0,86 + 1,0094 * 0,119 = 1,00$ . Kun sijoituskohde konstruoidaan ehdollisista vaateista, sijoituskohteen hinta on sen sisältämien komponenttien summa. Sijoituskohteen purkaminen ehdollisiksi vaateiksi voi tapahtua jokaisen sijoituskohteen osalta vain yhdellä tavalla. Kun sijoituskohteet ovat hinnoiteltu tilahintojen mukaisesti, puhtaalle arbitraasille ei synny mahdollisuuksia. (Shefrin, 2008, s. 147-148.)

### 3.7 Behavioraalinen Cap-malli

Aikaisemmista alaluvuista käy ilmi behavioraalisen taloustieteen eräänlainen ajatuksen juoksu, miten asiat nähdään ja miten näkökulma poikkeaa taloustieteestä.

---

<sup>30</sup> State price

<sup>31</sup> Contingent claim

Tässä kappaleessa käyn läpi mistä behavioraalisen mallin riskipremio, jota on käsitelty luvuissa 3.3 - 3.6, koostuu ja siihen liittyvien termien tulkinnan ilman kaavojen johtamista.

Behavioraalisen mallin odotettu tuotto *sijoituskohteelle*  $Z$  on muotoa  $E_{\Pi,0}[r_Z(x_1)] = i_{1,\Pi} - \frac{\text{cov}[g(x_1)^{-\gamma R}, r_Z(x_1)]}{E_{\Pi,0}[g(x_1)^{-\gamma R}]} + (i_{1,\Pi}) \frac{(1-h_{Z,0})}{h_{Z,0}}$ . Tästä saadaan riskipremio vähentämällä reaalikorko yhtälön molemmilta puolin. Behavioraalisen mallin riskipremion kaava on  $E_{\Pi,0}[r_Z(x_1)] - i_1 = (i_{1,\Pi} - i_1) - \frac{\text{cov}[g(x_1)^{-\gamma R}, r_Z(x_1)]}{E_{\Pi,0}[g(x_1)^{-\gamma R}]} + (i_{1,\Pi}) \frac{(1-h_{Z,0})}{h_{Z,0}}$ . Merkitään sijoituskohdetta  $Z$  ja  $r_Z$  on sijoituskohteen  $Z$  tuottojen vektori.  $E$  kuvaa odotettua tuottoa ja  $i_i$  on reaalikorkoaste.  $E_{\Pi,0}[r_Z(x_1)] - i_1$  kuvaa riskipremiota, jossa odotettu tuotto on esitetty tapauksessa jolloin hinnat ovat tehokkaat. Riskipremio koostuu kolmesta eri termistä, joista ensimmäinen on  $(i_{1,\Pi} - i_1)$ , joka on oikaistu tasapainokorkoa sen ollessa virheellisesti hinnoiteltu.  $i_{1,\Pi}$  on reaalikorko, kun hinnat ovat tehokkaat. Toinen termi on  $-\frac{\text{cov}[g(x_1)^{-\gamma R}, r_Z(x_1)]}{E_{\Pi,0}[g(x_1)^{-\gamma R}]}$ , joka on fundamentaalinen riskipremio.  $\gamma R$  on sijoittajan logaritminen hyötyfunktio ja  $g$  on kulutuksen kasvu. Kasvun ja tuottojen kovarianssi jaettuna odotetulla kasvulla voi olla positiivinen tai negatiivinen. Kolmas termi  $(i_{1,\Pi}) \frac{(1-h_{Z,0})}{h_{Z,0}}$  on sijoittajavirhepremio<sup>32</sup>, jossa  $h_{Z,0} = \frac{E_{\Pi,0}[\delta_{\Pi} \phi g(x_1)^{-\gamma R} r_Z(x_1)]}{E_{\Pi,0}[\delta_{\Pi} g(x_1)^{-\gamma R} r_Z(x_1)]}$  ja  $\phi(x_t) = \frac{P_R(x_t)}{\Pi(x_t)} \frac{\delta_R(t)}{\delta_{R,\Pi}(t)}$ . Jälkimmäinen kaava kuvaa sijoittajien virheitä, joista  $\frac{P_R(x_t)}{\Pi(x_t)}$  on tuttu aiemmista alaluvuista ja kuvaa edustavan sijoittajan virhettä suhteessa objektiivisiin uskomuksiin.  $\frac{\delta_R(t)}{\delta_{R,\Pi}(t)}$  kuvaa edustavan sijoittajan diskonttotekijän poikkeamaa suhteessa tilanteeseen, jossa kaikki sijoittajat omaavat objektiivisesti oikeat uskomukset. Jos kaikilla sijoittajilla on objektiivisesti oikeat uskomukset,  $\phi(x_t)$  on suuruudeltaan yksi. Tällöin  $(i_{1,\Pi}) \frac{(1-h_{Z,0})}{h_{Z,0}}$  on nolla ja sijoittajilla on objektiiviset uskomukset.  $h_{Z,0}$  voi olla tasan yksi tai alle sekä suurempi kuin yksi. Jos  $h_{Z,0}$  on isompi kuin yksi, tällöin edustavan sijoittajan virhe ( $\phi(x_t)$ ) on objektiivisia arvoja suurempi. Edustava sijoittaja kärsii kuumen käden harhasta ja sijoituskohde  $Z$  on yliarvostettu. Myös sijoittajavirhepremio on negatiivinen ja se pienentää odotettuja tuottoja. (Shefrin, 2008, s. 232-233,239,241-244.)

<sup>32</sup> Sentiment premium

Loppuun käyn läpi behavioraalisen Cap-malliin liittyvän beetan ja sen tulkinnan. Behavioraalinen beeta poikkeaa osakkeille laskettavasta beetasta, joka on saatavilla osakemarkkinoilla noteeratuista osakkeista. Behavioraalinen beeta poikkeaa edellä esitetystä behavioraalisesta riskipreemiosta ja antaa erilaisen näkökulman tuottojen komponenttien jakoon. Molemmissa tämän alaluvun malleissa riskipremio on jaettavissa fundamentaaliseen- ja sijoittajavirhekomponenttiin.

Käsitteet beeta ja keskimääräisen varianssin rintama liittyvät perinteiseen tapaan jäsenellä riskipremio. Beeta on  $r(Z)$  ja keskimääräisen varianssi portfolion tuoton välinen kovarianssi, joka jaetaan keskimääräisen varianssiportfolion tuotolla. Jos markkinaportfolio on Cap-mallissa ja se täyttää keskimääräisen varianssin tehokkuusvaatimuksen, kyseinen malli on validi. (Shefrin, 2008, s. 252.)

Hintojen ollessa tehokkaat odotettu tuotto on  $E_{\Pi}(r(Z)) = i_1 + \beta_{\Pi}(Z)(E_{\Pi}(r_{MV}^{\Pi}) - i_1)$ . Muuttuja  $\beta(Z)$  on keskimääräinen varianssi beeta kaikille *portfolioille*  $Z$  suhteessa  $r_{MV}$ . Muuttuja  $r_{MV}$  on tehokkaan keskimääräisen varianssiportfolion tuotto, jota merkitään tehokkaiden hintojen kohdalla  $r_{MV}^{\Pi}$  ja kutsutaan markkinatekijäksi<sup>33</sup>. Tällöin  $P_R = \Pi \cdot \beta_{\Pi}(Z)$  on sijoituskohteen  $Z$  beeta suhteessa markkinatekijään. Kutsutaan  $\beta_{\Pi}(Z)$  markkinabeetaksi ja  $i_1$  on riskitön korkoaste tasapainossa. (Shefrin, 2008, s. 265.)

Jos Cap -mallin markkinaportfolion tuotto on tehokas( $r_{MV}^{\Pi}$ ), molemmat mallit tuottavat saman tuloksen. Sijoittajavirheen on oltava nolla, jolloin markkinaportfolion sijoituskohteet ovat hinnoiteltu vastaamaan niiden fundamentaalisia-arvoja.

Jos sijoittajavirhe<sup>34</sup> ei ole nolla, hinnat ovat tehottomat eikä kaava  $E_{\Pi}(r(Z)) = i_1 + \beta_{\Pi}(Z)(E_{\Pi}(r_{MV}^{\Pi}) - i_1)$  pidä paikkaansa. Tällöin toteutunut suurempi tuotto voidaan ajatella poikkeavana tuottona, joka johtuu sijoittajan kyvykkyydestä saada normaalia suurempia tuottoja.  $A(Z) = E_{\Pi}(r(Z)) - i_1 - \beta_{\Pi}(Z)(E_{\Pi}(r_{MV}^{\Pi}) - i_1)$ , jossa  $A(Z)$  on odotettu poikkeava tuotto sijoituskohteelle  $Z$ . Kun markkinat ovat

---

<sup>33</sup> Market factor

<sup>34</sup> Investor sentiment

tehottomat, kaikkea riskiä ei ole täysin hinnoiteltu markkinatekijään  $r_{MV}^{\Pi}$ . Tällöin  $r_{MV}$  on oikea riskikerroin eikä  $r_{MV}^{\Pi}$ . (Shefrin, 2008, s. 265-266.)

$r_{MV}^{\Pi}$  beetaa merkitään  $\beta(r_{MV}^{\Pi}) = \frac{cov(r_{MV}^{\Pi}, r_{MV})}{var(r_{MV})}$ .  $\beta(r_{MV}^{\Pi})$  mittaa kuinka paljon

keskimääräinen varianssiportfolio ( $r_{MV}^{\Pi}$ ) hinnoittelee riskiä, kun sijoittajariski ei ole nolla. Jos  $\beta(r_{MV}^{\Pi}) = 1$ , kaikki riski on hinnoiteltu ja  $r_{MV}^{\Pi}$  on keskimääräisen varianssin näkökulmasta tehokas. Mikäli  $\beta(r_{MV}^{\Pi}) = 0$  tällöin yhtään riskiä ei ole hinnoiteltu ja  $r_{MV}^{\Pi}$  on tehoton. (Shefrin, 2008, s. 266.)

$(\beta(Z)/\beta(r_{MV}^{\Pi})) - \beta_{\Pi}(Z)$  on markkinabeetan korjaustekijä. Markkinabeeta ( $\beta_{\Pi}(Z)$ ) huomioi hinnoitellun riskin ja  $\beta(Z)/\beta(r_{MV}^{\Pi})$  huomioi kaiken hinnoitellun sekä hinnoittelemattoman riskin<sup>35</sup>. Voidaan ajatella  $\beta_{\Pi}(Z)$  fundamentaaliseksi komponentiksi ja beetan korjaus -tekijää sijoittajanvirhe komponentiksi. Nyt odotettu poikkeava tuotto on muottoa  $A(Z) = \left( \left( \frac{\beta(Z)}{\beta(r_{MV}^{\Pi})} - \beta_{\Pi}(Z) \right) (E_{\Pi}(r_{MV}^{\Pi}) - i_1) \right)$ .  $A(Z) = 0$ , jos hinnat ovat tehokkaat tai tuotto  $r(Z)$  korreloi täydellisesti  $r_{MV}^{\Pi}$  kanssa. (Shefrin, 2008, s. 266.)

### 3.8 Cap-mallien erot

Luvussa 2 lyhyesti käsitelty Cap-malli poikkeaa monessakin suhteessa behavioraalista mallista. Edellistä voidaan helposti soveltaa tuottovaatimusten laskemiseen, koska osakkeille on helposti saatavilla valmiiksi lasketut  $\beta$ -arvot. Tämä tekee Cap-mallista käyttökelpoisemman sovellettavuutensa perusteella. Behavioraaliset mallit kuvaavat todenmukaisempaa hinnanmuodostusta kuin Cap-malli. Tämä on havaittavissa mallien oletuksissa. Cap-mallissa tehdään oletus, että sijoittajia on markkinoilla paljon, jolloin yhden sijoittajan päätöksillä ei ole vaikutusta sijoituskohteen arvostukseen. Behavioraalisisessa mallissa varallisuuden jakaumalla on vaikutusta sijoituskohteen arvostukseen. Vaikka luvun 3 esimerkeissä on käsitelty yksinkertaistuksen vuoksi vain kahta sijoittajaa, se ei tarkoita ettei sillä ole yhteyttä

<sup>35</sup> kirjassa on esitetty päinvastoin, mutta ei ole esitetty järkevästi?

todellisuuteen. Helsingin Pörssissä yhden suursijoittajan muutos salkkunsu painotuksissa voi heiluttaa sijoituskohteen hintaa. Tämä johtuu Helsingin Pörssin rakenteesta; siellä on sijoituskohteita joiden vaihdannan volyymit ovat matalia.

Cap-mallissa on oletus, että jokainen sijoittaja tekee identtiset arviot kaikista sijoituskohteiden odotetuista tuotoista sekä tuottojen hajonnasta. Behavioraalinen malli sallii heterogeeniset arviot odotetuista tuotoista ( $g(x_t)$ ), tuoton todennäköisyydestä ( $P_j(x_t)$ ) ja diskonttotekijästä ( $\delta^t$ ). Yksinkertaistuksena diskonttotekijä sekä odotetut tuotot ovat oletettu kummallekin sijoittajille samoiksi.

Behavioraalisisessa mallissa lainaaminen tapahtuu ottamalla lyhyt positio eli lyhyeksi myynnillä. Tämän lainan korko muuttuu sijoituskohteen arvon muuttuessa eli kyseessä ei ole kiinteä ja riskitön korko. Riskittömän kohteen arvon lasku voi näin tuottaa lainan ottajalle tuloa. Tämä on mahdollista negatiivisen reaalikoron aikana, jota on ollut nähtävillä 2009 alkaneen finanssikriisin aikana esimerkiksi Yhdysvaltojen joukkovelkakirjalainoissa.

Behavioraalisen mallin riskipreemio pitää sisällään kolme komponenttia: koron virhehinnoittelu, fundamentaalinen riskipreemio ja virhehinnoittelun riskipreemio. Behavioraalinen beeta on samankaltainen Cap-mallin beetan kanssa, kun hinnat ovat tehokkaat eivätkä sisällä hinnoitteluvirheitä. Jos sijoituskohteiden hinnat sisältävät virheitä, käytetään virheet korjaavaa beetaa. Se sisältää fundamentaali- ja sijoittajien virhekomponentin. Jotta näitä voitaisiin käyttää käytännössä, pitäisi tietää markkinoilla vallitsevat virhehinnoittelut ja sijoituskohteiden fundamentaaliset arvot. Hankaluuksia luvun 3.7 riskipreemion ja  $A(Z)$  soveltamiseen käytännössä aiheuttaa, ettei kyseessä olevia lukuja ole mistään saatavilla. (Shefrin, 2008, s. 243,256-257.)

Cap -mallin soveltaminen käytännössä on helppoa, koska tarvittavat luvut ovat yleisesti saatavilla. Mikäli toteutunut tuotto poikkeaa Cap -mallin antamasta tuotosta on poikkeavuuden syy jäljitettävissä behavioraalisen mallin sijoittajien virhekomponentista. Poikkeavuus johtuu sijoittajien tekemistä virhearvioista, jotka on hinnoiteltu sijoituskohteen hintaa. Kaikkea riskiä ei ole hinnoiteltu sijoituskohteen hintaan, eikä sijoituskohte heijasta sen fundamentaalista arvoa.

## 4. Neurotaloustiede

### 4.1 Mitä neurotaloustiede on?

Kevin McCabe, joka toimii George Masonin yliopistossa Yhdysvalloissa neurotaloustieteen tutkimusyksikön johtajana, määrittelee neurotaloustieteen seuraavanlaisesti: ”neurotaloustiede tutkii, miten ulkoisen ympäristön ja aivojen vuorovaikutuksen aiheuttama aivotoiminta liittyy taloudelliseen käyttäytymiseen” (Halko, 2006, s. 5). Paul Glimcher (2003) määrittelee neurotaloustieteen yhdistelmäksi taloustiedettä, biologiaa ja neurotiedettä, joka tutkii käyttäen todennäköisyyksiin perustuvaa lähestymistapaa: miten aivot poimivat informaatiota ympäröivästä maailmasta ja yhdistävät tätä aikaisemmin varastoituun informaatioon saavuttaakseen määritellyt laskennalliset tavoitteet. Näistä määritelmistä voidaan todeta, että neurotaloustiede tutkii miten ulkoisen ympäristön ärsykkeet prosessoituvat aivoissa taloudelliseksi käyttäytymiseksi tai toiminnaksi.

Neurotaloustieteellisen tutkimuksen taustalla ovat taloustieteen mallit, joiden toimivuutta tutkitaan käytännössä neurotieteen menetelmien avulla. Rustichinin (2009) julkaisemassa lyhyessä artikkelissa on vertailtu normatiivisen taloustieteen peruseriaatteita neurotaloustieteellisen tutkimuksen löydöksiin. Monen tutkimuksen tulokset viittaavatkin siihen, että taloustieteen peruseriaatteet eivät täysin korreloi todellisuuden kanssa. Rustichini (2009) pohtii myös, että uusi valintateoria ei todennäköisesti ole klassisen talousteorian laajennus eikä sen korjauskaan. Behavioraalisen taloustieteen puolella on kehitelty uusia teorioita, jotka pyrkivät mallintamaan todellisuutta aikaisempaa paremmin. Esimerkiksi Kahneman & Tverskyn kehittelemälle prospektiteorialle, joka käsittelee valintaa epävarmuuden vallitessa, löytyy tukea Gehring & Willoughbyn (2002) sekä Tom, Fox, Trepel & Poldrack:n (2007) tutkimuksista.

Taloustieteessä yksilöiden toimintaa säätelee oletus, että he toimivat odotetun hyödyn maksimointi-teorian oletusten perusteella. Psykologien ja taloustieteilijöiden tekemien kokeiden perusteella on havaittavissa, ettei päätöksenteko tapahdu aina hyödyn maksimoinnin kriteerien perusteella. Kun päätökset tapahtuvat aivojen normaalien toimintojen mukaan, ovatko poikkeamat teorian mukaisesta käytöksestä silloin käyttäytymispoikkeamia (epärationaalinen käyttäytyminen), joiksi niitä taloustieteessä kutsutaan. (Halko & Hytönen, 2011, s. 2, 8.)

Normatiivisen taloustieteen mallit ihmisen käyttäytymisestä ovat löysästi tai eivät ollenkaan liitoksissa varsinaiseen käyttäytymiseen. Malliksi on otettu odotetun hyödyn teoria, joka perustuu tiukkoihin ehtoihin. Tätä voisi kuvata tietokoneille syötettäväksi algoritmiksi. Kuitenkin odotetun hyödyn teoriasta poikkeavia tapahtumia on löydetty empiirisesti sekä kokeellisten kokeiden avulla. (Rustichini, 2005, s. 202.)

Adam Smith pohti jo 1700-luvun loppupuolella miten ihmisyyhteisöt voivat toimia kunnolla, jos siihen kuuluvat ihmiset ovat itsekkäitä. Hän kehitteli tähän sympaattisuudesta selittävää tekijää kirjassaan *The Theory of Moral Sentiments* (1759). Hänellä oli siis jo aikoinaan psykologinen elementti mukana, mutta sen aikainen psykologian tieteenala oli sen verran kehittymätön, että se toimi rajoitteena. Taloustiede lähti myöhemmin kehittymään matematiikan ja algoritmin-polulle.

Näkymättömän käden teoreeman kehityksen seurauksena ei enää kiinnitetty huomiota ihmisen luonteeseen. Yhteisöt voivat näin toimia kunnolla myös ilman sosiaalista kanssakäymistä. (Rustichini, 2005, s. 205, 207.)

”Tunteiden vaikutusta ei taloustieteessä juuri ole otettu huomioon, koska tunteilla ei ole katsottu olevan mitään tekemistä järkevän päätöksenteon kanssa” (Halko, 2006, s. 16). Neurologi Damasio (1995) havaitsi, että aivovauriot tietyissä osissa aivoja aiheuttivat kyvyttömyyttä tehdä päätöksiä ja potilaan kannalta edullisia valintoja, vaikka älykkyydosamäärä oli normaali.

Useita erilaisia malleja on kehitetty eri tilanteisiin, esimerkiksi valintatilanteisiin joihin liittyy epävarmuutta. Mikä on oikea malli ja mihin tilanteeseen se soveltuu? Ihmiset eivät valitse käyttäytymistään erilaisten mallien väliltä. Heidän

pitäisi myös tuntea mallit, joista heidän pitäisi valita. Neurotalous-tiede voi auttaa selvittämään yhdistetyn mallin, joka kuvastaisi ihmisten käyttäytymistä ja auttaisi ymmärtämään prosessia tämän käyttäytymisen takana. (Rustichini, 2005, s. 203.)

## **4.2 Neurotalous-tieteen tutkimusmenetelmät**

Neurotalous-tieteessä käytetyt tutkimusmenetelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään. Näistä toisessa ryhmässä tutkitaan aivoissa tapahtuvaa aineenvaihduntaa tai mitataan veren virtausta aivoissa. Toinen ryhmä perustuu aivojen sähkömagneettisten vaihteluiden mittaamiseen. Menetelmiä voidaan vertailla aikaresoluution ja tilaresoluution avulla. Aikaresoluutio kertoo, kuinka tarkasti aktiivisuuden ajankohta voidaan määrittää ja tilaresoluutio kertoo, kuinka tarkasti tämän aktiivisuuden paikka voidaan määrittää menetelmän avulla. (Halko, 2006, s. 6-7.)

Tässä käydään lyhyesti sähkömagneettisiin vaihteluihin perustuvat menetelmät ja seuraavassa kappaleessa aineenvaihduntaan tai verenkiertoon perustuvat menetelmät. EEG eli aivosähkökäyrä mittaa aivokuoren lähialueiden jännitteiden vaihteluita. Tämän menetelmän aikaresoluutio on hyvin tarkka ja tilaresoluutio on rajoitettu aivojen ulompiin osiin. MEG eli aivojen magneettikentän rekisteröinti mittaa aivojen sähköisen toiminnan aiheuttamia magneettikenttien vaihteluita. Tässä menetelmässä tilaresoluutio on EEG:tä parempi aikaresoluution ollessa samaa luokkaa. (Halko, 2006, s. 6-7.)

Positroniemissiotomografiassa (PET) verenkiertoon ruiskutetaan pieni määrä radioaktiivista ainetta, jota kertyy enemmän niihin osiin aivoissa, joissa aineenvaihdunta on vilkkaampaa. Menetelmän aikaresoluutio on huono, mutta tilaresoluutio on melko hyvä. Radioaktiivisen aineen käyttö rajoittaa menetelmän soveltamista. Toiminnallinen magneettikuvaus (fMRI) on nykyisin yleisin käytössä



oleva menetelmä. Menetelmä perustuu hemoglobiinin magneettisiin ominaisuuksiin, jotka ovat riippuvaisia hemoglobiinin happipitoisuudesta. Hemosolujen ollessa aktiivisia ne kuluttavat happea ja menetelmä pystyy mittaamaan eri aivoalueilla olevan veren happipitoisuuden. Tämän menetelmän etuina on hyvä tila- ja aikaresoluutio eikä menetelmällä ole haittavaikutuksia. (Halko, 2006, s. 7.)

### 4.3 Havaitut toimintamekanismit

Zea-Sevilla, Sánchez Menéndez, Dorado & Bermejo (2011, s.174) tunnistivat, että ihmisellä on kaksi eri järjestelmää, jotka aktivoituvat taloudellisten päätösten yhteydessä. Ensimmäinen on aivojen palkintojärjestelmä ja toinen on tappion välttämisyjärjestelmä<sup>36</sup>. Edellä mainittu järjestelmä aktivoituu, kun on tunnistettu mahdollinen hyöty ja jälkimmäinen järjestelmä aktivoituu havaitessaan mahdollisen riskin.

Aivojen palkintojärjestelmään kuuluu mesolimbainen polku (kuva 4), joka alkaa vatsanpuoleinen keskiaivojen peite<sup>37</sup> alueelta ja kulkee limbisen järjestelmän, Nucleus Accumbensin (NAcc) läpi aivojen etulohkoon (etummainen pihtipoimu<sup>38</sup> ACC ja sisempi etuotsalohkon kuori<sup>39</sup> MPC). Eri osat aktivoituvat eri tilanteissa. Sisempi etuotsalohkon kuori liittyy tilanteisiin, joissa on isommat mahdollisuudet saada suurempi hyöty ja siihen liittyy laskemista tai kognitiivisia toimintoja. Etuotsalohkon kuoreen liittyy ihmisen kyky erottaa hyvä ja paha, vaihtoehtojen arvostus, lopputulosten<sup>40</sup> arviointi ja sosiaalinen käyttäytyminen (Knowledgebase for Addiction-Related Gene). Dopamiini toimii palkintojärjestelmässä välittäjäaineena, jonka keinotekoinen aktivoiminen aktivoi tätä järjestelmää. Nucleus Accumbens tuottaa dopamiinia ja sillä on olennainen osa mielihyvän kokemisessa (Knowledgebase for Addiction-Related Gene). Palkintojärjestelmän aktivointi johtaa päätöksiin, joilla pyritään saavuttamaan hyöty, joka voi olla rahallinen, ruokaa, juomaa tai vaikkapa tupakkaa.

---

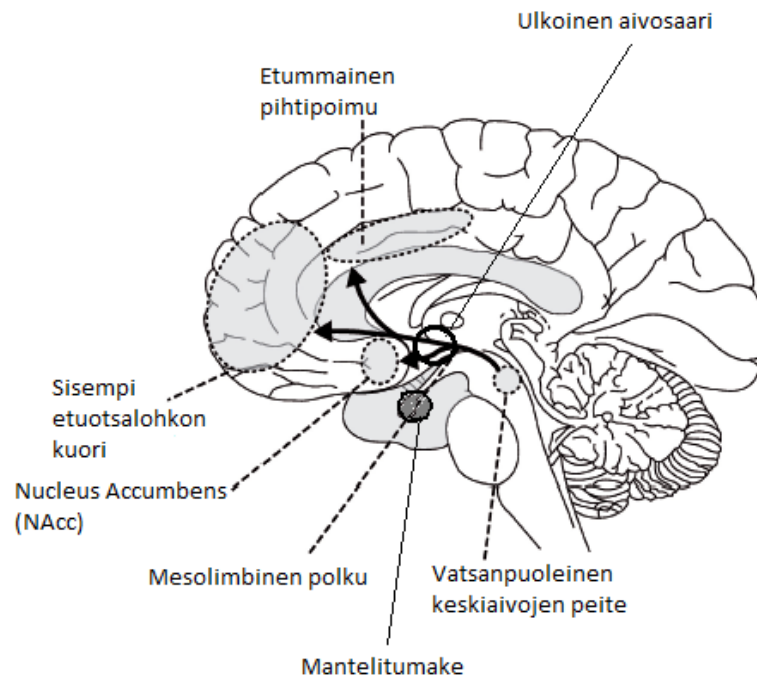
<sup>36</sup> Loss-aversion

<sup>37</sup> ventral tegmental

<sup>38</sup> Anterior Cingulate Cortex

<sup>39</sup> Medial Prefrontal cortex

<sup>40</sup> Outcome



Kuva 4 Aivokuva, (Zea-Sevilla; Sánchez Menéndez; Dorado; & Bermejo, 2011)

Vauriot etuotsalohkon kuoressa<sup>41</sup> taas vaikuttavat negatiivisesti yksilön kykyyn tehdä taloudellisia päätöksiä. (Zea-Sevilla; Sánchez Menéndez; Dorado; & Bermejo, 2011, s. 175.)

Aktivaatio näillä edellä mainituilla alueilla näyttää liittyvän vaihtoehtojen arvostamiseen. Voiko tämän aktivaation avulla mitata talousteorian mukaista hyötyä? Neurotaloustieteen tutkimukset viittaavat aivojen palkintojärjestelmän mittaavan odotettua hyötyä. Odotetun hyödyn komponenttien eli palkkion suuruuden tai todennäköisyyden kasvattaminen lisää aktivaatiota. Aktivaatiotaso nousee kuitenkin rajahyödyn mukaisesti sitä hitaammin palkkioyksikköä kohden mitä suurempi kokonaispalkkio on. Näistä osittaisista yhtäläisyyksistä odotetun hyödyn teorian kanssa, tulokset eivät tue kaikilta osin oletusta rationaalisesta valinnasta. Erot johtuvat todennäköisyyksien epälinearisesta vaikutuksesta aivojen aktivaatioon, vaihtoehtojen arvottaminen on tilannesidonnaista ja vaihtoehtoja verrataan johonkin referenssitason voittoina tai tappioina. (Halko & Hytönen, 2011, s. 4-5.)

<sup>41</sup> Prefrontal cortex

Tappion välttämisyjärjestelmän rakenne ei ole yhtä hyvin selvillä, mutta siihen kuuluvat ainakin seuraavat alueet manteliumake<sup>42</sup> (kuva 4), ulkoinen aivosaaari<sup>43</sup> (kuva 4) ja hypotalamus, joka sijaitsee Nucleus Accumbens ja manteliumakkeen välissä (Zea-Sevilla; Sánchez Menéndez; Dorado; & Bermejo, 2011, s. 175). Manteliumake liittyy tunteiden käsittelyyn ja pitkäaikaiseen muistamiseen, (Knowledgebase for Addiction-Related Gene). De Martino, Camerer & Adolphs (2010) löysivät tutkimuksessaan, että henkilöillä joilla oli vaurio manteliumakkeessa, he eivät kaihtaneet tappioita. Shiv, Loewenstein, Damasio, Damasio & Bechara (2005) löysivät tekemässään kokeessa, että henkilöillä joilla on vaurio manteliumakkeessa ja aivosaaressa (anterior insula kuuluu ko. alueeseen) ottivat enemmän riskiä kuin kontrollihenkilöt. Ulkoinen aivosaaari (Anterior Insula) yhdistetään yleensä inhon kokemiseen, fyysisen tai sosiaalisen (Rustichini, 2005, s. 209).

Saman investoinnin esittämisellä eri tavalla, positiivisella tai negatiivisella, on vaikutusta siihen, miten ihminen hahmottaa investoinnin ja siihen vastaavan käytöksen. Esimerkkinä edellä käytyyn sopii seuraava: Zweigin (2007) tekemässä tutkimuksessa osallistujille esitettiin kaksi kysymystä, joissa kahdesta vaihtoehdosta piti valita sopivin. Ensimmäisessä kysymyksessä piti valita 3000 dollarin varma voitto tai 80 prosentin todennäköisyydellä 4000 dollaria ja 20 prosentin todennäköisyydellä 0 dollaria. Taloustieteen mukaan osallistujat valitsisivat jälkimmäisen vaihtoehdon ( $80\% * 4000 + 20\% * 0 = 3200 > 3000$ ). Suurin osa osallistujista valitsi kuitenkin varman vaihtoehdon. Toinen kysymys oli samanlainen kuin ensimmäinen, mutta se oli muotoiltu negatiiviseen muotoon. Siinä kysyttiin kumman vaihtoehdon valitsisi, jos sijoitus tuottaa varmasti 3000 dollarin tappion vai 80 prosentin todennäköisyydellä 4000 dollarin tappioon ja 20 prosentin todennäköisyydellä 0 dollaria. Kuitenkin 92 prosenttia osallistujista valitsi riskillisen vaihtoehdon. Vastaavan investoinnin esittäminen mahdollisten tappioiden näkökulmasta aktivoi tappion välttämisyjärjestelmän. (Zea-Sevilla; Sánchez Menéndez; Dorado; & Bermejo, 2011, s. 176.)

---

<sup>42</sup> Amygdala

<sup>43</sup> Anterior Insula

## 4.4 Taloustiede ja neurotaloustiede

Tässä alaluvussa käydään läpi neurotaloustieteen löytöjä, jotka täydentävät taloustieteellisten mallien käsitystä ihmisten käytöksestä. Tutkimuksia on tehty paljon liittyen peliteoriaan ja valintateoriaan. Tässä keskitytään tuloksiin, joissa on tutkittu ihmisten käyttäytymistä taloudellisissa valintatilanteissa, joihin liittyy epävarmuutta ja riski. Sijoituksiin liittyy epävarmuutta tulevista tuotoista ja niihin liittyy myös riskiä, joten sen takia tämä aihealue on soveltuvuin tähän työhön.

Knutson, Rick, Wimmer, Prelec & Loewenstein (2007) ovat tunnistaneeet seuraavat yhteydet: Nucleus Accumbens liittyy mieltymykseen kohdetta kohtaan ja sen aktivaatio kertoo kiinnostuksesta kohdetta kohtaan, sekä sen mahdollisesta ostosta. Sisempi etuotsalohkon kuori aktivoitui, kun hinnat olivat alhaiset. Tämä ennusti ostotapahtumaa. Aivosaaari aktivoitui, kun henkilö teki päätöksen johon sisältyi riskiä tai kun riskin välttämisestä johtuen henkilö teki virheen.

Coates & Herbert (2008) tekivät tutkimuksen, jossa mukana oli 17 miespuolista osakevälittäjää. He havaitsivat, että aamuisin miespuolisilla osakkeidenvälittäjillä oli kohonneet testosteroni tasot, jolloin heille merkittiin suurimmat tuotot. Testosteroni vaikuttaa nostamalla itseluottamusta ja kasvattamalla riskinottoa. Erityisesti nuorilla miehillä on taipumusta sortua liialliseen itseluottamukseen (Zea-Sevilla; Sánchez Menéndez; Dorado; & Bermejo, 2011, s. 177).

Halko, Kaustia & Alanko (2012) tutkivat sukupuolen vaikutusta portfolioomistuksiin Suomessa. He löysivät, että miehet käyttävät noin kolme prosenttiyksikköä enemmän varallisuudestaan riskisijoituksiin, kun datasta on poistettu<sup>44</sup> riskinottokyvyn<sup>45</sup>, taloudellisen tietämyksen, varallisuuden ja muiden relevanttien tekijöiden vaikutus. Nuorimmat henkilöt ovat halukkaimpia ottamaan riskiä, mutta keski-ian jälkeen riskinoton halukkuus lähtee laskuun. Sukupuolen ero näkyy myös tässä niin, että miehet ovat koko ajan halukkaampia riskinottoon kuin

---

<sup>44</sup> control for

<sup>45</sup> risk attitude

naiset. Tämä pätee kaikissa ikäluokissa. Tätä tukee Read & Read (2004) tutkimus, jonka mukaan keski-ikäisillä on alemmat diskonttokorot kuin nuorilla ja vanhoilla ihmisillä, koska he ovat kärsivällisempiä.

Neuronien aktiivisuus orbitofrontaalisessa aivokuoressa<sup>46</sup> (sijaitsee aivojen etuotsalohkon kuoressa) korreloi valinnan tuottaman hyödyn kanssa, jonka aktiivisuuden arvo kuvastaa subjektiivista hyödykkeen arvoa (Rustichini A. , 2009, s. 673). Neuronit ovat hermoimpulssien välittäjiä.

Kärsimättömyys intertemporaalisessa valinnassa korreloi negatiivisesti kognitiivisen kyvykkyyden kanssa (Shamosh & Gray, 2008). Aivojen etuotsalohkon aktiivisuus korreloi negatiivisesti malttamattomuuden kanssa. Henkilöt, joilla on heikommat kognitiiviset kyvyt, valitsevat pienellä todennäköisyydellä tuoton, joka sijaitsee tulevaisuudessa. (Rustichini A. , 2009, s. 675.) Kognitiiviseksi kyvyiksi määritellään päättely, suunnittelu ja päätösten teko (Yang;Spinella;& Lester, 2007, s. 481). Intuition mukaan heikot kognitiiviset kyvyt omaavat henkilöt eivät käytä sijoitusten arvostamisessa diskonttofunktiota tai luottavat sijoitustensa hoidon salkunhoitajalle.

Griffith, ym. (2003) artikkelissa todetaan, että henkilöillä, joilla on kognitiivisia häiriöitä, on myös häiriöitä käsitteellisessä tietämyksessä rahoituksesta, maksutapahtumista, pankin tiliotteiden hallinnassa, laskujen maksussa ja taloudellisessa kapasiteetissa.

Ihmisten käyttämäksi diskonttofunktioksi ehdotetaan hyperbolista diskonttofunktiota (Kable & Glimcher, 2007). Se on hyvin käyttökelpoinen, vaikka yksilöillä on tässäkin tapauksessa eroavaisuutensa. McClure, Laibon, Lowenstein & Cohen, (2004) mukaan vatsanpuoleinen striatum<sup>47</sup>, sisempi etuotsalohkonkuori ja takimmainen pihthoimu<sup>48</sup> yhdistetään välittömiin palkkioihin ja aktiivisuus näillä alueilla laskee mitä, myöhäisemmäksi tarjottu palkkio sijoittuu. Jos tarjottu palkkio sijoittuu lähitulevaisuuteen, limbisen järjestelmän aktivaatio on suurempaa kuin, mikäli tarjottu palkkio saadaan myöhemmin. Aivojen etuotsalohkon aktivaatio on

---

<sup>46</sup> Orbito-Frontal Cortex

<sup>47</sup> Ventral Striatum

<sup>48</sup> Posterior Cingulated Cortex

voimakkaampaa, jos valittu palkkio saadaan myöhemmin tulevaisuudessa. (Rustichini A. , 2009, s. 674.)

Lyhyen aikavälin kärsimättömyys on seurausta limbisen järjestelmän aktivaatiosta, joka reagoi välittömästi tuleviin palkkioihin, mutta tulevien tuottojen suhteen se ei ole niin herkkä (Halko, 2006, s. 12). McClure, ym. (2004) tekemä koe, viittaa siihen, että ihmiset käyttäisivät kvasi-hyperbolista diskonttausta. Beeta - alueiksi McClure kutsuu niitä alueita, jotka aktivoituvat aivoissa, kun valintoihin liittyy välittömiä palkkioita. Näihin alueisiin kuuluvat limbisen järjestelmän-alueet (vatsanpuoleinen striatum, sisempi etuotsalohko<sup>49</sup>, sisempi etuotsalohkon kuori). Delta-alueiksi ( $\delta$ ) kutsutaan niitä aivojen alueita, jotka aktivoituvat kaikissa päätöstilanteissa, mutta eivät erityisesti tilanteissa, joihin liittyy välittömiä palkkioita. Näihin alueisiin kuuluvat kognitiivisia prosesseja tukevat alueet. Delta-alueilla aktiviteetin ollessa suhteellisesti isompi, heijasteli sitä, että koehenkilöt valitsivat tuoton, joka toteutui myöhemmin. Beeta-alueen suurempi aktiviteetti heijasteli, että koehenkilöt valitsivat todennäköisemmin välittömän tuoton.

Bechara, Damasia, Tranel & Damasio (1997) tutkimuksen tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että tunnesignaalit ohjaavat päätöksentekoamme. Mikäli ihminen ei kykene kehittämään noita tunnesignaaleja, hän ei myöskään kykene rationaaliseen päätöksentekoon. ”Taloustieteessä tulisi ottaa huomioon, että kognitiivisen prosessin lisäksi päätöksentekoon vaikuttaa tunneprosessi, joka joissain tilanteissa saattaa olla järjen ääntä voimakkaampi ja ohjata valintojamme.” (Halko, 2006, s. 17.)

## 4.5 Tautien vaikutukset päätöksentekoon

Ihmisen kykyyn ja reagointiin taloudellisissa tilanteissa vaikuttaa edellä käytyjen asioiden lisäksi myös sairaudet. Nämä aiheuttavat häiriöitä aivojen palkitsemisjärjestelmän toiminnassa, josta seuraa poikkeamia käytöksissä verrattuna

---

<sup>49</sup> Medial Orbofrontal Cortex

terveisiin ihmisiin. Tässä luvussa käsitellään sairauksia, joilla on todettu olevan vaikutusta ihmisen taloudelliseen käyttäytymiseen.

Alzheimerin tautiin ja muihin hermoston rappeumasairauksiin liittyy kykyjen menetystä, jotka voivat aiheuttaa häiriön kyvyssä käsitellä taloudellisia asioita. Alzheimerin tautiin liittyen on havaittu, että kyky käsitellä numeerisia ja taloudellisia asioita muuttuu jo taudin alkuvaiheessa. Parkinsonin taudin yhteydessä on havaittu muutoksia kyvyssä tehdä taloudellisia päätöksiä. Näitä asioita ei ole vielä tutkittu tarpeeksi, jotta olisi tarkkoja tutkimustuloksia näiden vaikutuksista kykyyn tehdä taloudellisia päätöksiä. (Zea-Sevilla;Sánchez Menéndez;Dorado;& Bermejo, 2011, s. 177.) Lendvai (1999) raportoij, että Creutzfeldt–Jakobin taudilla on yhteys luottokorttivelkaan. (Yang;Spinella;& Lester, 2007, s. 482)

Alkoholismilla ja muilla huumeilla on kroonisen käytön seurauksena vaikutuksia ihmisen palkitsemisjärjestelmään, josta seuraa alueen surkastumista. Depressio ja mania myös heikentävät palkitsemisjärjestelmän toimintaa. Tästä seuraa, että tappion välttämisyjärjestelmä ja palkitsemisjärjestelmän välinen tasapaino järkkyy. Tappion välttämisyjärjestelmän hallitsema toiminta näkyy vähentyneenä riskinottona. (Zea-Sevilla;Sánchez Menéndez;Dorado;& Bermejo, 2011, s. 177.)

Pakonomainen uhkapelaaminen luokitellaan impulsiiviseksi hallintahäiriöksi<sup>50</sup>. Se on vanhin tunnettu talouteen liittyvä sairaus, joka on tunnettu jo klassisessa Kreikassa. Uhkapelaamiseen liittyy itsekontrollin puute, lisääntynyt impulsiivisuus ja riskiherkkyyden puute. Kokeet, jotka on tehty käyttäen toiminnallista magneettikuvausta (fMRI) osoittavat, että aktivaatio aivojen palkitsemisjärjestelmässä on heikompaa kuin normaaleilla koehenkilöillä. Uhkapelurit eivät pelkää tappiota eivätkä voittojen tapauksessa ole yhtä innostuneita kuin normaalit testihenkilöt. (Zea-Sevilla;Sánchez Menéndez;Dorado;& Bermejo, 2011, s. 177.)

---

<sup>50</sup> impulsive control disorder

## 4.6 Tappion välttämisen kustannus

Behavioraalisen taloustieteen tutkimuksissa on havaittu ihmisten kaihtavan tappiota, jota kuvaa myös prospektiteoria ja siihen liittyvät tutkimukset. Prospektiteorian mukaan ihmisen kokeman voiton tuoma hyöty on pienempi kuin vastaavan suuruisen tappion tuoma haitta. Sijoittajien keskuudessa on myös havaittu taipumusta dispositio-efektiin<sup>51</sup>, jossa sijoittajat realisoivat voitot nopeammin kuin tappiot. Tämän taustalla on ihmisten taipumus reagoida tappioihin voimakkaammin kuin voittoihin. Sijoittajat ovat halukkaampia myymään sijoituksiaan, joiden arvo on noussut yli hankintahinnan ja pitämään niitä, joiden arvo on laskenut alle hankintahinnan (Halko & Hytönen, 2011, s. 2).

Gehring & Willoughby (2002) tutkimuksessa havaittiin koehenkilöiden valitsevan tappion jälkeen todennäköisemmin riskipitoisemman vaihtoehdon kuin voiton jälkeen. Koetun tappion suuruus ja sen jälkeinen riskinoton kasvu korreloivat keskenään. Mitä suurempi tappio oli, sitä todennäköisemmin sitä seurasi riskipitoinen vaihtoehto. Myös Coval & Shumway (2005) ovat osoittaneet arvopaperimarkkinoilla edellä kuvatunlaisen käyttäytymisen olevan yleistä. Grinblatt & Keloharju (2001) ovat tehneet tutkimuksen suomalaisen aineiston perusteella, josta he havaitsivat dispositio-efektin koskevan kaiken tyyppisiä sijoittajia.

Neurotaloustieteen tutkimukset ovat osoittaneet, että taloustieteen käyttäytymispoikkeamat heijastelevat vain normaalia toimintaa käyttäytymistä ohjaavissa mekanismeissa. Ihmisten käyttäytymisen poikkeaminen talousteorian hyödyn maksimoinnin teoriasta on monille ihmisille normaalia käyttäytymistä. Tällöin ei voida puhua virheellisestä käytösmallista ihmisten käytöksen poiketessa hyödyn maksimoinnista, joka sisältää tiukat ehdot sille minkälaista käyttäytymisen tulisi olla. (Halko & Hytönen, 2011, s. 9.)

Tappioiden laskiessa aivojen palkitsemisverkoston aktivaatiota enemmän mitä tappion suuruiset voitot sitä lisäävät vaikuttavat sijoittajien tappiota kaihtavaan käyttäytymiseen (Tom;Fox;Trepel;& Poldrack, 2007).

---

<sup>51</sup> Disposition effect



Palkitsemisverkoston aktivaation on osoitettu nimenomaan liittyvän sijoittajien voittojen realisointiin, jotta voidaan välttää tappion realisoiminen ja antaa tappiolliselle kohteelle mahdollisuus kehittyä parempaan suuntaan (Frydman; Barberis; Camerer; Bossaerts; & Rangel, 2011). (Halko & Hytönen, Poikkeavaa Käyttäytymistä, 2011, s. 5.)

Palkitsemisverkoston lisäksi myös tunteilla on vaikutusta riskipäätöksissä. De Martino, Camerer ja Adolphs (2010) tekivät kokeen, jossa koehenkilöt saivat 50 dollarin pääoman. Heille esitettiin kaksi vaihtoehtoa: he saivat pitää 50 dollarista 20 dollaria varmasti tai 40 prosentin todennäköisyydellä koko 50 dollaria. Sama kysymys esitettiin toistamiseen tappioiden muodossa. Koehenkilöt saivat valita, joko menettää 50 dollarista 30 dollaria tai 60 prosentin todennäköisyydellä menettää 50 dollaria. Kun kysymys esitettiin tappioiden muodossa, koehenkilöt valitsivat todennäköisemmin riskipitoisemman vaihtoehdon. Aivokuvantaminen osoitti, että edellä mainitussa kokeessa tunneprosessit vaikuttivat käyttäytymispoikkeaman syntyyn. Negatiivisessa kontekstissa riskihakuinen käyttäytyminen ja positiivisessa kontekstissa turvallisuushakuinen käyttäytyminen aktivoi enemmän tunneprosesseja. Päinvastainen käyttäytyminen sen sijaan aktivoi enemmän harkintaprosesseja kuin tunneprosesseja. Näiden prosessien voimakkuuksissa on ihmisten välillä paljon eroja, toiset pystyvät kontrolloimaan tunteitaan paremmin kuin toiset. Tunneprosesseilla on kytkös käyttäytymispoikkeaman syntyyn. (Halko & Hytönen, 2011, s. 6-7.)

Hytönen & Sanfey (2011) löysivät, että ihmisten taipumukseen lisätä riskinottoa tappioiden jälkeen liittyy tunnekomponentteja. Mitä voimakkaammin tappio vaikuttaa sitä todennäköisemmin ihminen ottaa riskiä. Tunteiden kontrolloinnilla on mahdollista vähentää tappioita kaihtavaa käyttäytymistä. (Halko & Hytönen, 2011, s. 7.)

## 5. Yhteenveto

Cap-mallien hinnoittelun arvon yksikkönä toimii odotettu tuotto, joka ilmaistaan prosentteina. Näin malleista saatavat arvot ovat keskenään vertailtavia. Antaako toinen malli paremman vastauksen kuin toinen? Behavioraalinen malli huomioi erikseen tuoton, joka tulee väärin hinnoitellun sijoituskohteen arvonnoususta. Normatiivinen malli ei huomioi tätä virhettä, jota ei ilmene sijoituskohteiden hintojen ollessa tehokkaat. Mikäli sijoituskohteen hinta on virheellinen, toteutunut tuotto poikkeaa odotetusta tuotosta. Paremmuutta voitaisiin arvioida sillä, miten hyvin odotettu tuotto vastaa tuottoa, joka saataisiin sijoituskohteen hinnan ollessa tehokas eli sen vastatessa fundamentaalista arvoa. Näin voitaisiin vertailla myös eri sijoituskohteiden tuottoja ilman tehottomien hintojen aiheuttamia vääristymiä. Behavioraalisella mallilla saataisiin keskenään paremmin vertailtavia arvoja ilman markkinoilla tapahtuvia hinnoitteluvirheitä.

Miten on mallien käytettävyys? Behavioraalisen käytettävyttä heikentää se, että pitäisi tietää tehokkaat hinnat. Tämä tieto ei ole yleisesti saatavilla saati, että sijoituskohteen tehokkaasta hinnasta olisi yksimielistä arviota. Cap-malli on käytettävissä helposti ja käyttää yleisesti saatavilla olevaa tietoa. Kysymys kuuluukin, paljonko se saa sisältää hinnoitteluvirhettä, jotta se antaa tarpeeksi oikean tuloksen. Tätä voi arvioida sillä, olisiko sijoituskohteen vertailussa tultu eri lopputulemaan, mikäli oikeat tuotot olisivat olleet tiedossa? Olisiko sijoitusvarallisuuden allokaatio muuttunut merkittävästi?

Neurotaloustieteen havaintojen mukaan tappioilla, sukupuoliella ja taipumuksella uhkapelaamiseen on vaikutusta ihmisten käyttäytymiseen sijoitusmarkkinoilla. Havaitut poikkeamat taloustieteen rationaalisen valinnan teoriasta johtuvat ihmisten normaalista käyttäytymisestä. Hinnoitteluvirheet johtuvat osittain siitä, että ihmiset toimivat normaalisti.

Sijoitusmarkkinoilla on tarvetta tarkemmalle mallille, koska järjestelmän epävakaas, joka ilmenee aika ajoin eri tavalla, aiheuttaa haittaa yksityiselle ja julkiselle sektorille. Tämän seurauksena menetetään hyvinvointia, talouskasvua ja se heikentää energiatehokkaiden innovaatioiden mahdollisuuksia. Energiatehokkailla innovaatioilla tarkoitetaan ympäristön kannalta tehokkaiden sekä kestäväen kehityksen

mukaisten tuotantotapojen ja tuotteiden kehityksen edellytysten heikentymistä sekä investointien vähentymistä kyseisiin tekniikoihin.

Sijoitusmarkkinoiden häiriöstä seuraa, ettei rahoitus kohdennu tehokkaasti. Mikäli pystyttäisiin havaitsemaan hinnoitteluvirheitä, joiden seurauksena markkinoille todennäköisesti syntyisi kupla, voitaisiin viranomaistoimin estää kuplan kasvaminen niin isoksi, että sen puhkeamisella olisi huomattavia vaikutuksia talouteen. Minskyn (1992) taloudellisen epävakauden hypoteesin mukainen talouden tasapainon tilan ylläpito olisi tavoiteltavaa. Ja talouden siirtymistä epätasapainoon tulisi pyrkiä kontrolloimaan. Näin pystyttäisiin estämään sijoitusten kohdentumista tehottomiin sijoituksiin.

Behavioraalisten hinnoittelumallien kehitystä puolustavat myös positiiviset ulkoisvaikutukset, jotka heijastuisivat muun muassa sijoitusmarkkinoiden vakauteen ja sitä kautta reaalityönteeseen. Mikäli hinnoitteluvirheet voidaan havaita ajoissa, voitaisiin myös parantaa kapitalistisen talousjärjestelmän vakautta. Tämä edellyttää julkisen sektorin suunnalta tulevaa valvontaa, jos hinnoitteluvirhe karkaa liian suureksi. Sijoittajilla voi olla halua hyväksikäyttää virhettä niin, että virheen suuruus vain kasvaa.

## Lähdeluettelo

Bechara, A.; Damasio, H.; Tranel, D.; & Damasio, A. R. (1997). Deciding Advantageously Before Knowing The Advantageous Strategy. *Science* , 1293 -1295.

Benartzi, S.; & Thaler, R. H. (2004). Myopic Loss Aversion And the Equity Premium Puzzle. Teoksessa C. F. Camerer; G. Loewenstein; & M. Rabin, *Advances in Behavioral Economics* (ss. 590 - 605). New Jersey: Princeton University Press.

Bodie, Z.; Kane, A.; & Marcus, A. (2005). *Investments*. New York: McGraw-Hill.

Burns, B. D.; & Corpus, B. (2004). Randomness and Inductions from Streaks: "Gambler's Fallacy" Versus "Hot Hand". *Psychonomic Bulletin & Review* , 179 - 184.

Camerer, C. F.; Loewenstein, G.; & Matthew, R. (2004). *Advances in Behavioral Economics*. Princeton: Princeton University Press.

Coates, J.; & Herbert, J. (2008). Endogenous Steroids and Financial Risk Taking on a London Trading Floor. *Proc Natl Acad Sci USA* , 6167 - 6172.

Coval, J. D.; & Shumway, T. (2005). Do Behavioral Biases Affect Prices. *Journal of Finance* , 1 - 34.

De Bondt, W. F. (1993). Betting on Trends: Intuitive Forecasts of Financial Risk and Return. *International Journal of Forecasting* , 355 - 371.

De Martino, B.; Camerer, C. F.; & Adolphs, R. (2010). Amygdala Damage Eliminates Monetary Loss Aversion. *PNAS* , 3788 - 3792.

Damasio, A. R. (1995). *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain*. New York: Avon Books.

Fama, E. (1965). Random Walks in Stock Market Prices. *Financial Analysts Journal* , 55 - 59.

Frydman, C.; Barberis, N.; Camerer, C.; Bossaerts, P.; & Rangel, A. (2011). Testin Theories of Investor Behavior Using Neural Data. *Julkaisematon artikkeli, Journal of Finance* , [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1892338](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1892338).

Gehring, W. J.;& Willoughby, A. R. (2002). The Medial Frontal Cortex and The Rapid Processing of Monetary Gains and Losses. *Science* , 2279 - 2282.

Glimcher, P. (2003). *Decisions, Uncertainty and the Brain: The Science of Neuroeconomics*. The MIT Press.

Gordon, A.;& Sharpe, W. (1990). *Investments*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Griffith, H. R.;Belue, K.;Sicola, A.;Krzywanski, S.;Zamrini, E.;Harrell, L.;ym. (2003). Impaired Financial Abilities in Mild Cognitive Impairment: A Direct Assessment Approach. *Neurology* , 449 - 457.

Grinblatt, M.;& Keloharju, M. (2001). What Makes Investors Trade. *Journal of Finance* , 589 - 616.

Halko, M.-L. (2006). Mullistaako Neurotalousiede Valintateorian. *Kansantaloudellinen aikakausikirja* , 5 - 20.

Halko, M.-L.;& Hytönen, K. (2011). Poikkeavaa Käyttäytymistä. *Kansantaloudellinen aikakouskirja* , 1 - 10.

Halko, M.-L.;Kaustia, M.;& Alanko, E. (2012). The Gender Effect in Risky Asset Holdings. *Journal of Economic Behavior & Organization* , 66 - 81.

Hytönen, K.;& Sanfey, A. G. (2011). Neuroeconomics Insights for Decision Analysis. *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science* .

Kable, J. W.;& Glimcher, P. W. (2007). The Neural Correlates of Subjective Value During Intertemporal Choice. *Nat Neurosci* , 1625 - 1633.

Kandel, E.;& Pearson, N. (1995). Differential Interpretation of Public Signals and Trade in Speculative Markets. *Journal of Political Economy* , 831 - 872.

Karpoff, J. M. (1986). A Theory of Trading Volume. *The Journal of Finance* , 1069 - 1087.

*Knowledgebase for Addiction-Related Gene*. (ei pvm). Haettu 10. Lokakuu 2013 osoitteesta Center for Bioinformatics, Pekingin yliopiston projekti : <http://karg.cbi.pku.edu.cn/brain-info.php>

Knutson, B.;Rick, S.;Wimmer, G.;Prelec, D.;& Loewenstein, G. (2007). Neural Predictors of Purchases. *Neuron* , 147 - 145.

Kyynäräinen, T. (19. 10 2012). Yltiöoptimismi Vie Harhaan. *Kauppalehti* , s. 16.

McClure, S.;Laibon, D.;Lowenstein, G.;& Cohen, J. (2004). Separate Neural Systems Value Immediate and Delayed Rewards. *Science* , 503 - 507.

Miller, E. (1977). Risk, Uncertainty and Divergence of Opinion. *The Journal of Finance* , 1151 - 1168.

Minsky, H. P. (2008). *John Maynard Keynes*. McGraw-Hill Education.

Minsky, H. P. (1992). *The Financial Instability Hypothesis*. New York: The Levy Economics Institute.

Mossin, J. (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica* , 768 - 783.

Odean, T. (1998). Volume, Volatility, Price and Profit When All Traders Are Above Average. *The Journal of Finance* , 1887 - 1934.

Read, D.;& Read, N. (2004). Time Discounting Over The Lifespan. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* , 22 - 32.

Rustichini. (2005). Neuroeconomics: Present and Future. *Games and Economic Behavior* , 201 - 212.

Rustichini, A. (2009). Neuroeconomics: What Have We Found, And What Should We Search For. *Current Opinion In Neurobiology* , 672 - 677.

Shamosh, N.;& Gray, J. (2008). Delay Discounting and Intelligence: A Meta Analysis. *Intelligence* , 289 - 305.

Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *The Journal of Finance* , 425 - 442.

Shefrin, H. (2008). *A Behavioral Approach to Asset Pricing*. London: Academic Press.

Shefrin, H. (2007). *Beyond Greed and Fear*. New York: Oxford University Press.

Shefrin, H., & Statman, M. (1994). Behavioral Capital Asset Pricing Theory. *Journal of Financial And Quantitative Analysis* , 323 - 349.

Shiller, R. (1981). Do Stock Prices Move Too Much To Be Justified by Subsequent Changes in Dividends. *American Economic Review* , 421 - 436.

Shiv, B.;Loewenstein, G.;Damasio, H.;Damasio, A.;& Bechara, A. (2005). Emotion, Decision Making and The Negative Side of Emotion. *Psychol Sci* , 435 - 439.

Shleifer, A. (2000). *Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance*. New York: Oxford University Press Inc.

Shleifer, A.;& Vishny, R. (1997). The Limits of Arbitrage. *The Journal of Finance* , 35 - 55.

Smith, A. (1759). *\*The Theory of Moral Sentiments*. London: A. Millar.

Statman, M.;Thorley, S.;& Vorkink, K. (2006). Investor Overconfidence and Trading Volume. *The Review of Financial Studies* , 1531 - 1565.

Thaler, R. (1980). Toward a Positive Theory of Consumer Choice. *Journal of Economic Behavior and Organization* , 39 - 60.

Tom, S. M.;Fox, C. R.;Trepel, C.;& Poldrack, R. A. (2007). The Neural Basis of Loss Aversion in Decision-Making Under Risk. *Science* , 515 - 518.

Tversky, A.;& Kahneman, D. (1974). Judgement under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science* , 1124 - 1131.

Yang, B.;Spinella, M.;& Lester, D. (2007). Prefrontal Systems in Financial Processing. *The Journal of Socio-Economics* , 480 - 489.

Zea-Sevilla, M. A.;Sánchez Menéndez, V.;Dorado, R.;& Bermejo, P. E. (2011). Neuroanatomy of Financial Decisions. *Neurología* , 173 - 181.

Zweig, J. (2007). *Your Money And Your Brain*. New York: Simon and Schuster paperbacks.