TURUN YLIOPISTO

TIIVISTELMÄ

	Kandidaatintutkielma
x	Pro gradu -tutkielma
	Lisensiaatintutkielma
	Väitöskirja

Oppiaine	Taloustiede	Päivämäärä	06.11.2019
Tekijä(t)	Kuronen Jari	Matrikkelinumero	27163
		Sivumäärä	79
Otsikko	Asymmetrinen informaatio ja sen vaikutuksista vakuutusmarkkinoihin		
Ohjaaja(t)	Salonen Hannu		

Tiivistelmä

Tässä työssä on tarkasteltu asymmetrisen informaation vaikutuksia vakuutusmarkkinoihin. Aluksi on tarkasteltu vakuutusmarkkinoita täydellisen informaation vallitessa. Vakuutusmarkkinoihin liittyy oleellisesti toiminta riskin tai epävarmuuden vallitessa. Osoitetaan että, kun markkinoilla valitsee täydellinen kilpailu, niin vakuutusyhtiöiden kannattaa tarjota asiakkailleen täyttä vakuutusta, joka korvaa vahingon kokonaan. Sen jälkeen on tarkasteltu vakuutusmarkkinoita asymmetrisen informaation olosuhteissa. Ensin on tarkasteltu valintaongelmaa (selection problem), johon liittyy ns. haitallisen valikoitumisen (adverse selection) ongelma, ja sen jälkeen ns. moral hazard (haitallisen valinnan) ongelmaa, johon liittyy ei-havaittavan käyttäytymisen ongelma (hidden action problem). Lisäksi on esitelty tarvittavat peliteoriaan liittyvät tasapainokäsitteet, Nashin tasapaino ja epätäydellisen informaation peliteoriaan liittyvä Bayesin Nashin tasapaino ja siihen liittyvä Harsanyin tyyppiteoria.

Ensimmäisenä asymmetriseen informaatioon liittyvänä esimerkkinä on tarkasteltu ns. haitallisen valikoitumisen (adverse selection) ongelmaa vakuutusmarkkinoilla. Mallin ovat alun perin esittäneet Rothschild ja Stiglitz (1976). Siinä ongelmana on asiakkaiden valikoituminen vakuutusyhtiöiden edun kannalta vastakkaisella (haitallisella) tavalla. Mallissa oletetaan, että asiakasakunta koostuu kahden tyyppisistä asiakkaista, varovaisista ja riskialttiista, mutta vakuutusyhtiöt eivät etukäteen tiedä kumpaa tyyppiä asiakas on vakuutussopimusta tehtäessä. Ongelmaa sanotaan ex ante asymmetrisen informaation ongelmaksi ja se johtaa siihen, että vain riskialttiille asiakasryhmälle voidaan enää tarjota kalliimpaa täyttä vakuutusta. Varovaiselle asiakasryhmälle tarjotaan edullisempaa osittaista vakuutusta. Asiakkaat, jotka itse tietävät kumpaa tyyppiä he ovat, voivat siten valita itselleen sopivan vkuutusmuodon (self selection).

Toisena esimerkkinä (Grossman ja Hartin (1983)) on tarkasteltu moraaliseen riskiin liittyvää ei-havaittavan käyttäytymisen ongelmaa. Tässä tapauksessa vakuutusyhtiöt eivät voi havaita asiakkaidensa käyttäytymistä eivätkä voi siten tietää käyttäytyvätkö he varovaisesti vai riskialttiisti. Edelliseen malliin verrattuna asiakkaat voivat nyt muuttaa käyttäytymistään sen mukaan mikä kussakin tilanteessa on houkuttelevinta. Tämän kaltaista ongelmaa sanotaan ex post asymmetrisen informaation ongelmaksi ja se johtaa siihen, että asiakkaille voidaan tarjota vain osittaista vakuutusta, joka sisältää tietyn suuruisen omavastuuosuuden. Omavastuuosuuden asettamisella pyritään siihen, että asiakkaiden houkutus (insentiivi) varovaiseen käyttäytymiseen säilyisi.

Asiasanat	Asymmetrinen informaatio, Peliteoria, Vakuutusmarkkinat
Muita tietoja	

TURUN YLIOPISTO
Kauppakorkeakoulu

ASYMMETRINEN INFORMAATIO JA SEN VAIKUTUKSISTA VAKUUTUSMARKKINOIHIN

Taloustiede
pro gradu -tutkielma

Laatija:
Jari Kuronen

Ohjaaja:
FT Hannu Salonen

06.11.2019
Turku

SISÄLLYSLUETTELO

KUVALUETTELO

1 JOHDANTO

Peliteoriasta on tullut tärkeä apuväline mikrotalousteoreettisessa tutkimuksessa. Peliteoriaa ja varsinkin ei-yhteistyöpeliteoriaa (noncooperative game theory) sovelletaan tutkittaessa talousmalleja, joissa mallin eri osapuolten välillä vallitsee strateginen vuorovaikutus. Mallin osapuolet voivat siis tehdä strategisia valintoja sekä tehdä olettamuksia myös vastapuolen valinnoista. Peliteoriaa voidaan siten luonnehtia myös interaktiiviseksi päätösteoriaksi. Tärkeä tutkimuskohde ovat teollisen organisaation (industrial organization) mallit.

Klassisissa mikrotalousmalleissa ratkaistavat ongelmat nähdään yleensä päätös- tai valintaongelmina, joihin etsitään päätöksentekijän kannalta parasta ratkaisuvaihtoehtoa (optimiratkaisua). Sekä kuluttajan että yrityksen teoriassa hinnat nähdään yleensä annettuina (markkinahintoina, jotka ovat määräytyneet kokonaiskysynnän ja -tarjonnan perusteella) eikä yksittäinen kuluttaja tai yritys pysty niihin omilla päätöksillään juurikaan vaikuttamaan. Kuluttaja pyrkii vain löytämään itselleen parhaan mahdollisen (preferenssiensä mukaisen) hyödykeyhdistelmän käytettävissään olevien tulojensa puitteissa ja yritys taas pyrkii tuottamaan parhaan mahdollisen (voiton maksimoivan) tuotemäärän käytettävissä olevien tuotannontekijöiden puitteissa. Peliteorian malleissa otetaan huomioon myös se, että päätöksentekijöitä voi olla useita ja että jokaisen tekemä valinta vaikuttaa myös toisten tekemiin valintoihin sekä lopputulokseen. Ratkaisuksi etsitään sellaista tasapainoa, jossa jokaisen osapuolen kannattaa pitäytyä. Peliongelmien ja päätösongelmien välinen ero on siinä, että peliongelmissa päätöksentekijä joutuu ottamaan huomioon oman valintansa lisäksi myös muiden osapuolten tekemät valinnat, kun taas päätös- ja valintaongelmissa päätöksentekijä voi keskittyä etsimään optimaalista ratkaisua omaan ongelmaansa. Taloustieteen tutkimuskohteena olevissa malleissa ollaan kuitenkin harvoin siinä tilanteessa, että voitaisiin keskittyä pelkästään optimiratkaisun etsimiseen vain yhden osapuolen kannalta, vaan malleissa joudutaan ottamaan huomioon myös muiden osapuolten tekemät valinnat sekä niiden vaikutukset lopputulokseen (tasapainoratkaisuun). Erityisesti markkinoiden epätäydellisyyksiä tutkittaessa peliteoriaan perustuvat mallit antavat järkevän selityksen useisiin tilanteisiin, joihin klassinen teoria ei enää pure. Lisäksi peliteoreettinen tulkinta on antanut uutta sisältöä jo olemassa oleviin teorioihin kuten esimerkiksi klassisiin duopolimalleihin.

Tässä työssä käsitellään lähinnä ei-yhteistyöpeliteoriaa ja epätäydellisen informaation peliteoriaa sekä tarkastellaan asymmetrisen tai epätäydellisen informaation vaikutuksia erilaisten talousmallien tasapainoihin ja esitellään aiheeseen liittyviä sovellusesimerkkejä. Tärkeänä sovellusesimerkkinä tarkastellaan vakuutusmarkkinoita ja asymmetrisen informaation vaikutuksia markkinatasapainoihin eri informaatiotilanteissa. Tässä työssä ei käsitellä sopimuspelien eikä toistettujen pelien teoriaa.

Luvussa 2 käydään lyhyesti läpi hyötyteoriaa. Aluksi tarkastellaan traditionaalista hyötyteoriaa ja sen jälkeen esitellään von Neumann–Morgenstern hyötyfunktio ja odotetun hyödyn hypoteesi. Lopuksi tarkastellaan hyötyteoriaa ja strategista ajattelua ja sitä, miten päätöksentekotilanteet muodostuvat, kun yksittäinen päätöksentekijä voi tehdä päätöksiä muista riippumattomasti ja sen jälkeen miten päätöksentekotilanne muuttuu, kun päätöksentekijöitä on kaksi tai useampi ja päätöksentekijät joutuvat ottamaan huomioon muiden päätöksentekijöiden päätökset omia päätöksiään tehdessään. Tässä esityksessä peliteoriaa ei nähdä traditionaalisen teorian korvaajana, vaan sitä täydentävänä teoriana.

Luvussa 3 käsitellään ei-yhteistyöpeliteoriaa ja esitellään siihen liittyviä tunnetuimpia tasapainokäsitteitä sekä esitellään tasapainokäsitteitä kuvaavia yksinkertaisia havaintoesimerkkejä. Peliteorian malleissa peli siis koostuu pelin osapuolista (pelaajien joukosta), pelin säännöistä ja kunkin pelaajan käytössä olevista valinnoista (strategiajoukosta) sekä pelin mahdollisista lopputuloksista (pelaajien tekemien valintojen yhdistelmät) ja niihin liittyvistä kunkin pelaajan saamista hyödyistä (pelin voitot). Tämän lisäksi peliteoriaan perustuvissa malleissa tärkeässä roolissa on vallitseva informaatio. Jos kaikki edellä mainitut seikat ovat kaikkien pelaajien tiedossa, vallitsee täydellinen informaatio (complete information). Jos taas kaikki em. seikat eivät ole kaikkien pelaajien tiedossa, vallitsee epätäydellinen (incomplete) tai asymmetrinen (asymmetric) informaatio. Tässä luvussa käsitellään täydellisen informaation peliteoriaa. Pelin tulokseksi pyritään siis löytämään sellainen tasapaino, jossa pelin kaikkien osapuolien kannattaa pitäytyä. Kirjallisuudessa vakiintuneen aseman ovat saavuttaneet seuraavat tasapainokäsitteet: Nashin tasapaino (Nash 1951) staattisille (yhden periodin) peleille sekä osapelitäydellinen tasapaino (Selten 1965), täydellinen tasapaino (Selten 1975) ja sekventiaalinen tasapaino (Kreps ja Wilson 1982) dynaamisille (usean periodin) peleille. Em. tasapainokäsitteet liittyvät siis ei-yhteistyöpeliteoriaan, kun vallitsee täydellinen informaatio. Peliteoria on erityisen hyödyllinen tutkittaessa malleja, joissa pelin osapuolien lukumäärä on pieni ja joissa jokainen pelaaja voi tekemillään valinnoilla vaikuttaa merkittävästi pelin lopputulokseen. Peliteorian malleissa tavoitteena on siis ”ennustaa” pelin lopputulos pelaajien käytettävissä olevien strategioiden (valintojen) yhdistelmien sekä pelin mahdollisiin lopputuloksiin liittyvien hyötyjen että niiden saavuttamiseen liittyvien houkuttimien (incentives) avulla. Tasapainokäsitteet kuvaavat varsin hyvin rationaalista käyttäytymistä suurimmassa osassa tilanteita, mutta ongelmiakin on, sillä joissain erityistilanteissa tasapainoratkaisut voivat kuvata myös irrationaalista käyttäytymistä. Vaikka tasapainokäsitteitä on pyritty kehittämään, niin kaikkia ongelmia ei ole onnistuttu vielä voittamaan.

Luvussa 4 käsitellään epätäydellisen informaation (incomplete information) peliteoriaa ja esitellään siihen liittyviä tasapainokäsitteitä. Kirjallisuudessa käytetään epätäydellisestä informaatiosta usein myös termiä asymmetrinen informaatio (asymmetric information) eivätkä ne käsitteinä juurikaan eroa toisistaan. Epätäydellistä informaatiota käytetään lähinnä vastakohtana täydelliselle informaatiolle. Asymmetrisella informaatiolla sen sijaan pyritään kuvaamaan informaation jakautumista epätasaisesti. Se mitä termiä kulloinkin käytetään, on riippuvainen lähinnä tutkimuksen kohteena olevasta mallista ja sen luonteesta. Epätäydellisen informaation peliteoriaan liittyvät tasapainokäsitteet ovat Bayesin tasapaino ja täydellinen Bayesin tasapaino. Bayesin tasapaino tai Bayesin–Nashin tasapaino on Nashin tasapainon suora laajennos epätäydellisen informaation staattisille yhden periodin peleille. Täydellinen Bayesin tasapaino liittyy epätäydellisen informaation dynaamisiin usean periodin peleihin. Tämän lisäksi tärkeä tulos, joka liittyy epätäydellisen informaation pelien ratkaisemiseen, on Harsanyin tyyppiteoria (Harsanyi 1967-68). Sen avulla voidaan epätäydellisen informaation peli muuntaa ratkaistavaan muotoon ja ilman sitä epätäydellisen informaation pelit olisivat hyvin vaikeasti lähestyttäviä.

Esimerkkinä tarkastellaan vakuutusmarkkinoiden toimintaa asymmetrisen informaation vallitessa ja sitä miten epätasaisesti (asymmetrisesti) jakautunut informaatio vaikuttaa markkinatasapainojen muodostumiseen eri informaatiotilanteissa. Klassisessa mikroteoriassa sekä kuluttajien että yritysten oletetaan olevan riskineutraaleja ja toimivan aina varmuuden vallitessa. On kuitenkin tilanteita, joissa olettamus riskineutraaliudesta tai toimiminen varmuuden vallitessa ei aina vastaa todellisuudessa vallitsevia olosuhteita eikä kuvaa todellista käyttäytymistä. Vakuutusmarkkinat tarjoavat siten hyvän esimerkin riskin tai epävarmuuden olemassaolosta ja sen vaikutuksesta markkinoiden toimintaan. Voidaan jopa sanoa, että vakuutusmarkkinoiden olemassaolo on todiste käytännön elämään liittyvistä riskeistä ja epävarmuuksista. Tässä esityksessä hahmotellaan, miten informaation epätasainen jakautuminen (asymmetria) vaikuttaa sekä päätöksentekoon että markkinatasapainojen muodostumiseen ja minkälaisin keinoin sitä voidaan käsitellä.

Aluksi luvussa 5 esitetään, miten vakuutusmarkkinoiden tasapaino muodostuu täydellisen informaation vallitessa. Oletetaan, että vallitsee täydellinen kilpailu ja että vakuutusyhtiöiden asiakaskunta koostuu saman tyyppisistä asiakkaista, joilla kaikilla on sama vahinkotodennäköisyys, jolloin sitä voidaan pitää eksogeenisena. Osoitetaan, että vakuutusyhtiöiden kannattaa silloin tarjota asiakkailleen täyttä vakuutusta, jossa vahinko korvataan kokonaisuudessaan. Saadusta tuloksesta voidaan johtaa edelleen, että vakuutusyhtiöiden kannattaa tarjota asiakkailleen edelleenkin täyttä vakuutusta, vaikka asiakaskunta koostuisi useasta eri asiakasryhmästä, joilla on erilainen vahinkotodennäköisyys. Täydellisen informaation olosuhteissa vakuutusyhtiöiden on mahdollista tietää etukäteen, mihin riskikategoriaan kukin asiakas kuuluu jo vakuutussopimusta tehtäessä. Näin ollen vakuutusyhtiöt kykenevät aina vakuutusehtoja määritellessään hinnoittelemaan vakuutuksen todellisen vahinkotodennäköisyyden perusteella.

Sen jälkeen esitellään kaksi erilaista tilannetta asymmetrisen informaation vaikutuksesta tasapainon muodostumiseen. Luvussa 6. tarkastellaan ensin ns. adverse selection-tilannetta, jossa epätasaisesti jakautunut informaatio aiheuttaa asiakaskunnan valikoitumista vakuutusyhtiöiden edun kannalta vastakkaisella (haitallisella) tavalla (haitallinen valikoituminen). Oletetaan, että asiakaskunta koostuu kahden tyyppisistä asiakkaista, varovaisista asiakkaista, joiden vahinkotodennäköisyys on pieni ja riskialttiista asiakkaista, joiden vahinkotodennäköisyys on suurempi kuin varovaista tyyppiä olevien asiakkaiden. Oletetaan edelleen, että vahinkotodennäköisyydet ovat eksogeenisia, jolloin asiakaskunta jakautuu vahinkotodennäköisyytensä perusteella kahteen eri riskikategoriaan. Ongelmana on nyt se, että vakuutusyhtiöt eivät etukäteen tiedä kumpaan ryhmään asiakkaat kuuluvat eivätkä voi sen vuoksi vakuutusehtoja määritellessään asettaa vakuutusmaksua suoraan vahinkotodennäköisyyden perusteella, kuten ne voisivat tehdä täydellisen informaation olosuhteissa. Tässä tapauksessa epätasaisesti jakautunut informaatio aiheuttaa sen, että kaikille asiakkaille ei voida enää tarjota täyttä vakuutusta, jonka hinnoittelu perustuisi esim. keskimääräiseen vahinkotodennäköisyyteen. Ainoastaan riskialttiille asiakasryhmälle voidaan enää tarjota täyttä vakuutusta. Vakuutuksen hinta perustuu tässä tapauksessa nyt korkeampaan riskialttiin asiakastyypin vahinkotodennäköisyyteen. Varovaiselle asiakasryhmälle, jolle em. tavalla hinnoiteltu täysi vakuutus olisi liian kallis, tarjotaan sen sijaan edullisempaa osittaista vakuutusta varovaisen asiakastyypin ehdoin. Asiakkaat, jotka itse tietävät kumpaa tyyppiä he ovat, voivat nyt valita itselleen sopivan vakuutusmuodon (self selection).

Toisessa tapauksessa luvussa 7. tarkastellaan ns. moraalisen riskin (moral hazard) (haitallisen valinnan) ja ei-havaittavan käyttäytymisen (hidden action) ongelmaa. Tässä tapauksessa vakuutusyhtiöt eivät voi havaita asiakkaidensa käyttäytymistä eivätkä voi siten tietää käyttäytyvätkö he varovaisesti vai riskialttiisti. Oletetaan, että nyt asiakkaat voivat käyttäytyä kahdella eri tavalla joko varovaisesti, jolloin vahinkotodennäköisyys on pieni tai riskialttiisti, jolloin vahinkotodennäköisyys on suurempi kuin varovaisen käyttäytymisen tapauksessa. Tämän lisäksi asiakkaan on mahdollista muuttaa käyttäytymistapaansa sen mukaan, mikä kussakin tilanteessa näyttää houkuttelevalta. Ongelmana on tässä tapauksessa se, että asiakkaiden käyttäytyminen ei ole etukäteen tiedossa eivätkä vakuutusyhtiöt voi sen vuoksi asettaa vakuutusmaksua suoraan vahinkotodennäköisyyden perusteella, kuten ne voisivat tehdä täydellisen informaation olosuhteissa. Osoitetaan, että ei-havaittavissa olevan käyttäytymisen tilanteessa vakuutusyhtiöt eivät enää voi tarjota täyttä vakuutusta asiakkailleen kuten ne voisivat tehdä täydellisen informaation olosuhteissa, vaan sen sijaan ne joutuvat tarjoamaan asiakkailleen rajoitetumpaa osittaista vakuutusta, joka sisältää tietyn suuruisen omavastuuosuuden. Omavastuuosuuden asettamisella vakuutusyhtiöt pyrkivät siihen, että asiakkaiden houkutus (insentiivi) varovaiseen käyttäytymiseen säilyisi.

2 HYÖTYTEORIAA

2.1 Traditionaalinen hyötyteoria

Tarkastellaan seuraavaksi lyhyesti traditionaalista hyötyteoriaa. Taloustieteen teorioissa oletetaan pääsääntöisesti yksilöiden (kuluttajien) käyttäytyvän aina rationaalisesti. Muotoillaan seuraavassa täsmällisemmin, millaisin edellytyksin käyttäytymistä voidaan pitää rationaalisena, ts. johdonmukaisena ja järkevänä. Oletetaan aluksi, että vallitsee täydellinen informaatio, ts. päätöksentekijällä on käytettävissään kaikki päätöksenteon kannalta tarvittava tieto. Olettamukset ovat seuraavat:

1) Täydellisyys (vertailtavuus). Päätöksentekijä kykenee vertailemaan kaikkia valintavaihtoehtoja pareittain keskenään ja kykenee päättelemään kahdesta vaihtoehdosta x ja y, onko toinen parempi tai huonompi kuin toinen vai ovatko vaihtoehdot keskenään yhtä hyviä (preferenssien vertailtavuus).
2) Transitiivisuus (johdonmukaisuus). Kun päätöksentekijä vertailee useampaa valintavaihtoehtoa keskenään, niin jos vaihtoehto x on parempi tai yhtä hyvä kuin vaihtoehto y ja y on parempi tai yhtä hyvä kuin z, niin johdonmukaisuuden nojalla vaihtoehdon x on oltava myös parempi tai yhtä hyvä kuin z (preferenssien johdonmukaisuus).
3) Preferenssien jatkuvuus. Jos valintojen joukko on jatkuva ja reaaliarvoinen, niin kaikille valintavaihtoehdoille on löydettävissä aina niiden kanssa yhtä hyvä (indifferentti) valintavaihtoehto.

Jos ehdot 1) ja 2) ovat voimassa, niin päätöksentekijä kykenee tällöin vertailemaan kaikkia valintavaihtoehtoja keskenään sekä asettamaan ne mieleiseensä paremmuusjärjestykseen. Ehdot 1) ja 2) muodostavat ns. ordinaalisen olettamuksen, jonka perusteella vaihtoehtoja voidaan arvioida ja vaihtoehdot voidaan järjestää (preferenssijärjestyksen muodostaminen). Kun ehdot 1) – 3) ovat voimassa, niin on todistettu (Debreau (1959)), että preferenssejä voidaan kuvata jatkuvalla reaaliarvoisella hyötyfunktiolla u. Tällöin, kun valintavaihtoehto x on parempi tai yhtä hyvä kuin vaihtoehto y, niin silloin myös $u(x) \geq u(y)$. Hyötyfunktio u on tällöin aidosti kasvavaa muunnosta vaille yksikäsitteinen ts. mikä tahansa muu hyötyfunktio g, jos se toteuttaa ehdot $g(u(x))$ on jatkuvana olemassa ja $g' > 0$, kuvaa myös samoja preferenssejä yhtä hyvin kuin hyötyfunktio $u(x)$. (Ks. myös Harsanyi (1977) ja McKenna (1986)).

Varmuuden vallitessa suunnitelmien ja toiminnan tulokset määräytyvät aina yksikäsitteisesti ts. tietyn suunnitelman mukaisesta toiminnasta seuraa aina tietty tulos. Päätöksentekijän ongelmana on nyt löytää paras saavutettavissa oleva vaihtoehto x*, joka on vähintään yhtä hyvä tai parempi kuin mikä tahansa muu valintavaihtoehto y, käytettävissä olevien resurssien puitteissa. Em. ehtojen ollessa voimassa päätöksentekijän valintaongelma on aina ratkaistavissa ja parhaan vaihtoehdon etsiminen voidaan muotoilla hyötyfunktion u(x) maksimointitehtäväksi annetussa valintavaihtoehtojen joukossa rajoitteena käytettävissä olevat resurssit. Jos päätöksentekijä nyt valitsee kannaltaan parhaan vaihtoehdon, hän käyttäytyy rationaalisesti.

2.2 vNM-Hyötyteoria

Edellä toimittiin varmuuden vallitessa. Jos sen sijaan toimitaan riskin tai epävarmuuden vallitessa, niin suunnitelmien ja toiminnan tulokset määräytyvät enää vain tietyin todennäköisyyksin, ts. valitun suunnitelman mukaisesta toiminnasta seuraa haluttu tulos enää vain tietyllä todennäköisyydellä. Tällöin valitulla suunnitelmalla voi olla useita vaihtoehtoisia ja tunnetun todennäköisyyden omaavia lopputuloksia. Enää siis valinnat lopputulosten kesken eivät ole riittäviä määräämään valintaa suunnitelmien kesken. Todennäköisyydet voivat olla joko objektiivisia, yleisesti tiedossa olevia, tai subjektiivisia, enemmän päätöksentekijän henkilökohtaiseen tietämykseen tai päätelmiin perustuvia. Todennäköisyydet liitetään tavallisesti toimintaan riskin vallitessa, kun taas toimittaessa epävarmuuden vallitessa todennäköisyydet ovat epämääräisempiä ja siten subjektiivisempia. Tässä yhteydessä riskiä ja epävarmuutta käsitellään lähinnä vastakohtana varmuudelle.

Kun toimitaan riskin tai epävarmuuden vallitessa, on erotettava toisistaan:

- valinnat (acts),
- maailmantilat (states of the world) ja
- tulokset tai seuraukset (consequences).

Kun toimitaan riskin tai epävarmuuden vallitessa, niin päätöstilanteessa tehtävän päätöksen seurauksia ei tiedetä varmuudella vielä päätöksentekohetkellä, vaan vasta myöhemmin, sen jälkeen, kun päätös on jo tehty. Tulokset ovat siis seurausta sekä valitusta suunnitelmasta (valinta) että toteutuneesta maailmantilasta.

Valinnat ja niihin liittyvät vaihtoehtoiset tulokset voidaan esittää tulevaisuudenkuvina tai arpoina l (prospect, lottery). Tulevaisuudenkuvaa voidaan nyt verrata arpaan, jolla on tietyt, tunnetut, ”voittomahdollisuudet”. Tällöin valittu arpa l(x) (suunnitelma x) antaa tietyn ”voiton” (tuloksen) $u(a_i)$ tietyllä todennäköisyydellä (p_i) tietystä joukosta (maailmantilat) a_i. Sekä suunnitelmien että maailmantilojen joukot voidaan tässä yhteydessä olettaa äärellisiksi. Valittaviin suunnitelmiin (arpoihin) liittyy kuhunkin joukko (äärellinen) mahdollisia maailmantiloja a_i ja maailmantilaan a_i liittyy tietty (tunnettu) toteutumistodennäköisyys p_i, missä $p_i \geq 0$ ja $\sum p_i = 1$, kun $i = 1,\ldots,n$, ja missä n on valittavaan suunnitelmaan (arpaan) liittyvien mahdollisten maailmatilojen lukumäärä. Ongelmana on siis tulevaisuudenkuvien (arpojen) arviointi ja järjestäminen (preferenssijärjestyksen muodostaminen), jotta voidaan taas valita paras vaihtoehto.

Merkitään tulevaisuudenkuvan muodostamaa arpaa l(x):llä. Jos päätöksentekijän preferenssit täyttävät edellä kuvatut 1) täydellisyyden, 2) transitiivisuuden ja 3) jatkuvuuden ehdot sekä lisäksi joitain tulevaisuudenkuvia kuvaaville arvoille l(x) asetettuja teknisiä ehtoja (Ks. esim. McKenna (1986) s. 21-25), niin päätöksentekijän preferenssejä voidaan taas kuvata jatkuvalla reaaliarvoisella funktiolla v, missä:

$$v(l(x)) = \sum p_i u(a_i), \text{ missä } i = 1,\ldots,n.$$

Edellä n on tulevaisuudenkuvaan l(x) liittyvien maailmatilojen a_i lukumäärä, p_i on maailmantilan a_i toteutumistodennäköisyys ja $u(a_i)$ maailmantilaan a_i liittyvä tulos (hyöty). Hyötyfunktio v toteuttaa ns. odotetun hyödyn hypoteesin (expected utility). Tulevaisuudenkuvan tai arvan l(x) odotettu hyöty saadaan siis kertomalla jokainen maailmantilaan a_i liittyvä lopputulos (hyöty) $u(a_i)$ vastaavan maailmantilan toteutumistodennäköisyydellä p_i ja saadut tulokset lasketaan yhteen. Tällaista hyötyfunktiota kutsutaan von Neumann–Morgenstern hyötyfunktioksi (Ks. von Neumann ja Morgenstern (1947)). Valinnoille voidaan näin laskea odotetut hyödyt tulevaisuudenkuvien (arpojen) odotettuina hyötyinä. Hyötyfunktio v on lineaarista muunnosta vaille yksikäsitteinen ts. jokin muu hyötyfunktio $w(x) = av(x) + b$, missä $a > 0$, kuvaa myös samoja preferenssejä. Preferenssejä kuvataan nyt kardinaaliasteikolla, missä sekä origo että yksikkö ovat mielivaltaisia (vrt. Celsius- ja Fahrenheit-asteikot). Valinta parhaan vaihtoehdon löytämiseksi voidaan siten ratkaista valintojen tuottaman parhaan odotetun hyödyn perusteella. Päätöksentekijä valitsee nyt siis arvan l(x) (tulevaisuudenkuvan) eikä lopputulosta maksimoiden odotettua hyötyä v(l(x)). (Ks. odotettu hyöty: Harsanyi (1977), McKenna (1986) ja Biswas (1997)).

2.3 Hyötyteorian suhde peliteoriaan

Traditionaalisessa hyötyteoriassa tarkastellaan yksittäisen päätöksentekijän käyttäytymistä ja oletetaan, että yksilö tai päätöksentekijä pyrkii valitsemaan kannaltaan parhaan vaihtoehdon ja kykenee tekemään valintansa tai päätöksensä itsenäisesti muista päätöksentekijöistä riippumattomasti. Traditionaalisessa teoriassa rationaalinen käyttäytyminen oletetaan kaiken taloudellisen käyttäytymisen perustaksi.

Edelleen traditionaalisessa teoriassa oletetaan, että päätöksentekijällä on aina kaikki päätöksenteon kannalta tarpeellinen tieto käytettävissään, ts. vallitsee täydellinen informaatio. Tasapaino traditionaalisessa teoriassa määräytyy markkinatasapainona kokonaiskysynnän ja -tarjonnan perusteella eivätkä yksittäiset toimijat voi juurikaan vaikuttaa valinnoillaan tasapainoon eivätkä muiden tekemiin valintoihin. Jos malleihin lisätään epävarmuutta tai satunnaisuutta ts. ei toimita enää täydellisen informaation vallitessa vaan riskin tai epävarmuuden vallitessa, mutta päätöksentekijät toimivat edelleen itsenäisesti eivätkä joudu ottamaan huomioon muiden päätöksentekijöiden tekemiä valintoja, niin tämä johtaa von Neumann–Morgenstern-tyyppiseen hyötytarkasteluun ja varman hyödyn sijaan joudutaan tarkastelemaan odotettua hyötyä.

Sen sijaan, jos päätöksentekijöitä on kaksi tai useampi ja jos päätöksentekijän on otettava huomioon myös muiden päätöksentekijöiden valinnat omaa valintaansa tehdessään, niin silloin päädytään peliteoreettiseen tarkasteluun. Hyötytarkastelu muodostaa myös nyt päätöksenteon perustan ja päätöksentekijän (pelaajan) oletetaan käyttäytyvän rationaalisesti, mutta nyt hänellä on valintavaihtoehtojen (hyötyjoukon) lisäksi joukko strategioita (strategiajoukko), joilla vaihtoehdot voidaan saavuttaa. Tehtävänä on siis löytää paras saavutettavissa oleva lopputulos ottaen huomioon muiden toimijoiden (pelaajien) valinnat, jolloin päädytään Nashin tasapainon mukaiseen tarkasteluun ja ratkaisuun (Nash (1951)).

Tarkastellaan seuraavaksi miten päätöksentekijöiden lukumäärä (pelaajien joukko n) vaikuttaa päätöksentekotilanteen muodostumiseen. Jos päätöksentekijöitä on vain yksi (n = 1), niin päätöksentekijä voi silloin tehdä valintansa muista riippumattomasti. Jos taas päätöksentekijöiden lukumäärä n on suuri, niin silloin lähestytään täydellisen kilpailun olosuhteita eikä yksittäisen päätöksentekijän valinnoilla ole enää vaikutusta muiden päätöksentekijöiden valintoihin eikä tasapainon määräytymiseen. esim. kuluttajan valintateoria ja yrityksen teoria täydellisen kilpailun olosuhteissa.

Jos päätöksentekijöiden joukko on pieni (äärellinen joukko), erikoistapauksena kaksi päätöksentekijää (n = 2), niin silloin yksittäisen päätöksentekijän valinnoilla on vaikutusta sekä muiden päätöksentekijöiden valintoihin että tasapainon määräytymiseen. Muiden päätöksentekijöiden valinnat on siis otettava huomioon omia päätöksiä tehtäessä. Tilanne edellä kuvattuihin valintatilanteisiin nähden muuttuu siten, että nyt täytyy ottaa huomioon myös muiden päätöksentekijöiden valinnat sekä se, että minkälaisina, eri päätöksentekijöiden (kaikkien) tekemien valintojen yhdistelminä, eri valintavaihtoehdot (lopputulokset) voidaan saavuttaa (strategioiden muodostaminen). Tehtävänä on nyt löytää paras saavutettavissa (strategiat) oleva lopputulos (hyöty) ottaen huomioon muiden tekemät valinnat. Huomataan, että päädytään Nashin tasapainon mukaiseen tarkasteluun ja että peliteoreettinen tarkastelu täydentää näin ollen traditionaalista teoriaa sekä duopoli- että oligopoliteorioiden osalta.

Jos sekä hyötyjoukkoa että strategiajoukkoa voidaan kuvata jatkuvalla reaaliarvoisella funktiolla, niin tehtävä voidaan ratkaista matemaattisesti samaan tapaan kuin traditionaalisen hyötytarkastelun tapauksessa, jossa hyötyfunktio on jatkuva ja reaaliarvoinen. Esim. teollisen organisaation mallit, joissa sekä strategiajoukot että hyötyjoukot ovat jatkuvia ja reaaliarvoisia.

Huomataan siis, että peliteoreettisen hyötytarkastelun avulla, voidaan päätyä (johtaa) traditionaaliseen hyötytarkasteluun, kun pelaajien joukko n = 1, tai n lähestyy ääretöntä, jolloin strategioiden merkitys vähenee (ja häviää). Edelleen, jos toimitaan varmuuden vallitessa, niin päädytään traditionaaliseen hyötytarkasteluun. Traditionaalinen teoria voidaan siis itse asiassa nähdä peliteorian osana, tai sisältyvän siihen. Lisäksi voidaan vielä todeta, että jos ajatellaan, että peliteoria nähtäisiin vain vaihtoehtona traditionaaliselle teorialle tai että peliteorialla voitaisiin jopa korvata traditionaalinen teoria, niin joudutaan hieman harhapoluille. Mutta kun havaitaan, että peliteoria laajentaa ja täydentää traditionaalista teoriaa, niin silloin päästään paljon hedelmällisempään lopputulokseen. (Ks. myös Arrow ja Honkapohja (1985)).

3 PELITEORIAA

3.1 Yleistä

Tässä luvussa tarkastellaan ei-yhteistyöpeliteoriaa (noncooperative game theory). Ei-yhteistyöpeleissä pelin osapuolten ei siis ole mahdollista tehdä keskenään sitovia sopimuksia. Tämän lisäksi oletetaan, että vallitsee täydellinen informaatio (complete information). Täydellisen informaation vallitessa pelin kaikki osapuolet tietävät kaiken oleellisen pelin eri osapuolista (pelaajien joukosta ja pelaajien lukumäärästä), pelin säännöistä ja kunkin pelaajan käytössä olevista valinnoista (strategiajoukoista) sekä pelin mahdollisista lopputuloksista (pelaajien tekemien valintojen yhdistelmät) että niihin liittyvistä kunkin pelaajan saamasta hyödystä (pelin hyödyt/voitot). Edelleen oletetaan, että pelaajat käyttäytyvät rationaalisesti. Rationaalinen käyttäytyminen edellyttää, että pelin eri osapuolet kykenevät vertailemaan saavutettavissa olevia mahdollisia pelin eri lopputuloksiin liittyviä hyötyjä keskenään sekä pyrkivät saavuttamaan niistä omalta kannaltaan parhaan mahdollisen lopputuloksen.

Pelit voidaan periaatteessa esittää kahdella eri tavalla joko normaalimuodossa (normal form games) tai ekstensiivisessä muodossa (extensive form games). Normaalimuodon esitystapaa käytetään yleisimmin peleissä, joissa pelaajat voivat tehdä vain yhden valinnan ja valinta suoritetaan samanaikaisesti (simultaanisesti) eivätkä pelaajat voi havaita vastapelaajien valintoja ennen kuin ovat oman valintansa tehneet. Ekstensiivisen muodon esitystapaa voidaan käyttää sekä yhden periodin simultaanisissa peleissä että useamman periodin dynaamisissa peleissä, joissa pelaajat voivat tehdä valintoja eri periodeilla ja joissa pelaajilla voi olla yksi tai useampi valintavuoro pelin kuluessa. Ratkaisukäsitteinä esitetään normaalimuodon peleille Nashin tasapaino (Nash 1951) ja ekstensiivisen muodon peleille osapelitäydellinen tasapaino (Selten 1965). Lisäksi tarkastellaan lyhyesti täydellistä tasapainoa (Selten 1975) ja sekventiaalista tasapainoa (Kreps ja Wilson 1982). Kuhunkin tasapainokäsitteeseen liittyen esitetään tasapainokäsitettä havainnollistavia esimerkkejä. Tämän lisäksi tarkastellaan tasapainokäsitteisiin liittyvää problematiikkaa ja esitetään ongelmia kuvaavia havaintoesimerkkejä. Luku perustuu pääosin lähteisiin Friedman (1990) ja Tirole (1990).

3.2 Normaalimuodon esitystapa ja Nashin tasapaino

Peli siis esittää kilpailu- tai ristiriitatilannetta kahden tai useamman osanottajan tai pelaajan (player) kesken. Pelaajilla voi olla ääretön tai äärellinen joukko toimintamahdollisuuksia eli strategioita (strategy), joita pelaajat voivat valita pelisääntöjen puitteissa. Pelin lopputulokset (saadut hyödyt/voitot) voidaan kuvata hyötyfunktion (payoff function) avulla. Peli voi olla puhdas kilpailutilanne (noncooperative game) tai pelaajien välillä voi olla yhteistyötä (cooperative game). Seuraavassa tarkastellaan vain ei-yhteistyöpelejä, joissa kullakin pelaajalla on vain yksi valintavuoro ja valinnat tehdään samanaikaisesti (simultaanisesti), jolloin pelaajat eivät voi havaita vastapelaajien valintoja ennen kuin ovat oman valintansa tehneet.

Player 2 Player 1	*F*	*C*
F	−2,−2	3,−3
C	−3,3	2,2

Kuvio 3.1. Vangin ongelma. (Ks. Tirole (1990) s. 426).

<u>Esim. 3.1.</u> Tarkastellaan esimerkkinä peleistä lyhyesti traditionaalista vangin ongelmaa, ks. kuvio 3.1. Siinä peli on esitetty normaalimuodossa (normal form). Peli kestää vain yhden periodin, jolloin kumpikin pelaaja voi tehdä vain yhden valinnan ja valinta tehdään simultaanisesti (samanaikaisesti). Strategia (F) on selvästi dominoiva strategia kummankin pelaajan kannalta, joten (F,F) on ainoa mahdollinen lopputulos. Tekemällä yhteistyötä pelaajat voisivat saavuttaa paljon paremman lopputuloksen (C,C), mutta tässä esimerkissä yhteistyö ei ole mahdollista. (Ks. Tirole (1990) s. 426).

Edellä esimerkissä 3.1. ratkaisu löydettiin eliminoimalla ei-dominoivia strategioita. Tällä tavoin myös mahdollisten strategioiden joukkoa voidaan karsia. Valitettavasti se ei aina johda tasapainoratkaisun löytymiseen. Tällaisissa tapauksissa Nashin tasapaino johtaa tasapainoratkaisun löytymiseen lievemmin ehdoin. Määritellään Nashin tasapaino (NTP) seuraavasti:

<u>Määr. 3.1.</u> Peli $G(A_i, u_i; i=1\ldots n)$ on normaalimuodossa, jos

1) pelaajien lukumäärä on n ja $i = 1,\ldots,n$.
2) jokaisen pelaajan i strategia a_i kuuluu joukkoon A_i ja strategiayhdistelmä $a = (a_1,\ldots,a_n)$ on pelin mahdollinen lopputulos (outcome), joka kuuluu joukkoon $A = A_1 \text{ x}\ldots\text{x } A_n$.
3) jokaisella pelaajalla i on hyötyfunktio u_i (payoff function), joka on $u_i : A_1 \text{ x}\ldots\text{x } A_n \rightarrow R$ (kuvaus reaalilukujen joukkoon) ja $u_i(a)$ kuvaa pelaajan i saamaa hyötyä pelin lopputuloksesta a.

<u>Määr. 3.2.</u> Strategiayhdistelmä (a_i^*), missä $i = 1,\ldots,n$ ja n on pelaajien lukumäärä ja missä kunkin pelaajan i strategia a_i kuuluu joukkoon A_i on Nashin tasapaino, jos

$$(3.1) \qquad u_i(a_i^*,a_{-i}^*) \geq u_i(a_i,a_{-i}^*) ,$$

missä u_i on pelaajan i hyötyfunktio. Strategiayhdistelmä

$$(3.2) \qquad a_{-i}^*=(a_i^*,\ldots,a_{i-1}^*,a_{i+1}^*,\ldots,a_n^*)$$

on muiden pelaajien strategiayhdistelmä, kun oletetaan, että muut pelaajat valitsevat tasapainoratkaisun mukaisen strategian. (Ks. Tirole (1990) s. 427 ja Shy (1997) s. 13).

Nashin tasapaino on siis strategiayhdistelmä, jossa jokaisen pelaajan kannattaa pitäytyä ottaen huomioon muiden pelaajien valinnat. Jos siis oletetaan, että muut pelaajat valitsevat Nashin tasapainon mukaiset strategiat, niin silloin kenenkään ei kannata poiketa tästä strategiasta. Nash (1951) osoitti, että jos kullakin pelaajalla on käytössään vain äärellinen määrä puhtaita strategioita, niin silloin on aina löydettävissä NTP. Puhtaita strategioita käyttäen ei tasapainoa välttämättä aina silloinkaan löydy, mutta sekastrategioita käyttäen tasapaino on aina löydettävissä. (Ks. Tirole (1990) s. 427).

Kun edellä tarkasteltiin pelaajien valintavaihtoehtoja, niin nämä olivat esimerkkejä puhtaista strategioista (pure strategies). Puhdas strategia on siis valintavaihtoehto, jossa pelaaja tekee valinnan varmuudella. Muodostamalla todennäköisyysjakauma valintojen yli (puhtaat strategiat) voidaan matemaattinen ratkaisu aina löytää, vaikka tasapainoratkaisua puhtaissa strategioissa ei olisikaan löydettävissä. Puhdas strategia on itse asiassa seka-strategian (mixed strategy) erikoistapaus, missä todennäköisyys p on joko 0 tai 1. Termiä sekastrategia käytetään yleensä normaalimuodon pelien yhteydessä. Käytettäessä seka-strategioita on hyötyfunktioiden oltava vNM-tyyppisiä.. Valitettavasti Nashin tasapaino ei aina myöskään tarjoa yksikäsitteistä ratkaisua vaan tasapainoja voi olla useita. (Ks. Tirole (1990) s. 424).

<u>Esim. 3.2.</u> Tarkastellaan seuraavana esimerkkinä tilannetta, jossa tasapainoja on useita ja jossa yksi tasapaino perustuu sekastrategioihin (mixed strategy), ks. kuvio 3.2.

Player 1 \ Player 2	M	P
M	3,2	1,1
P	1,1	2,3

Kuvio 3.2. Battle of the sexes. (Ks. Tirole (1990) s. 427).

Selvästi (M,M) ja (P,P) ovat Nashin tasapainoja puhtaissa strategioissa. Näiden lisäksi on löydettävissä vielä yksi NTP käyttäen sekastrategioita, missä pelaaja 1 valitsee M:n tn:llä p = 0.67 ja P:n tn:llä (1-p) = 0.33. Samoin pelaaja 2 valitsee P:n tn:llä p = 0.67 ja M:n tn:llä (1-p) = 0.33. Tässä tilanteessa ei ole selvää mikä NTP tulisi valita, sillä mikään tasapainoista ei ole selvästi muita parempi. Ajatusta voisi kehitellä eteenpäin, mutta tässä tarkastelussa rajoituttiin vain yhden periodin peliin. (Ks. Tirole (1990) s. 427).

Tarkastellaan seuraavaksi vielä tilannetta, jossa sekä strategiajoukot että hyötyfunktiot voivat olla jatkuvia ja reaaliarvoisia.

<u>Esim. 3.3.</u> Tarkastellaan Bertrand-tyyppistä duopolia. Siinä kilpailua käydään hinta-kilpailuna ja markkinoilla on kaksi suurin piirtein tasavahvaa yritystä. Yritysten tuotteet ovat samankaltaisia, erot voivat olla todellisia tai kuviteltuja (yrityksethän pyrkivät differoimaan tuotteitaan vrt. tuotedifferointi ja markkinointiviestintä). Kilpailua käydään siis hintakilpailuna, jolloin strategioina ovat hinnat p_i, missä

$a_i = p_i$ ja kuuluvat strategiajoukkoon A_i, joka on jatkuva ja reaaliarvoinen, missä $i = 1,2$. Yrityksen i kysyntäfunktio on

$$q_i = D_i(p_i,p_j) = 1 - bp_i + dp_j \,, \text{ missä } 0 \le d \le b \text{ ja } i \neq j.$$

Jos yrityksen i yksikkötuotantokustannus on $c_i = c$, niin voittofunktio on

$$\prod_i = (p_i - c)(1 - bp_i + dp_j) \,, \text{ missä } i = 1,2 \,, j = 1,2 \text{ ja } i \neq j.$$

Yrityksen i voittofunktio $\prod_i$ on myös jatkuva ja reaaliarvoinen. Nyt siitä voidaan ratkaista markkinoiden tasapainohinnat p_i ja ensimmäisen kertaluvun ehdoksi saadaan:

$$1 + dp_j + bc - 2bp_i = 0 \,, \text{ missä } i = 1,2 \text{ ja } i \neq j.$$

Lisäksi toisen kertaluvun ehto on $-2b < 0$, joten voittofunktio on konkaavi p_i:n suhteen. Nashin tasapaino puhtaissa strategioissa on siis yksikäsitteinen (ja symmetrinen):

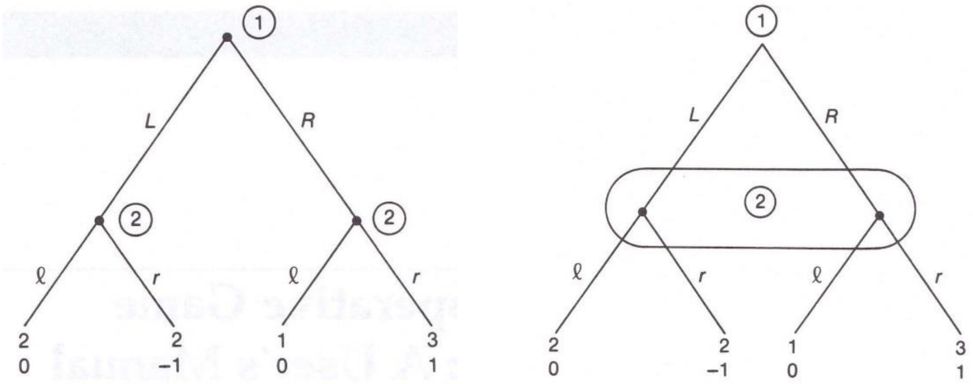
$$p_1^* = p_2^* = (1 + bc)/(2b - d) \,,$$

kun yritysten kustannusrakenne on myös samankaltainen, ts. $c_1 = c_2 = c$. Tasapaino on ns. Bertrand-Nash tasapaino (BNTP). (Ks. Tirole (1990) s. 428).

Lopuksi Nashin tasapainosta voidaan vielä todeta, että NTP on tasapainokäsite, jonka avulla löydettyjä ratkaisuja voidaan arvioida ts. täyttävätkö ne tasapainolle asetetut ehdot. Myös eliminoimalla ei-dominoivia strategioita voidaan lopputulosten joukkoa karsia. Valitettavasti se ei kuitenkaan tarjoa ratkaisumenetelmää tasapainon löytämiseksi. Simultaanipeleissä, joissa strategiajoukot ovat äärellisiä, voidaan lopputuloksia vertailemalla löytää tasapainoja, joista kenenkään ei kannata poiketa. NTP ei myöskään ole aina yksikäsitteinen, vaan ehdot täyttäviä tasapainoja voi olla useita. Jos sen sijaan sekä strategiajoukot että hyötyfunktiot ovat jatkuvia ja reaaliarvoisia, niin silloin perinteisillä optimointimenetelmillä voidaan tehtävä yleensä aina ratkaista.

3.3 Pelien esitystapa ja informaatiorakenne

Pelit voidaan yleisesti esittää kahdella eri tavalla joko ekstensiivisessä muodossa tai normaalimuodossa. Peli ekstensiivisessä muodossa esitetään pelipuuna (game tree), jossa puu ja sen solmut kuvaavat pelaajien siirto- tai valintajärjestystä. Puun solmu kuvaa pelaajan informaatiojoukkoa, kun pelaajalla on siirto- tai valintavuoro ko. solmussa ja mitä valintavaihtoehtoja tai strategioita pelaajalla on käytettävissään siinä. Pelin ekstensiivisen muodon esitystavassa määritellään siis pelin siirto- tai valintajärjestys sekä pelaajien käytettävissä oleva informaatio ja valintavaihtoehdot kunkin pelaajan osalta, silloin kun tällä on valintavuoro. Pelipuun jokainen solmu kuuluu johonkin pelaajien informaatiojoukkoon. Pelaajan informaatiojoukko voi sisältää yhden tai useamman solmun. Peli alkaa ylhäältä puun alkusolmusta (juuresta). Puun lehtisolmuissa (puun alaosassa) määritellään pelin mahdolliset lopputulokset (pelaajien tekemien valintojen mahdolliset yhdistelmät) ja niihin liittyvät kunkin pelaajan saamat hyödyt. Edelleen ekstensiivisen muodon esitystavassa voidaan määritellä mahdollinen todennäköisyysjakauma myös ”luonnon” tekemälle valinnalle, jos tällainen mahdollisuus on olemassa.



Kuvio 3.3. ja Kuvio 3.4. (Ks. Tirole (1990) s. 424).

Player 2 / Player 1	$a_2^1 = \ell$	$a_2^2 = r$
$a_1^1 = L$	2,0	2,−1
$a_1^2 = R$	1,0	3,1

Kuvio 3.5. Kuvion 3.4. peli normaalimuodossa. (Ks. Tirole (1990) s. 425).

<u>Esim. 3.4.</u> Kuvion 3.4. peli on yhden periodin simultaaninen peli. Pelaajan 2 informaatiojoukkoa kuvaava ovaalisolmu kuvaa tätä ominaisuutta, että pelaaja 2 ei tiedä pelaajan 1 valintaa ennen omaa valintaansa (pelaajan 2 informaatiojoukko sisältää kaksi solmua). Peli kuviossa 33. esittää kahden pelaajan dynaamista peliä, jossa on kaksi periodia. Periodilla t=1 pelaajalla 1 on valintavuoro ja periodilla t=2 pelaajalla 2 on valintavuoro ja hän voi havaita pelaajan 1 periodilla t=1 tekemän valinnan ja ottaa sen huomioon tehdessään omaa valintaansa. (Ks. Tirole (1990) s. 423-425).

Tarkastellaan seuraavaksi pelien informaatiorakennetta. Oletimme, että vallitsee täydellinen informaatio, ts. pelin informaatiorakenne on pelin kaikkien osapuolten tiedossa.

Määr. 3.3. Pelissä vallitsee täydellinen informaatio (complete information), jos kaikki pelaajat tietävät:

1) pelaajien joukon ja pelaajien lukumäärän,
2) pelin säännöt ja kunkin pelaajan käytössä olevat valinnat (strategiajoukot) ja
3) pelin mahdolliset lopputulokset sekä niihin liittyvät kunkin pelaajan saamat hyödyt/voitot.

Muutoin pelissä vallitsee epätäydellinen informaatio (incomplete information).

Tarkastellaan vielä toista informaatiokäsitettä, joka liittyy pelin kulkuun ja pelaajien tekemiin valintoihin.

Määr. 3.4. Pelissä vallitsee perfect-tyyppinen täydellinen informaatio (perfect information), jos kaikki pelin informaatiojoukot ovat singletoneja, ts. koostuvat vain yhdestä solmusta. Muutoin vallitsee imperfect-tyyppinen epätäydellinen informaatio (imperfect information).

Kun pelissä vallitsee perfect-tyyppinen informaatio, tämä tarkoittaa sitä, että kukin pelaaja tietää aina missä pelipuun solmussa hän on, kun tulee hänen valintavuoronsa ja mitä valintoja on tehty aiemmin pelin kuluessa ennen tätä solmua. Kuvion 3.3. pelissä vallitsee perfect-tyyppinen informaatio ja kuvion 3.4. pelissä vallitsee imperfect-tyyppinen informaatio. On huomattava, että pelissä voi silti vallita täydellinen informaatio, vaikka siinä ei vallitsekaan perfect-tyyppinen informaatio.

3.4 Osapelitäydellinen tasapaino

Jatketaan vielä esim. 3.4. tarkastelua. Kuvion 3.4. pelissä on löydettävissä kaksi Nashin tasapainoa, jotka ovat (L,l) ja (R,r), ja ne molemmat vaikuttavat järkeviltä. NTP (3,1) tosin on hieman parempi kummankin pelaajan kannalta kuin NTP (2,0). Kuvion 3.3. peli eroaa kuvion 3.4. simultaanisesta pelistä siinä, että nyt pelaaja 2 havaitsee pelaajan 1 valinnan ennen kuin tekee oman valintansa. Pelissä on edelleen löydettävissä kaksi Nashin tasapainoa (L,l) ja (R,r), mutta osoittautuu, että vain toista niistä voidaan enää pitää järkevänä. (Ks. Tirole (1990) s. 423-425).

Peleissä, joissa kaikki pelaajat voivat valita vain kerran ja valinnat suoritetaan simultaanisesti, vastapelaajien strategiat oletetaan annetuiksi eikä ajatella, että niihin voitaisiin vaikuttaa. Tällöin Nashin tasapaino on sopiva ratkaisukäsite ja löydetyt tasapainot ovat pääsääntöisesti järkeviä. Sen sijaan dynaamisissa peleissä Nashin tasapaino osoittautuu liian heikoksi ratkaisukäsitteeksi ja voi jopa johtaa tietyissä tilanteissa järjen vastaisiin ratkaisuihin. Nashin tasapainossa oletetaan, että jokaisen pelaajan kannattaa pitäytyä tasapainostrategiassa, kun oletetaan, että muutkin pelaajat tekevät niin. Siinä ei oteta huomioon sitä, että strategioihin voidaan vaikuttaa. Tämä voi johtaa tasapainoihin, jotka eivät ole järkeviä ja joita voidaan ylläpitää vain uhkauksin. Nashin tasapainossa on mahdollista esittää tällaisia uhkauksia, sillä tasapainokäsite ei vaadi, että pelaajat käyttäisivät parhaita vastauksiaan niissä informaatiojoukoissa, joita ei saavuteta jollain positiivisella todennäköisyydellä, kun ko. tasapainoa pelataan.

Tarkastellaan kuvion 3.3. pelin tasapainoa (L,l). Nyt pelaaja 2 voi esittää uhkauksen, että valitsee l:n, jos pelaaja 1 valitsee jotain muuta kuin L:n, jolloin pelaaja 1 joutuu valitsemaan L:n. Tasapainoa (L,l) voidaan siis pitää yllä vain uhkauksen avulla. Edellä todettiin, että NTP (R,r) on kummankin pelaajan kannalta parempi kuin NTP (L,l). Jos pelaaja 1 valitseekin R:n uhkauksesta huolimatta, osoittautuu, että pelaajan 2 ei kannata enää toteuttaa uhkaustaan, vaan valita r:n, josta hän saa suuremman hyödyn. Tämän vuoksi pelaajan 2 uhkaus ei ole uskottava eikä sitä todellisessa tilanteessa toteutettaisi.

Nashin tasapaino dynaamisissa peleissä ei siis ole riittävän vahva tasapainokäsite, jotta sen avulla voitaisiin karsia löydettyjen tasapainojen joukosta pois vähemmän järkeviä tasapainoja. Esitellään seuraavaksi osapelitäydellinen tasapaino (Selten 1965). Määritellään aluksi osapelien käsite dynaamisille peleille. Pelin osapeli (subgame) on alkuperäisen pelin osajoukko. Osapeli voi alkaa vain sellaisesta informaatiojoukosta, joka sisältää ainoastaan yhden solmun. Osapeli sisältää kaikki alkusolmua seuraavat solmut aina lehtisolmuihin asti. Osapelin kaikille informaatiojoukoille pätee, että ne kuuluvat joko kokonaan osapuuhun tai sitten niillä ei ole yhtään solmua ko. osapuussa. Pelipuu itse on myös osapuu. Aito osapeli voi siis alkaa vain puun juurisolmua seuraavista solmuista. Kuvion 3.3. pelissä on löydettävissä kolme osapeliä. Yksi niistä on peli itse, kaksi muuta ovat aitoja osapelejä, jotka alkavat pelaajan 2 kummastakin informaatiojoukosta. Pelaajalla 2 on siis periodilla 2 kaksi informaatiojoukkoa, jotka kummatkin sisältävät vain yhden solmun ja joista kumpikin on osapelin alkusolmu.

Osapelitäydellinen tasapaino (OTP) on löydettävissä seuraavalla menetelmällä. Jaetaan peli ensin osapeleihin niin ettei muita osapelejä enää löydy. Ratkaistaan seuraavaksi Nashin tasapainot kaikissa niissä osapeleissä, jotka eivät sisällä muita osapelejä. Tämän jälkeen korvataan ko. osapelit päätesolmuilla (puun lehtisolmuilla), joissa pelaajat saavat vastaavan NTP:n mukaiset hyödyt. Sen jälkeen ratkaistaan NTP:t niissä osapeleissä, jotka em. tavalla muutetussa pelipuussa eivät enää sisällä muita osapelejä jne. Lopuksi ratkaistaan NTP alkuperäisessä pelissä. Näin on löydettävissä pelille osapelitäydellinen tasapaino OTP.

Ratkaistaan nyt kuvion 3.3. peli. Kuten edellä jo todettiin, pelissä on kaksi aitoa osapeliä. Ratkaistaan niissä NTP:t. Valintavuoro on pelaajalla 2 kummassakin osapelissä. Vasemmanpuoleisessa osapelissä pelaajan 2 kannattaa valita l (0>-1) ja oikeanpuoleisessa r (1>0). Korvataan seuraavaksi pelaajan 2 informaatiojoukot löydettyjen NTP:n mukaisilla päätesolmuilla ja hyödyillä. Sen jälkeen ratkaistaan NTP jäljelle jääneessä osapelissä (peli itse). Valintavuoro on pelaajalla 1 ja hänen kannattaa valita jäljelle jääneistä vaihtoehdoista R (3>2). Näin alkuperäiselle pelille löydettiin yksikäsitteinen OTP, (R,r).

Edellä kuvattua ratkaisumenetelmää sanotaan dynaamisen optimoinnin periaatteeksi (DOP), jossa tehtävä ratkaistaan ns. käänteistä induktiota käyttäen ja menetelmä tunnetaan Kuhnin algoritmina (Kuhn 1953). Nyt voidaan osapelitäydellinen tasapaino määritellä seuraavasti:

Määr. 3.5. Strategiayhdistelmä a^* pelissä Γ on osapelitäydellinen tasapaino (OTP), jos a^* rajoitettuna mv. osapeliin Γ_x on Nashin tasapaino ko. osapelissä.

Ratkaisu (OTP) on myös aina löydettävissä, sillä jokaiselle osapelille erikseen on aina löydettävissä Nashin teoreeman mukaan NTP.

OTP kuvaa siis rationaalista käyttäytymistä kaikissa osapeleissä, mukaan lukien nekin, joita ei ko. tasapainoa pelattaessa saavuteta. Pelaajat käyttävät aina parhaita vastauksiaan (maksimoivat hyötyään) jokaisessa osapelissä (valitsevat NTP:n) riippumatta siitä saavutetaanko ko. informaatiojoukkoa.

Esim. 3.5. Jatketaan edeltä esim. 3.3. tarkastelua, mutta nyt peli kestää kaksi periodia. Siinä kilpailua käydään edelleen hintakilpailuna ja markkinoilla on kaksi yritystä, mutta nyt yritys 2 havaitsee kilpailevan yrityksen (yritys 1) hinnan ennen kuin asettaa oman hintansa. Yrityksellä 1 on valintavuoro periodilla 1 ja yrityksellä 2 on periodilla 2 sen jälkeen, kun yritys 1 on valintansa tehnyt ja yritys 2 havaitsee sen (yrityksen 1 valinnan) ennen omaa valintaansa. Käänteisen induktion logiikka edellyttää, että yritys 1 ennakoi, että yritys 2 reagoi optimaalisesti mihin tahansa yrityksen 1 valitsemaan hintaan p_1. Yritys 1 joutuu siis ratkaisemaan ensin yrityksen 2 optimointiongelman periodilla 2 ennen kuin voi ratkaista omansa periodilla 1. Tietäen hinnan p_1 yritys 2 siis maksimoi voittonsa:

$$\Pi_2 = (p_2 - c)(1 - bp_2 + dp_1) \text{, josta saadaan}$$

$$p_2 = R_2(p_1) = (1 + dp_1 + bc)/2b \text{,}$$

missä R_2 tarkoittaa yrityksen 2 reaktiota (optimaalista) yrityksen 1 valintaan p_1. Nyt sen perusteella yritys 1 voi maksimoida voittonsa

$$\Pi_1 = (p_1 - c)[1 - bp_1 + dR_2(p_1)] \text{,}$$

joka ottaa huomioon hinnan p_1 vaikutukset hintaan p_2. Ratkaisuksi saadaan siis

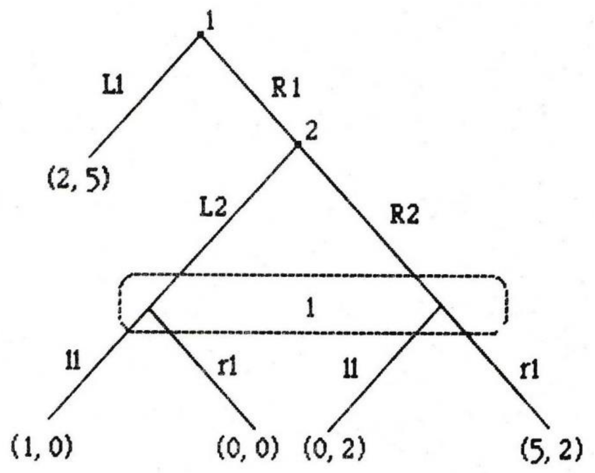
$$p_1^* = [(2b + d)(1 + bc) - d^2c]/(4b^2 - 2d^2) \text{ ja}$$

$$p_2^* = R_2(p_1^*).$$

Hinnat ovat nyt korkeammat kahden periodin pelissä kuin simultaanipelissä edellä esimerkissä 3.3. (Ks. Tirole (1990) s. 430).

Pelaajan i puhdas strategia spesifioi yhden valinnan kuhunkin pelaajan i informaatiojoukkoon. Sekastrategia on todennäköisyysjakauma puhtaiden strategioiden yli. Termiä sekastrategia käytetään normaalimuodon pelien yhteydessä. Ekstensiivisen muodon pelien yhteydessä puhutaan käyttäytymisstrategiasta (behaviour strategy). Tällöin pelaajan i käyttäytymisstrategia määrittelee hänen jokaiseen informaatiojoukkoonsa todennäköisyysjakauman kussakin informaatiojoukossa olevien mahdollisten valintojen yli. Sekastrategia satunnaistaa valinnat ennen peliä, käyttäytymisstrategia satunnaistaa valinnat lokaalisti (paikallisesti) kussakin informaatiojoukossa. Kuhn (1953) osoitti, että nämä kaksi esitystapaa ovat ekvivalentit niin kauan kuin jokainen pelaaja missä tahansa informaatiojoukossaan ollessaan tietää sen mitä on tiennyt pelin aikaisemmissa vaiheissa edellisillä periodeilla puun edeltävissä solmuissa ollessaan.

<u>Esim. 3.6.</u> Tarkastellaan seuraavaksi kuvion 3.6. peliä, jossa vallitsee imperfect-tyyppinen informaatio. Pelissä on kaksi periodia. Aluksi pelaaja 1 voi valita joko L1:n tai R1:n. Jos pelaaja 1 valitsee R1:n, on myös pelaajalla 2 mahdollisuus tehdä valinta ja pelaaja 1 voi tehdä vielä toisen valinnan. Valinnat tehdään simultaanisesti jolloin pelaaja 1 tehdessään toista valintaansa ei tiedä pelaajan 2 valintaa ennen omaansa. Tarkastellaan strategioita ko. pelissä. Pelaajan 1 puhtaat strategiat ovat (R1, l1) ja (R1, r1). Käyttäytymisstra-

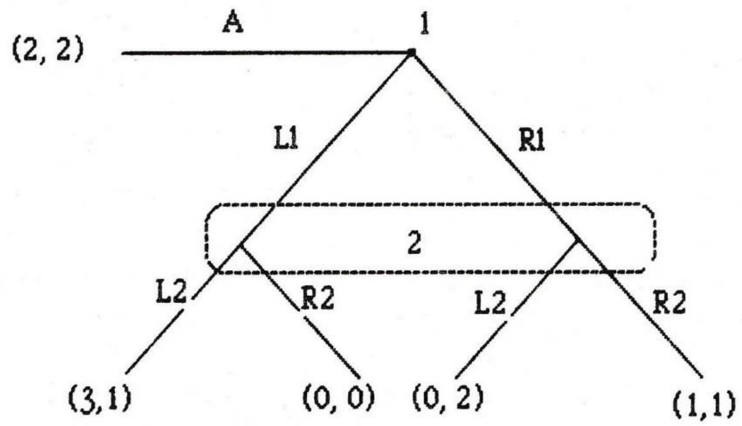


Kuvio 3.6. Esim. 3.6. (Ks. v. Damme (1991) s. 6).

tegia, kun pelaaja 1 satunnaistaa valintansa tässä informaatiojoukossa, joka sisältää kaksi solmua, on esim. (R1, l1 tn:llä p ja r1 tn:llä 1–p). Imperfect-tyyppisen informaation peleissä voidaan tasapaino löytää periaatteessa samalla tavoin kuin perfect-tyyppisen informaation peleissäkin. Jaetaan peli aluksi osapeleihin. Osapelin määritelmä edellyttää, että kaikki informaatiojoukot, joihin kuuluu solmuja osapelistä, kuuluvat kokonaisuudessaan ko. osapeliin. Kuvion 3.6. pelissä on siten kaksi osapeliä: peli itse sekä solmusta 2 alkava osapeli. Pelaajan 1 alemmasta informaatiojoukosta alkavat puun haarat eivät muodosta osapeliä. Tarkastellaan pelin ainoaa solmusta 2 alkavaa osapeliä ja ratkaistaan siitä Nashin tasapaino. Pelaajan 2 kannattaa nyt valita R2, josta hän saa varmuudella suuremman hyödyn 2 kuin valitsemalla L2:n 0. Pelaajan 1 kannattaa valita r1, josta hän saa suuremman hyödyn 5 kuin valinnasta l1 saatava hyöty 1. Osapelin NTP on siten (r1, R2). Ensimmäisellä periodilla pelaajan 1 kannattaa valita R1, josta hän saa nyt suuremman hyödyn 5 kuin valinnasta L1 saatava hyöty 2. Koko pelin NTP on siis (R1, r1; R2), joka on myös pelin osapelitäydellinen tasapaino OTP. (Ks. v. Damme (1991) s. 6-7).

3.5 Ongelmia ja parannusehdotuksia

Kun pelissä Γ pelataan osapelitäydellisen tasapainon OTP mukaista tasapainoa a*, niin pelin kulku ja pelaajien käyttäytyminen on jäljitettävissä osapelien kautta tasapainosta a* pelin alkuun. Tällöin osa pelaajien informaatiojoukoista saavutetaan jollain positiivisella todennäköisyydellä, mutta toisia ei saavuteta, ts. ne saavutetaan nolla-todennäköisyydellä. Pelin strategiat määrittelevät kuinka pelaajat käyttäytyvät eri informaatiojoukoissaan silloin, kun heillä on valintavuoro niissä ollessaan mukaan lukien nekin, joita ei saavuteta. Pelin tasapaino a* määrittää pelin kulun (equilibrium play) niissä osapeleissä, jotka saavutetaan pelattaessa tasapainoa a*. Mutta sen ei tarvitse määrittää tasapainopeliä osapeleissä, joita ei saavuteta. Tällöin on mahdollista, että osapeleihin, joita ei saavuteta, liittyvät strategiat a ja käyttäytyminen voivat vaikuttaa tasapainostrategiaan a*. Tämä mahdollistaa sen, että pelaajat voivat esittää uhkauksia toisille pelaajille liittyen osapeleihin, joita ei tasapainoa a* pelattaessa saavuteta. Koska silloin ei pelattaisi tasapainon OTP mukaista peliä, niin tämän kaltaiset uhkaukset eivät yleensä ole kovin uskottavia. Osapelitäydellinen tasapaino vaatii, että pelataan Nashin tasapainon mukaista peliä kaikissa osapeleissä riippumatta siitä saavutetaanko niitä vai ei. Osapelitäydellinen tasapaino on yleensä riittävä, kun pelin informaatiorakenne on perfect-tyyppistä. Vaikka osapelitäydellinen tasapaino sulkeekin pois osan vähemmän järkevistä Nashin tasapainoista, se ei kuitenkaan pysty sulkemaan pois niitä kaikkia. Tämä käy ilmi, kun pelin informaatio on imperfect-tyyppistä. Tarkastellaan esimerkkinä kuvion 3.7. peliä. (Ks. Friedman (1990) s. 45).



Kuvio 3.7. Esim.3.7. (Ks. v. Damme (1991) s. 9).

Esim. 3.7. Tarkastellaan kuvion 3.7. peliä. Siinä on kaksi pelaajaa. Peli kestää vain yhden periodin ja siinä vallitsee imperfect-tyyppinen informaatio. Valinnat tehdään siis simultaanisesti. Pelin ainoa osapeli on peli itse, jolloin kaikki löydetyt Nashin tasapainot ovat myös osapelitäydellisiä OTP, kuten esim. tasapaino (A, R2). Havaitsemme kuitenkin, että tasapaino (A, R2) perustuu pelaajan 2 kestämättömään uhkaukseen, että jos hänen informaatiojoukkonsa saavutetaan, hän valitsee R2:n. Kuitenkin pelaajan 2 ainoa järkevä (rationaalinen) valinta on L2, sillä valitsemalla L2:n voi pelaaja 2 saada aina suuremman hyödyn kuin valitsemalla R2:n, sillä informaatiojoukon kummassakin solmussa valitsemalla L2:n pelaajan 2 saamat hyödyt ovat (1>0) ja (2>1). Tietäen tämän pelaajan 1 kannattaa valita L1, sillä pelaajan 1 hyöty valinnasta L1 (kun pelaajan 2 järkevä valinta on L2) on suurempi kuin valinnasta A (3>2) saatava hyöty. Näin ollen pelin ainoa järkevä tasapaino on (L1, L2). (Ks. v. Damme (1991) s. 9-10).

Osapelitäydellisen tasapainon ongelma johtuu siitä, että se voi kuvata irrationaalista käyttäytymistä pelipuun Γ sellaisissa poluissa tai osapeleissä, joita ei saavuteta tasapainoa a* pelattaessa. Jos edellä esimerkissä pelataan tasapainoa (A, R2), niin pelaajan 2 informaatiojoukkoa ei saavuteta. OTP ei siis poista epäuskottavia uhkauksia, ts. sellaisia uhkauksia, joita ei kuitenkaan toteutettaisi, jos pelissä joudutaan ko. informaatiojoukkoon, riittävän tehokkaasti imperfect-tyyppisen informaation peleissä.

Tarkastellaan seuraavaksi lyhyesti täydellistä tasapainoa PE (perfect equilibrium, Selten 1975). Siinä ideana on, että pelaajat voivat pienellä todennäköisyydellä tehdä virheitä. Virhettä voi verrata puhelinnumeron valintaan. Vaikka oikea numero onkin tiedossa, voi silti tehdä virheen ja valita väärän numeron. Peli satunnaistetaan kokonaan, jolloin pelipuun jokainen solmu voidaan siten saavuttaa sekastrategioiden avulla jollain positiivisella todennäköisyydellä. Löydetty tasapaino s* on silloin täydellinen tasapaino, koska pelissä ei ole sellaisia informaatiojoukkoja, joita ei voitaisi saavuttaa jollain positiivisella todennäköisyydellä. Satunnaistaminen tehdään liittämällä pelin jokaiseen valintaan pieni virhetodennäköisyys e, jolloin saadaan alkuperäisen pelin häiritty peli (peturbed game). Tasapaino häirityssä pelissä on silloin suunnilleen (approximately) sama kuin alkuperäisessä pelissä, kun virhetodennäköisyydet ovat pieniä. Kun virhetodennäköisyyksien annetaan lähestyä nollaa, niin häirityn pelin tasapainopolun raja-arvona saadaan alkuperäisen pelin täydellinen tasapaino. (Ks. Friedman (1990) s. 45-46).

Edellä esimerkissä 3.7. tasapaino (A, R2) ei ole täydellinen tasapaino, sillä olipa sellaisen virheen todennäköisyys kuinka suuri hyvänsä, että pelaaja 1 valitsee A:n sijaan R1:n tai L1:n, niin pelaajan 2 kannattaa aina valita L2, kuten edellä todettiin. Siten pelin ainoa järkevä tasapaino on (L1, L2), joka on myös pelin täydellinen tasapaino PE.

Matemaattisesti täydellinen tasapaino mallinnetaan siten, että peliä ikään kuin ravistellaan niin, että jokainen pelin informaatiojoukko voidaan saavuttaa vähintään ravistustodennäköisyydellä . Tästä johtuu täydellisen tasapainon nimitys ”vapisevan käden tasapaino” (trembling hand equilibria).

Toinen vaihtoehto osapelitäydellisen tasapainon parantamiseksi on sekventiaalinen tasapaino SE (sequential equilibrium, Kreps ja Wilson 1982). Sekventiaalisessa tasapainossa pelaajat tekevät valintojaan Bayesilaisen päätöksentekoteorian hengessä. Pelaajat muodostavat subjektiiviset todennäköisyydet kaikista valinnoista, joista ovat epävarmoja ja maksimoivat sen jälkeen odotettua hyötyään näiden uskomusten suhteen. Esim. jos joku pelaajista havaitsee joutuneensa sellaiseen informaatiojoukkoon, johon pelattaessa tasapainoa s* ei olisi pitänyt joutua, niin pelaaja pyrkii muodostamaan pelin siihenastisen historian ja päättelemään missä poikkeaminen tasapainosta s* tapahtui. Sen jälkeen hän muodostaa todennäköisyysjakauman ko. informaatiojoukkonsa yli ts. uskomukset informaatiojoukossa ja valitsemaan sitten sellaisen käyttäytymisstrategian, joka maksimoi hänen odotetun hyötynsä näiden uskomusten suhteen olettaen, että loppupelissä pelataan taas alkuperäistä strategiaa s*. (Ks. Friedman (1990) s. 55-56).

Strategiakombinaatio s* on sekventiaalinen tasapaino, jos on olemassa jotkut johdonmukaiset uskomukset kussakin informaatiojoukossa niin, että kunkin pelaajan strategia antaa kussakin informaatiojoukossa valinnan, joka on optimaalinen näiden uskomusten suhteen.

Nyt pelin tasapainon täytyy kuvata strategioiden ohella myös pelaajien uskomukset kussakin informaatiojoukossa siten, että pelaajan strategia, joka alkaa ko. informaatio-joukossa, on optimaalinen suhteessa johonkin arviointiin (informaatiojoukosssa) ja strategioihin kaikkialla muualla pelipuussa. Arvio (assesment) on nyt pari (m, s), joka koostuu uskomusjärjestelmästä m ja käyttäytymisstrategiakombinaatiosta s.

Esim. 3.8. Tarkastellaan edelleen kuvion 3.7. peliä, mutta tehdään siihen pieni muutos. Nyt pelaaja 1 saa valinnasta A hyödyn 3 ja pelaaja 2 edelleen hyödyn 2 (3, 2), muilta osin pelipuu on edelleen samanlainen kuin kuviossa 3.7. Edelleen, jos pelaajalla 2 on valintavuoro informaatiojoukossaan, niin hänen kannattaa valita L2. Nyt pelaajan 1 hyöty valinnasta L1 (kun pelaajan 2 valinta on L2) on yhtä suuri kuin valinnasta A (3=3) saatava hyöty, tosin pelaaja 2 saa nyt suuremman hyödyn pelaajan 1 valinnasta A kuin valinnasta L1 (2>1). Tässä pelissä (A, L2) on nyt pelin täydellinen tasapaino. Sen sijaan sekventiaalinen tasapaino ei aina ole täydellinen tasapaino. Mutta nyt mikä tahansa arvio (m, s) on pelin sekventiaalinen tasapaino, jos se johtaa pelaajan 1 asettamaan todennäköisyyden nolla valinnalle R1 ja pelaajan 2 valitsemaan L2:n sekä uskomuksen, että pelaaja 2 asettaa todennäköisyyden 1 valinnalle L2 informaatiojoukossaan. Tällöin pelaajien käyttäytymisstrategiat ovat: $s^1 = (p, 1–p, 0)$, missä p kuuluu välille $0 \leq p \leq 1$ ja $s^2 = (1, 0)$ sekä uskomus $m^1 = (1, 0)$. (Ks. Friedman (1990) s. 57-58).

Verrattaessa sekventiaalista tasapainoa ja täydellistä tasapainoa, niin näyttäisi nopeasti katsottuna siltä, että sekventiaalinen tasapaino on vain uudelleen kirjoitettu täydellinen tasapaino, koska jokainen täydellinen tasapaino on myös sekventiaalinen tasapaino ja molemmat tasapainot ovat aina myös osapelitäydellisiä. Mutta jokainen sekventiaalinen tasapaino ei kuitenkaan aina ole täydellinen tasapaino, sillä tasapainokäsitteiden määrittely perustuu eri lähtökohtiin. Sekventiaalisessa tasapainossa uskomuksilla on keskeinen rooli, täydellisessä tasapainossa sen sijaan mahdollisilla virhevalinnoilla. Sekventiaalisessa tasapainossa uskomukset on esitetty eksplisiittisesti, jolloin uskomusten järkevyydestä voidaan keskustella ja edelleen tarkentaa sekä uskomuksia että tasapainoa. Sen sijaan ei-yhteistyöpelien tradition mukaisesti täydellisen tasapainon yhteydessä ei puhuta uskomuksista, vaikka selvästi uskomuksilla on kuitenkin implisiittinen rooli myös täydellisen tasapainon kohdalla. (Ks. Friedman (1990) s. 46, 58).

4 EPÄTÄYDELLISEN INFORMAATION PELITEORIAA

4.1 Yleistä

Tässä luvussa tarkastellaan epätäydellisen informaation peliteoriaa. Epätäydellinen informaatio (incomplete information) tarkoittaa siis sitä, että jokin pelin kannalta olennainen tekijä esim. pelaajien lukumäärä, hyötyfunktiot tai strategiajoukot eivät ole kaikkien pelaajien tiedossa. esim. pelaaja i tietää, että hänen hyötyfunktionsa on u_i , mutta pelaaja j ei tiedä sitä varmuudella. Täydellisen informaation vallitessa pelin kaikki osapuolet tietävät kaiken oleellisen pelin osapuolista (pelaajien joukosta), pelin säännöistä ja kunkin pelaajan käytössä olevista valinnoista (strategiajoukoista) sekä pelin mahdollisista lopputuloksista (pelaajien tekemien valintojen yhdistelmät) ja niihin liittyvistä kunkin pelaajan saamista hyödyistä. Epätäydellisen informaation vallitessa mikään edellä mainitusta ei välttämättä enää ole pelin kaikkien osapuolten tiedossa.

Peliteoriassa tehdään ero seuraavien informaatiotyyppien välillä ”imperfect information” ja ”incomplete information”. Ne molemmat kääntyvät suomenkielelle epätäydelliseksi informaatioksi, mutta tarkoittavat kuitenkin eri asiaa.

a) Jos tietämys on tyyppiä ”imperfect”, se tarkoittaa, että pelaajilla ei ole tietoa siitä, mitä valintoja vastapelaajat ovat tehneet aikaisemmin.

b) Jos tietämys on tyyppiä ”incomplete”, se tarkoittaa, että pelaajilla ei ole täsmällistä tietoa kaikista vastapelaajiensa ominaisuuksista.

Informaatiotyyppien välistä eroa kuvaa hyvin seuraava esimerkki. Tarkastellaan yritysten välistä kilpailua tutkimuksessa ja tuotekehityksessä. Yritysten välisessä kilpailussa, jossa yritetään keksiä ja kehittää uusia patentteja, vallitsee incomplete-tyyppinen epätäydellinen informaatio, silloin, kun yritykset eivät tiedä kilpailijoidensa tuotekehityksen yksikkökustannuksia tai tuotekehityshenkilöstön kyvykkyyttä (vastapelaajien ominaisuudet). Imperfect-tyyppinen epätäydellinen informaatio taas vallitsee silloin, kun yritykset eivät tiedä paljonko kilpailija on siihen mennessä sijoittanut rahaa tuotekehitykseen (vastapelaajien aikaisemmat valinnat).

4.2 Harsanyin tyyppiteoria

Harsanyi (1967-68) (alkuperäisteksti on esitetty lähteessä Rubinstein A. (1990)) on esittänyt menetelmän, jolla incomplete-tyyppinen epätäydellisen informaation peli voidaan muuntaa peliksi, jossa vallitsee imperfect-tyyppinen epätäydellinen informaatio. Siinä otetaan peliin mukaan uusi pelaaja ”luonto”, joka valitsee pelin alussa jokaiselle pelaajalle hänen ominaisuustyyppinsä. Pelaajille, joiden ominaisuuksista ei ole varmuutta, voidaan muodostaa subjektiivinen todennäköisyysjakauma vaihtoehtoisista ominaisuuksista, joiden oletetaan olevan yleisesti tiedossa (common knowledge).

Oletetaan, että pelaajan i, $i = 1,\ldots,n$, tyyppi t_i kuvaa pelin kannalta täydellisesti hänen ominaisuutensa. Tyyppi t_i kuuluu joukkoon T_i. Jos tunnetaan pelaajan i tyyppi t_i, niin silloin tiedetään myös hänen hyötyfunktionsa ja strategiajoukkonsa. Pelaajan i eri tyypit t_i ja k_i eroavat aina jossain suhteessa toisistaan, kun $t_i \neq k_i$. Oletetaan edelleen, että tyypeille on olemassa jokin todennäköisyysjakauma. Yleensä sen oletetaan olevan yleisesti tiedossa. Ennen pelin alkua oletetaan, että ”luonto” valitsee jokaiselle pelaajalle hänen ominaisuustyyppinsä. ”Luonto” siis valitsee tyyppivektorin t todennäköisyydellä

(4.1) $p(t) = p(t_1,\ldots,t_i,\ldots,t_n)$.

Kun ”luonto” on tehnyt valinnan, niin jokainen pelaaja i tietää oman tyyppinsä t_i, ja voi silloin muodostaa uskomuksensa vastapelaajien tyypeistä

(4.2) $p_i(t_{-i}|t_i)$,

missä vastapelaajien tyyppivektori $t_{-i} = (t_1,\ldots,t_{i-1},t_{i+1},\ldots,t_n)$ kuuluu siis joukkoon $T_{-i} = T_1 \text{ x} \ldots \text{x } T_{i-1} \text{ x } T_{i+1} \text{ x} \ldots \text{x } T_n$. Ehdollinen todennäköisyys $p_i(t_{-i}|t_i)$ on muodostettu todennäköisyysjakaumasta p(t) yli joukon $T = T_1 \text{ x} \ldots \text{x } T_n$ Bayesin säännöllä

(4.3) $p_i(t_{-i}|t_i) = p(t_{-i},t_i) / \sum p(k_{-i},t_i)$, missä summaus käy yli joukon T_{-i}.

Tällä tavoin alkuperäinen incomplete-tyyppinen epätäydellisen informaation peli saadaan siis muunnettua peliksi, jossa vallitsee imperfect-tyyppinen epätäydellinen informaatio.

Siten Bayesin tasapaino voidaan nähdä Nashin tasapainona , jossa on alkuperäisen n:n pelaajan sijaan on

(4.4) $\sum_{i=1}^{n} |T_i|$ pelaajaa ,

missä $|T_i|$ on pelaajan i tyyppien lukumäärä. Nyt siis pelaajan i, tyypin t_i , hyötyfunktio u_i on riippuvainen pelaajan oman tyypin lisäksi myös vastapelaajien t_{-i} tyypeistä.
(Ks. Tirole (1990) s. 433-434).

Voidaan vielä esittää tärkeä kysymys, että voidaanko incomplete-tyyppinen epätäydellisen informaation peli aina muuntaa peliksi, jossa vallitsee imperfect-tyyppinen epätäydellinen informaatio. Mertens ja Zamir (1985) ovat osoittaneet, että tällainen tulos on voimassa. Todistuksen idea on lyhyesti seuraava. Jos pelaaja i ei tiedä jotain pelaajan j ominaisuutta esim. hyötyfunktiota, niin pelaaja i voi muodostaa uskomuksen pelaajan j ominaisuudesta jollain subjektiivisella todennäköisyydellä. Edelleen, jos pelaaja j ei tiedä pelaajan i uskomuksia tästä pelaajan j ominaisuudesta, niin pelaaja j voi edelleen muodostaa oman uskomuksensa pelaajan i uskomuksesta jollain subjektiivisella todennäköisyydellä. Näin voidaan jatkaa edelleen ja Mertens ja Zamir ovat osoittaneet, että em. tavalla muodostettu jono uskomuksia ja uskomusten uskomuksia jne. suppenee. Näin muodostettu uskomusjoukko voi siten olla hyvinkin monimutkainen, jolloin sen avulla muodostettu Bayesin tasapaino alkaa jo menettää käytännön merkitystään. Mutta peleissä, joissa on riittävästi julkista tietoa ja joissa pelaajien yksityinen tieto voidaan kuvata kohtuullisen pienellä uskomusjoukolla, Bayesin tasapaino on käyttökelpoinen ratkaisu.

4.3 Bayesin–Nashin tasapaino

Tarkastellaan edelleen pelejä, joissa pelaajat tekevät siirtonsa simultaanisesti, jolloin pelaajat eivät voi saada tietoa vastapelaajiensa siirroista ennen kuin kaikki pelaajat ovat tehneet siirtonsa. Näin ollen pelaajat eivät voi saada lisäinformaatiota vastapelaajien tekemien siirtojen perusteelle ja siten päivittää omia uskomuksiaan ennen omaa siirtoaan.

Kun pelaajien tyyppien joukko T ja todennäköisyydet $p_i(t_{-i}|t_i)$ tunnetaan, niin kunkin pelaajan i tyyppi t_i voi laskea odotetun hyödyn strategiavalinnastaan a_i, joka kuuluu joukkoon A_i, kun oletetaan vastapelaajan j tyypin t_j valitsevan strategian $a_j(t_j)$, joka kuuluu joukkoon $A_j(t_j)$. Tyypin t_i strategiat ovat siis ne valintavaihtoehdot, jotka tyypillä t_i ovat pelin kussakin valintatilanteessa käytettävissään.

Määritellään Bayesin tasapaino (BTP) yhden periodin peleille seuraavasti. Pelaaja i tuntien oman tyyppinsä t_i voi laskea odotetun hyödyn strategiavalinnastaan a_i, kun oletetaan vastapelaajien $j = 1,\dots,i-1,i+1,\dots,n$ tyyppien t_j valitsevan odotetun hyödyn maksimoivan strategian

(4.5) $a_j\,(t_j) = a_j^*(t_j)$

(4.6) $Eu_i(a_j^*(t_j),a_i,t_{-i},t_i) = \sum p_i(t_{-i}|t_i)u_i(a_1^*(t_1),\dots,a_i,\dots,a_n^*(t_n),t_{-i},t_i)$

missä summaus käy yli joukon T_{-i} . Kunkin pelaajan tyypin t_i hyötyfunktio riippuu siis tyypin i oman tyypin lisäksi myös vastapelaajien tyypeistä t_{-i}. Sen sijaan odotettu hyöty riippuu enää pelaajan i omasta tyypistä.

<u>Määr. 4.1.</u> Bayesin tasapaino (BTP) epätäydellisen informaatio peleille on strategiayhdistelmä $a_i^*(t_i)$, $i=1,\dots,n$ ja missä kunkin pelaajan i tyypin t_i strategia $a_i(t_i)$ kuuluu joukkoon A_i , jos

(4.7) $Eu_i(a_j^*(t_j),a_i^*,t_{-i},t_i) \geq Eu_i(a_j^*(t_j),a_i,t_{-i},t_i)$, missä $i \neq j$ pätee kaikille a_i , $i=1,\dots,n$.

Siis Bayesin tasapaino on Nashin tasapainon luonnollinen laajennus epätäydellisen informaation peleille, ts. voidaan puhua Bayesin-Nashin tasapainosta. Bayesin tasapaino yhden periodin peleille, jossa pelaajat tekevät valintansa simultaanisesti on aina myös täydellinen Bayesin tasapaino TBTP. (Ks. Tirole (1990) s. 433).

<u>Esim. 4.1.</u> Tarkastellaan yksinkertaista esimerkkiä pelistä, joka on simultaanipeli ja jossa on kaksi pelaajaa. Peli on esitetty kuviossa 4.1 ja siinä pelaajalla 1 on vain yksi tyyppi, mutta pelaajalla 2 on kaksi mahdollista tyyppiä t_2 ja t_2'. Pelaajalla 2 on täydellinen informaatio pelin suhteen, koska hän tietää sekä oman tyyppinsä että pelaajan 1 tyypin. Pelaaja 1 joutuu sen sijaan muodostamaan todennäköisyysjakauman pelaajan 2 tyypeistä ja oletetaan, että pelaajan 2 molemmat tyypit ovat yhtä todennäköisiä, ts. kummankin tyypin todennäköisyys on siis 0,5. Pelissä kummallakin pelaajalla on kaksi mahdollista valintaa.

Pelaaja 1 voi valita U:n tai D:n ja pelaaja 2 voi valita L:n tai R:n. Kuviossa 4.1 on esitetty pelaajien saamat hyödyt eri valintojen yhdistelmillä.

	Type t_2		Type t_2'	
Player 2 / Player 1	*L*	*R*	*L*	*R*
U	3,1	2,0	3,0	2,1
D	0,1	4,0	0,0	4,1

Kuvio 4.1. (Ks. Tirole (1990) s. 434).

Jos esim. pelaaja 1 valitsee U:n ja jos pelaajan 2 tyyppi on t_2 ja jos tämän valinta on L, niin pelaajan 1 saama hyöty on 3 ja pelaajan 2 tyypin t_2 saama hyöty on 1. Nyt pelaajan 1 hyöty riippuu vain tehdyistä valinnoista, ei siitä kuka pelaaja 2 on. Ratkaistaan seuraavaksi pelin Bayesin tasapaino. Pelaajan 2 kummallakin tyypillä on dominoiva strategia. Riippumatta pelaajan 1 valinnasta kannattaa pelaajan 2, tyypin t_2 , aina valita L. Samoin tyypin t_2' kannattaa aina valita R. Nyt pelaaja 1 on tilanteessa, jossa hän tietää vastapelaajan pelaavan sekä L:ää että R:ää yhtä suurella todennäköisyydellä, koska pelaajan 2 molemmat tyypit oletettiin yhtä todennäköisiksi. Jos pelaaja 1 valitsee U:n, niin hänen odotettu hyötynsä 0,5(3 +2) = 2,5. Jos hän valitsee D:n, niin hänen odotettu hyötynsä on 0,5(0 + 4) = 2. Pelaajan 1 kannattaa siis valita U. (Ks. Tirole (1990) s. 434).

Tarkastellaan seuraavaksi esimerkkinä duopolitilannetta epätäydellisen informaation vallitessa. Tämän tapaiset markkinatasapainot tulevat kyseeseen, kun kilpailevat yritykset ovat suurin piirtein tasavertaiset. Edellä on tarkasteltu Bertrand-tyyppistä duopolia. Tarkastellaan seuraavaksi Cournot-tyyppistä duopolia, jolloin kilpailua käydään määräkilpailuna (tuotantomäärät).

Epätäydellisen informaation vallitessa epävarmuus yleensä liittyy yritysten ominaisuuksiin. Nyt epävarmuus voidaan redusoida edellä esitetyllä tavalla muodostamalla molemmille yrityksille niin monta tyyppiä kuin mitä ko. yrityksellä on vaihtoehtoisia ominaisuuksia ja ratkaistaan malli kaikille em. yritysten tyypeille. (Ks. Tirole (1990) s. 434).

<u>Esim. 4.2.</u> Ratkaistaan CNTP seuraavasta mallista. Kysyntäfunktio on

$$P = 2 - S_1 - S_2,$$

missä S_1 ja S_2 ovat yritysten 1 ja 2 tuotantomäärät. Yrityksen 1 yksikkötuotantokustannus $C_1 = 1$. Yrityksen 2 yksikkötuotantokustannus on joko $C^L = 3/4$ todennäköisyydellä 0.5 tai $C^H = 5/4$ tn:llä 0.5. Yrityksellä 1 on siis vain yksi tyyppi, mutta yrityksellä 2 on kaksi tyyppiä: L (alhaiset yksikkökustannukset) tai H (korkeat yksikkökustannukset).

Yritysten saamat voitot määräytyvät seuraavasti:

$$D_1(S_1, S_2^L, S_2^H) = 0.5S_1(2 - S_1 - S_2^L - 1) + 0.5S_1(2 - S_1 - S_2^H - 1)$$
$$D_2(S_1, S_2^L, S_2^H|L) = S_2^L(2 - S_1 - S_2^L - 3/4)$$
$$D_2(S_1, S_2^L, S_2^H|H) = S_2^H(2 - S_1 - S_2^H - 5/4)\ .$$

Ratkaistaan 1. kl-ehdot:

$$\partial D_1(S_1, S_2^L, S_2^H)/\partial S_1 = 0.5(1 - S_2^L - 2S_1) + 0.5(1 - S_2^H - 2S_1) = 0$$
$$\partial D_2(S_1, S_2^L, S_2^H|L)/\partial S_2^L = 5/4 - S_1 - 2S_2^L = 0$$
$$\partial D_2(S_1, S_2^L, S_2^H|H)/\partial S_2^H = 3/4 - S_1 - 2S_2^H = 0\ .$$

Ratkaistaan yritysten reaktiofunktiot:

$$S_1 = (1 - 0.5(S_2^L + S_2^H))/2$$
$$S_2^L = (5/4 - S_1)/2$$
$$S_2^H = (3/4 - S_1)/2$$

Sijoittamalla tuotantomäärät S_2^L ja S_2^H S_1:een saadaan ratkaistuksi S_1 ja edelleen S_2^L ja S_2^H. Siis optimaaliset tuotantomäärät ovat $S_1 = 1/3$, $S_2^L = 11/24$ ja $S_2^H = 5/24$.

Bayesin-Nashin tasapainon löytämiseksi epätäydellisen informaation Cournot-duopolissa riittää siis ratkaista kuten täydellisen informaation Cournot-Nash tasapaino useamman yrityksen markkinoilla.

4.4 Täydellinen Bayesin tasapaino

Tarkastellaan lyhyesti vielä dynaamisia epätäydellisen informaation pelejä. Tasapaino on yhdistelmä osapelitäydellistä tasapainoa (OTP) dynaamisille peleille ja Bayesin tasapainoa epätäydellisen informaation peleille. Määriteltäessä täydellinen Bayesin tasapaino (TBTP) useamman periodin peleille otetaan huomioon myös pelin kulku h (historia).

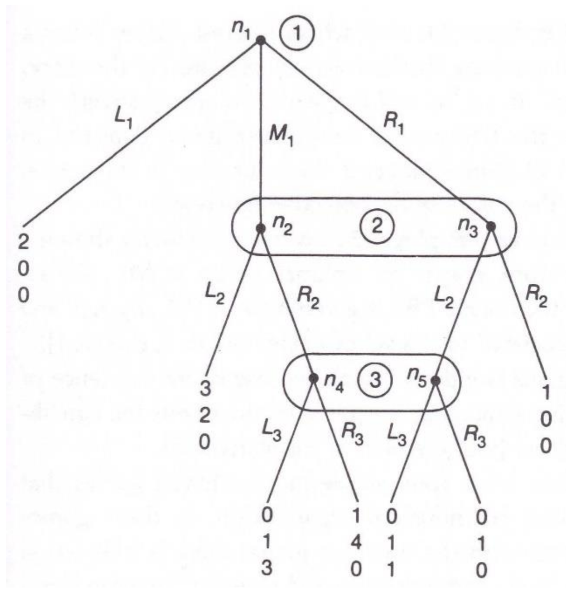
TBTP periodilla t on siis riippuvainen pelin aikaisemmasta kulusta periodeilla 1,…, t–1. Edelleen oletetaan, että periodin t siirrot tehdään simultaanisesti, mutta pelin kulku h^{t-1} periodeilla 1,…, t–1 on nyt siis kaikkien pelaajien tiedossa. TBTP:ssa on se lisäpiirre, että pelaajat voivat nyt päivittää uskomuksiaan vastapelaajien ominaisuuksista ja oletetuista tasapainostrategioista pelin kuluessa aina vastapelaajien havaitun valinnan (siirron) jälkeen (Bayesian updating). Nyt pelaajan i tyypin t_i hyötyfunktio u_i riippuu vastapelaajien t_{-i} tyyppien lisäksi myös pelin aikaisemmasta kulusta h^{t-1} .

Yhden periodin pelissä ”luonto” valitsi pelaajien tyypit pelin alussa eikä pelaajien uskomuksia vastapelaajien tyypeistä voinut enää päivittää pelin aikana. Mutta nyt useamman periodin pelissä täytyy ottaa huomioon myös se, että pelaajat voivat päivittää uskomuksiaan vastapelaajien tyypeistä pelin edetessä. Sitä varten määritellään pelaajien uskomuksia koskevat subjektiiviset todennäköisyydet.

(4.8) $\mu_i^t(t_{-i}|t_i , h^{t-1})$.

Täydellisen Bayesin tasapainon mukaan pelaajat siis maksimoivat odotettua hyötyään kussakin valintatilanteessa annettuna uskomukset vastapelaajien tyypeistä ja pelin aikaisemmasta kulusta.

<u>Esim. 4.3.</u> Tarkastellaan vielä esimerkkinä kuviossa 4.2. esitettyä imperfect-tyyppisen informaation peliä. Pelissä on kolme pelaajaa ja peli kestää kolme periodia. Periodilla 1 pelaajalla 1 on kolme mahdollista valintaa L_1, M_1 tai R_1 . Jos pelaaja 1 valitsee M_1:n tai R_1:n, niin pelaaja 2 voi valita L_2 tai R_2 . Nyt riippumatta siitä onko pelaajalla 2 tietoa pelaajan 1 valinnasta, hän tietää, että pelaajan 1 valinta ei ollut L_1, jos pelaaja 2 saa valintavuoron. Pelaajalla 2 on nyt imperfect-tyyppinen informaatio pelaajan 1 valinnan M_1 tai R_1 suhteen eikä hän varmuudella tiedä kummassa informaatiojoukkonsa solmussa n_2 tai n_3 hän on tehdessään omaa valintaansa. Edelleen, jos pelaaja 3 saa valintavuoron, hän tietää, että pelaajien 1 ja 2 valinnat olivat (M_1, R_2) tai (R_1, L_2). Myös pelaajalla 3 on imperfect-tyyppinen informaatio eikä hänkään tiedä kummassa informaatiojoukkonsa solmussa n_4 tai n_5 hän on omaa valintaa tehdessään. Esimerkin peli on kuitenkin varsin yksinkertainen. Pelaajalla 3 on nyt dominoiva strategia L_3, ts. hänen kannattaa aina valita L_3, riippumatta siitä kummassa informaatiojoukkonsa solmussa hän on (3>0 ja 1>0).



Kuvio 4.2. (Ks. Tirole (1990) s. 437).

Pelaajan 3 strategia on $a_3 = L_3$ riippumatta uskomuksesta μ_3. Edelleen pelaajalla 2 on myös dominoiva strategia L_2, tietäen pelaajan 3 valinnan hänen kannatta valita L_2 riippumatta siitä kummassa informaatiojoukkonsa solmussa hän on (2>1 ja 1>0). Pelaajan 2 strategia on $a_2 = L_2$ ja uskomus $\mu_2 = 1$. Tämän tietäen pelaajan 1 optimaalinen strategia on M_1. Pelin täydellinen Bayesin tasapaino on siten $a^* = (M_1, L_2, L_3)$ ja uskomusjoukko $\mu_2 = 1$ ja μ_3 kuuluu välille [0,1]. (Pelaaja 3 ei itse asiassa edes saa valintavuoroa). (Ks. Tirole (1990) s. 436-438).

<u>Määr. 4.2.</u> Täydellinen Bayesin tasapaino (TBTP) dynaamisille epätäydellisen informaation peleille on strategiayhdistelmä a ja uskomukset μ, jos a kuuluu joukkoon $a^*(\mu(a))$ ja μ kuuluu joukkoon $\mu(a^*(\mu))$, siten, että ne pitävät yllä tasapainoa:

(i) Strategiat a ovat optimaalisia annettujen uskomusten suhteen.

(ii) Uskomukset μ on johdettu strategioista ja havaituista valinnoista periodeilla h^{t-1} käyttäen Bayesin sääntöä.

(Ks. Tirole (1990) s. 438 ja Rasmussen (1994) s. 146).

Tasapainon laskemiseksi ei ole varsinaista menetelmää, mutta kuten edellä esim 4.3:stä havaittiin, niin käyttäen dominoivia strategioita ja käänteistä induktiota (DOP) kuten osapelitäydellisen tasapainon yhteydessä voidaan tehtävä usein ratkaista.

Tarkastellaan lopuksi vielä tilannetta, jossa pelaaja havaitsee pelin kuluessa sellaisen valinnan, jota tasapainoa pelattaessa ei olisi pitänyt tapahtua. Täydellisen Baysein tasapainon mukaan tällaisessa tilanteessa pelaajat voivat muodostaa uskomuksensa täysin vapaasti. TBTP:ssa pelaajien uskomuksille tasapainon ulkopuolella ei aseteta yleensä mitään konsistenttisuusvaatimuksia (johdonmukaisuus). Fudenberg ja Tirole (1991) ovat esittäneet erilaisia vaihtoehtoja miten uskomukset voidaan TBTP:ssa määritellä, jotta vältyttäisiin tilanteilta, joissa jonkin valinnan todennäköisyys olisi nolla.

4.5 Täydellisen Bayesin tasapainon yhteys muihin tasapainokäsitteisiin

Täydellisen Bayesin tasapainon käsitteen ovat esittäneet Selten (1975) täydellisen tasapainon yhteydessä sekä Kreps ja Wilson (1982) sekventiaalisen tasapainon yhteydessä. Vaikka Selten alunperin esittikin täydellisen Baysesin tasapainon käsitteen, niin Kreps ja Wilson ovat täydentäneet sitä lisäämällä uskomusten merkitystä siinä.

Sekventiaalisessa tasapainossa (täydellisen informaation tapauksessa) pelaajien uskomukset koskivat siis sitä, missä informaatiojoukon solmussa pelaaja on sillä hetkellä, kun hänen on tehtävä valintansa. Täydellisen Bayesin tasapainon tapauksessa pelaajien uskomukset liittyvät sen sijaan vastapelaajien ominaisuuksiin (tyyppeihin). Lopuksi voidaan vielä todeta, että jokainen sekventiaalinen tasapaino on aina myös täydellinen Bayesin tasapaino, mutta kaikki täydelliset Bayesin tasapainot eivät aina ole sekventiaalisia tasapainoja. (Ks. Rasmussen (1994) s. 147).

5 VAKUUTUSMARKKINAT TÄYDELLISEN INFORMAATION VALLITESSA

5.1 Vakuutusmarkkinat ja suhtautuminen riskiin

Oletetaan jatkossa, että ihmiset ovat riskiä kaihtavia ja että tämä johtaa siihen, että he haluavat suojautua riskiltä esim. ottamalla vakuutuksen. On luonnollista, että monet ihmiset ottavat vakuutuksen suuria riskejä vastaan, esim. auto- tai kotivakuutuksen. Voidaan kuitenkin havaita, että monet, vaikka suojaavatkin omaisuutensa vakuutuksella, harrastavat silti erilaisia rahapelejä kuten esim. lottoa. Tämän valossa voisi ajatella, että he olisivatkin riskistä pitäviä sen sijaan, että he kaihtaisivat riskejä. Selityksenä tälle näyttäisi olevan se, että ihmiset harrastavat pelaamista huvin vuoksi. He ovat valmiita maksamaan pieniä summia siitä, että voivat nauttia mahdollisuudesta voittaa jonkin summan (suuremman kuin maksamansa panoksen). Kyse on tällöin ajanvietteestä, johon liittyy tietty voittomahdollisuus ilman pelkoa suurista menetyksistä (suuremmista kuin maksetut panokset). Kuitenkin, kun kyseessä ovat suuret summat ja vakavat riskit, kuten esim. asunnon palaminen tai omaisuuden varastaminen, niin käyttäytymistä voidaan tällöin luonnehtia enemmän riskiä kaihtavaksi kuin riskistä pitäväksi. (Hillier (1997) s. 80. Ks. suhtautumisesta riskiin myös Hirshleifer ja Riley (1992).)

5.2 Vakuutusmarkkinat ja tasapaino täydellisen informaation vallitessa

Tarkastellaan aluksi vakuutusmarkkinoita täydellisen informaation vallitessa. Oletetaan, että markkinoilla vallitsee täydellinen kilpailu. Markkinoilla on siis useita vakuutusyhtiöitä ja paljon vakuutuksenottajia (asiakkaita). Markkinoille on vapaa pääsy. Vakuutuksenottajien oletetaan olevan riskiä kaihtavia. Vakuutuksenottajilla oletetaan olevan kaikilla sama vahinkotodennäköisyys p, joka on tunnettu tai estimoitu, jolloin sitä voidaan pitää eksogeenisena ja vakuutusyhtiöiden näkökulmasta vakuutuksenottajat ovat identtisiä. Oletetaan lisäksi, että vahinkotodennäköisyys p ei ole riippuvainen yksittäisen vakuutuksenottajan käyttäytymisestä ja että se on kaikkien osapuolien tiedossa. Vakuutusyhtiöt voivat tarjota asiakkailleen vakuutussopimusta, jonka asiakas voi hyväksyä tai hylätä. Lisäksi oletetaan, että kukin vakuutuksenottaja voi tehdä vain yhden vakuutussopimuksen. Oletetaan myös, että vakuutusyhtiöt voivat tarjota asiakkailleen kaikkia mahdollisia vakuutussopimuksia, jotka voivat tuottaa positiivista voittoa. Seuraava esitys perustuu McKennan (1986) teoksen lukuun 7 ja Hillierin (1997) teoksen lukuun 5. (Odotetusta hyödystä ks. myös von Neumann ja Morgenstern (1947).)

Vakuutusmarkkinoiden toiminnan voidaan olettaa perustuvan seuraaviin varsin yksinkertaisiin olettamuksiin:
1) On olemassa mahdollisuus, ehkä pienelläkin todennäköisyydellä, suuriin menetyksiin.
2) On olemassa joukko vakuutuksenottajia, jotka ovat riskiä kaihtavia ja jotka haluavat suojautua riskiltä tai epävarmuudelta.
3) On olemassa joukko riskineutraaleja vakuutusyhtiöitä, jotka tarjoavat vakuutussopimuksia asiakkaille.
Voidaan siis sanoa, että vakuutusmarkkinoilla tapahtuu riskin siirto riskiäkaihtavilta vakuutuksenottajilta riskineutraaleille vakuutusyhtiöille. (Ks. McKenna (1986) s. 85 ja s. 98.)

5.2.1 Vakuutusten kysyntä

a) Asiakas ilman vakuutusta

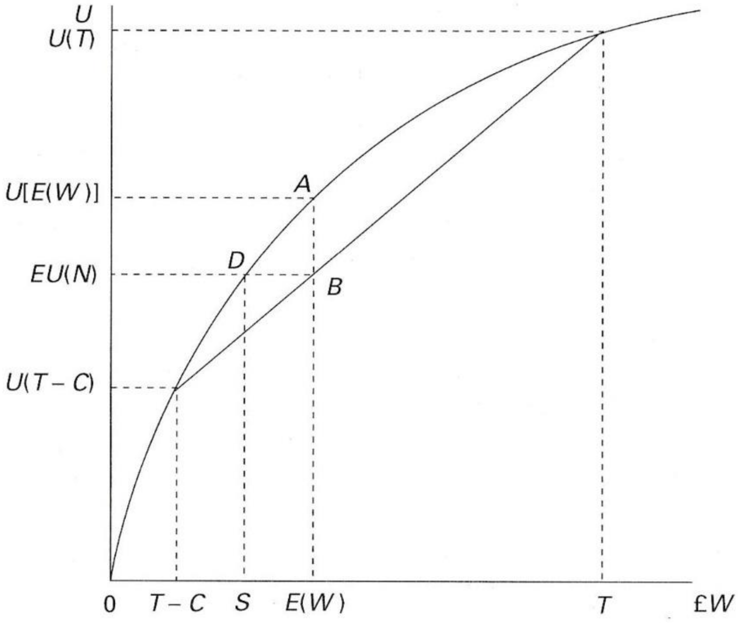
Tarkastellaan tilannetta asiakkaan kannalta ja hänen suhtautumistaan riskiin tai epävarmuuteen ensin siinä tilanteessa, että hänellä ei ole vakuutusta, ks. kuvio 5.1. Oletetaan, että asiakkaan alkuvarallisuus on $W_{NT} = T$ ja $T > 0$, ja hänen kokonaishyötynsä on $U(T)$, jos vahinkoa ei tapahdu. Oletetaan, että todennäköisyydellä p on mahdollista tapahtua vahinko C ja että $p > 0$ ja $0 < C < T$. Jos vahinko C tapahtuu, niin asiakkaan varallisuus on $W_T = (T - C)$ ilman vakuutusta ja hänen kokonaishyötynsä $U(T - C)$. Asiakkaan odotettu varallisuus $E(W)$ on siten

$$E(W) = p(T - C) + (1 - p)T.$$

Asiakkaan odotettu hyöty $EU(N)$, missä N kuvaa tilannetta ilman vakuutusta, on

$$EU(N) = pU(T - C) + (1 - p)U(T).$$

Asiakkaan oletettiin olevan riskiä kaihtava, joten hänen odotettua varallisuutta $E(W)$ vastaava odotettu hyötynsä $EU(N)$ pisteessä B on pienempi kuin hänen hyötynsä $U[E(W)]$



Kuvio 5.1. Riskin kaihtaminen ja vakuutus. (Ks. Hillier (1997) s. 81).

pisteessä A, joka kuvaa sitä tilannetta, jossa hän saisi summan (odotetun varallisuuden) E(W) verran varmaa tuloa. Tämä on esitetty kuviossa 5.1. (Ks. Hillier (1997) s. 80 ja 81.)

b) Asiakas, jolla on vakuutus

Oletetaan, että vakuutusmaksu on X ja X > 0, ja vahinkotapauksessa maksettava korvaus on Y ja Y > 0. Oletetaan edelleen, että asiakas on riskiä kaihtava. Nyt, kun asiakkaalla on vakuutus, varallisuus on W_{NT} = (T – X), jos vahinkoa ei tapahdu, ja hänen kokonaishyötynsä on U(T – X). Jos vahinko C tapahtuu, niin asiakkaan varallisuus on W_T = (T – X – C + Y), kun hänellä on vakuutus, ja hänen kokonaishyötynsä on U(T – X – C + Y). Asiakkaan odotettu varallisuus E(I), missä I kuvaa tilannetta, jossa on voimassa vakuutus, on siten

$$E(I) = p(T – X – C + Y) + (1 – p)(T – X).$$

Asiakkaan odotettu hyöty EU(I) on tällöin

$$EU(I) = pU(T – X – C + Y) + (1 – p)U(T – X).$$

Tarkastellaan vielä tilannetta, että vakuutus on täysi, jolloin vahinko C korvataan kokonaan ja siten maksettava korvaus Y = C. Silloin asiakkaan odotettu hyöty EU(I) on

$$EU(I) = pU(T - X) + (1 - p)U(T - X) = U(T - X).$$

Ts. se on sama kuin silloinkin, kun vahinkoa ei tapahdu, eikä asiakkaalle aiheudu muita kustannuksia kuin vakuutusmaksu X.

c) Vakuutusten kysyntäfunktion ominaisuuksista

Odotetun hyötyfunktion EU(I) avulla voidaan tarkastella myös vakuutusten kysyntää. Em. oletusten mukaan $EU'(I) > 0$ ja $EU''(I) < 0$, ts. riskiä kaihtavan vakuutuksenottajan odotettu hyötyfunktio EU(I) on kvasikonkaavi. Oletetaan edelleen, että vakuutuksenottaja maksimoi odotettua hyötyään, joten vakuutuksen ottaminen olisi järkevää vain, jos

$$EU(I) \geq EU(N).$$

On myös selvää, että odotettu hyöty EU(I) vähenee, kun vakuutusmaksu X nousee, ts.

$$dEU(I)/dX = -U'(T - X) < 0.$$

Tarkastellaan seuraavaksi sitä, kuinka paljon asiakas on valmis maksamaan vakuutuksesta. Oletetaan, että X^* on suurin vakuutusmaksu, jonka asiakas on valmis maksamaan täydestä vakuutuksesta. Silloin

$$U(T - X^*) \geq pU(T - C) + (1 - p)U(T),$$

ts. vakuutuksen odotettu hyöty ei voi olla alempi kuin odotettu hyöty ilman vakuutusta (jotta vakuutuksen ottaminen olisi järkevää). Edellisestä seuraa, että

$$U(T - C) < U(T - X^*) < U(T)$$

ja edelleen, että $X^* < C$, ts. vakuutusmaksun on oltava pienempi kuin vahingon aiheuttama menetys. Kuviosta 5.1. voidaan havaita, että summalla S varmaa tuloa pisteessä D voidaan saavuttaa sama hyöty kuin odotettu hyöty EU(N) tapauksessa, jossa asiakkaalla ei ole vakuutusta, ts. $U(S) = EU(N)$. Tämän avulla saadaan seuraava tulos

$$U(T - C) < U(S) \leq U(T - X^*) < U(T).$$

Siis summa $S \leq (T - X^*)$ ja edelleen $X^* \leq (T - S)$, ts. vakuutusmaksu X ei voi olla suurempi kuin summa $(T - S)$ ja se takaa asiakkaalle vähintään hyödyn $U(S) = EU(N)$ tai enemmän.

Tarkastellaan seuraavaksi vakuutusmaksun X suhdetta vahinkotodennäköisyyteen p ja vahingon suuruuteen C. Edellä todetun perusteella vakuutusmaksun X^* ylärajalla

$$U(T - X^*) = pU(T - C) + (1 - p)U(T), \tag{5.1}$$

ts. vakuutuksen odotettu hyöty on oltava vähintään yhtä suuri kuin odotettu hyöty ilman vakuutusta. Differentoimalla (5.1) ensin X^*:n ja p:n suhteen ja sen jälkeen X^*:n ja C:n suhteen saadaan

$$dX^*/dp = (U(T - C) - U(T))/(-U'(T - X^*)) > 0 \text{ ja}$$

$$dX^*/dC = pU'(T - C)/U'(T - X^*) > 0.$$

Suurin vakuutusmaksu X^*, jonka asiakas on valmis maksamaan, kasvaa, kun vahinkotodennäköisyys p kasvaa tai vahingon suuruus C kasvaa.

Odotettu hyötyfunktio U(I) oletettiin siis kvasikonkaaviksi (riskiä kaihtava asiakas), josta seuraa, että U(E(W)) > EU(N), ks. kuvio 5.1.

$$(5.2) \quad U(p(T - C) + (1 - p)T) > pU(T - C) + (1 - p)U(T).$$

(5.1):n ja (5.2):n perusteella saadaan, että

$$U(T - X^*) < U(p(T - C) + (1 - p)T),$$

josta saadaan, että

$$U(T - X^*) < U(T - pC)$$

ja edelleen, että

$$X^* > pC.$$

Riskiä kaihtava asiakas on siis valmis maksamaan vakuutuksesta enemmän kuin mitä on vahingon aiheuttaman menetyksen odotusarvo. Näin saatiin johdettua sekä ala- että yläraja vakuutusmaksulle X^*, jonka riskiä kaihtava ja odotettua hyötyä maksimoiva asiakas on valmis maksamaan täydestä vakuutuksesta.

$$pC < X^* \leq (T - S) < C.$$

Tarkastellaan lopuksi vielä riskiä kaihtavan asiakkaan indifferenssikäyrien muotoa. Tarkastellaan niitä W_{NT}:n ja W_T:n yhdistelmiä, joilla vakuutuksenottajan odotettu hyöty pysyy samana, missä siis W_{NT} = ei vahinkoa ja W_T = tapahtuu vahinko.

$$(5.3) \quad EU = pU(W_T) + (1 - p)U(W_{NT}).$$

Indifferenssikäyrien kulmakerroin saadaan differentoimalla (5.3) seuraavalla tavalla:

$$pU'(W_T)dW_T + (1 - p)U'(W_{NT})dW_{NT} = 0 \text{ ja}$$

(5.4) $dW_T/dW_{NT} = -(1 - p)U'(W_{NT})/pU'(W_T) < 0.$

Tämän avulla saadaan johdettua indifferenssikäyrien muoto differentoimalla (5.4) edelleen

$$d^2W_T/dW_{NT}^2 > 0.$$

Siis W_{NT}:n ja W_T:n välillä vallitsee vähenevä rajasubstituutiosuhde, ks. kuvio 5.2. esim. indifferenssikäyrä U^2, jossa vakuutuksenottajan vahinkotodennäköisyys on p.

5.2.2 Vakuutusten tarjonta

Vakuutusyhtiöiden, jotka tarjoavat vakuutussopimuksia asiakkailleen, oletetaan olevan riskineutraaleja. Markkinoilla oletetaan vallitsevan täydellinen kilpailu sekä markkinoille oletetaan olevan vapaa pääsy. Vakuutusyhtiöiden oletetaan voivan tarjota asiakkailleen kaikkia mahdollisia vakuutussopimuksia, jotka voivat tuottaa positiivista voittoa. Vakuutusyhtiöiden tulojen oletetaan koostuvan saaduista vakuutusmaksuista X ja menojen maksetuista korvauksista Y. Tässä yksinkertaisessa mallissa ei huomioida muita tuottoja eikä kuluja. Em. oletusten nojalla vakuutusyhtiöiden odotettu voitto E(V) on siis nolla, koska markkinoilla vallitseva kilpailu eliminoi ylimääräisen voiton, joten

$$E(V) = p(X - Y) + (1 - p)X = 0.$$

Ratkaisemalla yllä olevasta yhtälöstä saadaan vakuutusmaksuksi

$$X = pY.$$

Vakuutusmaksu X on siis korvauksen odotusarvo pY ja jos kyseessä on täysi vakuutus (Y=C), niin se on myös vahingon odotusarvo pC.

Tarkastellaan vielä niitä W_{NT}:n ja W_T:n yhdistelmiä, jolla vakuutusyhtiöiden odotettu voitto pysyy nollana. Edellä olleen perusteella $W_{NT} = (T - X)$ ja $W_T = (T - X - C + Y)$. Sijoittamalla $X = pY$ niin saadaan, että $W_{NT} = (T - pY)$ ja $W_T = (T - C + (1 - p)Y)$. Derivoimalla nämä Y:n suhteen saadaan, että

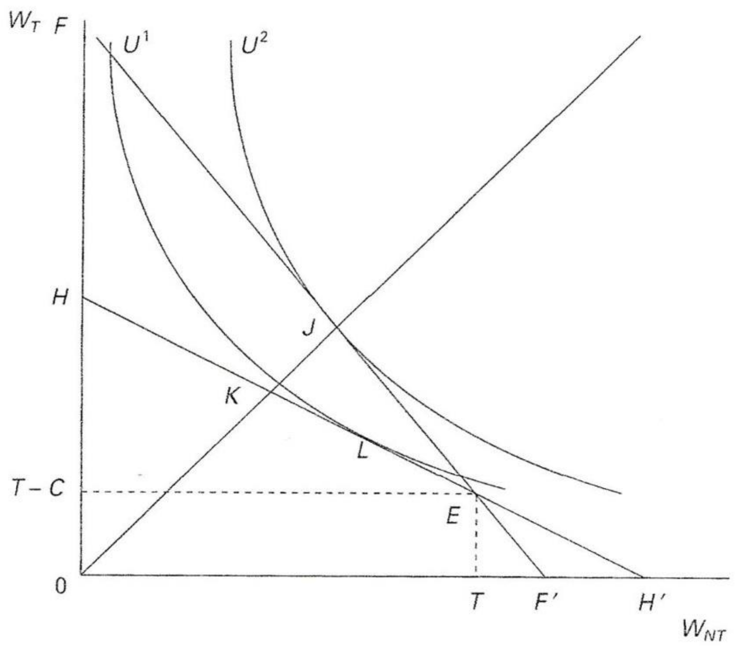
$$dW_{NT}/dY = -p \quad \text{ja} \quad dW_T/dY = (1 - p),$$

joista saadaan edelleen, että

(5.5) $dW_T/dW_{NT} = -(1 - p)/p < 0,$

joka on myös vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrän kulmakerroin. Kuviossa 5.2. on esitetty vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrä FF', kun vakuutuksenottajien vahinkotodennäköisyys on p. Origon kautta kulkeva 45° asteen suora kuvaa täyttä vakuutusta, jossa vahingon suuruus ja maksettava korvaus ovat yhtä suuret (Y=C). Vakuutusyhtiöiden tarjonta rajautuu käytännössä täyden vakuutuksen suoran alapuoliselle alueelle. Yläpuolella oleva alue kuvaa tilannetta, jossa maksettava korvaus ylittää vahingon suuruuden.

5.2.3 Vakuutusmarkkinoiden tasapaino



Kuvio 5.2. Vakuutusmarkkinoiden tasapaino. (Ks. Hillier (1997) s. 85).

Vakuutuksenottajan oletetaan maksimoivan odotettua hyötyään. Tehtävä voidaan siten muotoilla sidotun ääriarvotehtävän ratkaisemiseksi. Tehtävässä maksimoidaan vakuutuksenottajan odotettua hyötyä, jossa rajoitteena on vakuutusyhtiöiden tarjonta odotetulla nollavoittorajoitteella. Vakuutuksenottaja maksimoi siinä odotettua hyötyään vakuutusyhtiöiden tarjoamien vakuutussopimusten puitteissa. Ks. kuvio 5.2.

$$\text{Max } EU(I) = pU(T - X - C + Y) + (1 - p)U(T - X).$$

$$\text{raj. } X = pY.$$

Muodostetaan tästä

$$\underset{(X,\,Y,\,\lambda)}{\text{Max}}\ L = pU(W_T) + (1 - p)U(W_{NT}) + \lambda(X - pY).$$

Tästä saadaan 1-kl. ehdot

$$L_X = - pU'(W_T) - (1 - p)U'(W_{NT}) + \lambda = 0$$

$$L_Y = pU'(W_T) - \lambda p = 0$$

$$L_\lambda = X - pY = 0.$$

1-kl. ehdoista saadaan ratkaistua $\lambda = U'(W_T)$. Tämän avulla saadaan, että tasapainossa

$$U'(W_T) = U'(W_{NT}),$$

joten $W_T = W_{NT}$,

ts. $T - X - C + Y = T - X$

ja $Y = C$.

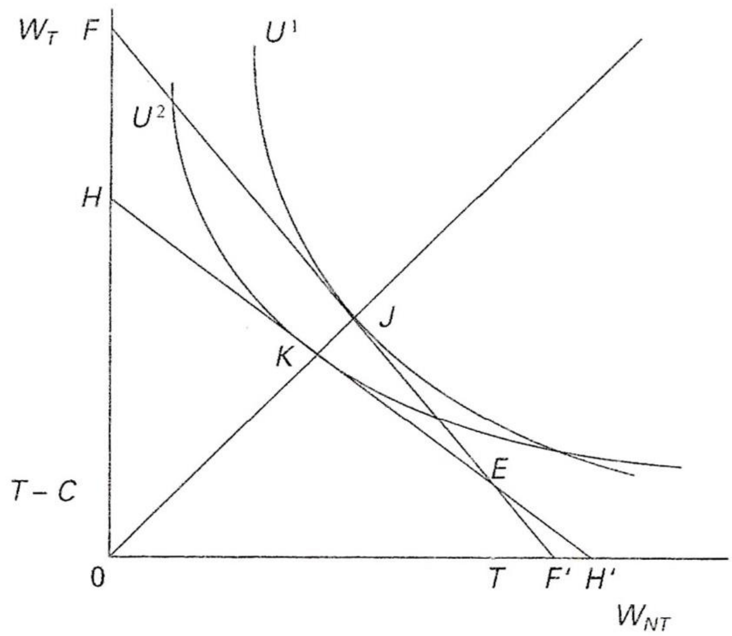
Siten vahinkotapauksessa maksettava korvaus on yhtä suuri kuin vahingon aiheuttaman menetyksen arvo. Siis tasapainossa vakuutusyhtiöiden kannattaa aina tarjota täyttä vakuutusta, piste J kuviossa 5.2. Pisteessä J vakuutuksenottajan indifferenssikäyrä U^2 sivuaa vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrää FF', kun vakuutuksenottajan vahinkotodennäköisyys on p. Tasapainossa vakuutuksenottajan odotettu hyöty siis maksimoituu. Ottamalla täyden vakuutuksen voi asiakas siirtyä pisteestä E (ilman vakuutusta) pisteeseen J (täysi vakuutus), jossa hänen odotettu hyötynsä on korkeammalla tasolla kuin aiemmin ilman vakuutusta. Tai esim. pisteestä L (osittainen vakuutus) pisteeseen J, jossa hänen odotettu hyötynsä on myös korkeammalla tasolla ($U^2 > U^1$) kuin aiemmin. Tasapainossa vakuutusyhtiöt eivät siis voi saada positiivista odotettua voittoa eikä tasapainon ulkopuolelta löydy sellaisia vakuutussopimuksia, jotka voisivat tuottaa positiivista odotettua voittoa.

5.3 Vakuutusmarkkinoiden tasapaino ja erilaiset asiakasryhmät

Oletetaan edelleen, että markkinoilla vallitsee täydellinen informaatio sekä täydellisen kilpailun olosuhteet edellä kuvatulla tavalla muilta osin paitsi asiakkaiden osalta. Oletetaan edelleen, että asiakkaat ovat vakuutusyhtiöiden kannalta muutoin identtisiä, mutta voivat nyt erota toisistaan vahinkotodennäköisyytensä osalta. Täydellisen informaation olosuhteissa vakuutusyhtiöt pystyvät kuitenkin aina havaitsemaan mihin riskikategoriaan asiakas kuuluu ja näin ollen ne kykenevät aina hinnoittelemaan asiakkaalle tarjottavan vakuutussopimuksen todellisen vahinkotodennäköisyyden perusteella. Seuraava esitys perustuu Hillierin (1997) teoksen lukuun 7.2.

Oletetaan seuraavassa tarkastelussa, että asiakkaat voivat kuulua kahteen erilaiseen riskikategoriaan, joko varovaisiin asiakkaisiin, joiden vahinkotodennäköisyys on p tai riskialttisiin asiakkaisiin, joiden vahinkotodennäköisyys on p’ ja p’ > p. Kuviossa 5.3. on esitetty kaksi erilaista vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrää, tarjontakäyrä FF’ varovaista tyyppiä oleville asiakkaille ja HH’ riskialtista tyyppiä oleville asiakkaille. Edellä (5.5):n perusteella tarjontakäyrien kulmakertoimet voidaan nyt muodostaa seuraavasti. Varovaista tyyppiä olevan asiakkaan tarjontakäyrän FF’ kulmakerroin on –(1 – p)/p ja riskialtista tyyppiä olevan asiakkaan tarjontakäyrän HH’ kulmakerroin on –(1 – p’)/p’. Koska p’ > p, niin tarjontakäyrä FF’ on jyrkempi kuin tarjontakäyrä HH’. Tarjontakäyrä FF’ leikkaa täyden vakuutuksen suoran ylempää kuin tarjontakäyrä HH’ ja kuvaa siten suurempaa vakuutuksesta saatavaa odotettua hyötyä. Tarjontakäyrä FF’ kuvaa näin ollen asiakkaan kannalta edullisempaa vakuutussopimusta kuin tarjontakäyrän HH’ mukainen vakuutussopimus. Tarjontakäyrien FF’ ja HH’ leikkauspiste E kuvaa tilannetta, jossa asiakkaalla ei ole vakuutusta. Vakuutusyhtiöiden tarjonta rajautuu nyt pisteen E ja täyden vakuutuksen suoran väliselle alueelle.

Kumpaakin tyyppiä olevilla asiakkailla on samanlaiset preferenssit, mutta indifferenssikäyrien kulmakertoimet ovat erilaiset. Kuviossa 5.3. on esitetty varovaista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrä U^1 ja riskialtista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrä U^2. Edellä (5.4):n perusteella myös indifferenssikäyrien kulmakertoimet ovat riippuvaisia seuraavista termeistä, indifferenssikäyrä U^1 termistä –(1 – p)/p ja U^2 termistä –(1 – p’)/p’. Koska p’ > p, niin missä tahansa pisteessä, missä indifferenssikäyrät U^1 ja U^2 leikkaavat toisensa, niin varovaista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrä U^1 on jyrkempi kuin riskialtista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrä U^2. Edelleen voidaan osoittaa, että eri tyyppiä olevien asiakkaiden indifferenssikäyrille on voimassa, että mikä tahansa varovaista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrä voi leikata minkä tahansa riskialtista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrän vain kerran (the single-crossing property). Indifferenssi l. samahyötykäyrä kuvaa siis niitä pisteitä, joissa asiakkaan kokonaishyöty pysyy samana. Jos esim. kuviossa 5.3. siirrytään pisteestä J oikealle alaspäin pitkin indifferenssikäyrää U^1, niin silloin hyväksytään vähemmän hyötyä vahinkotapauksessa, mutta saavutetaan suurempi hyöty, jos vahinkoa ei tapahdu. Jos asiakas on varovaista tyyppiä, niin silloin hänen vahinkotodennäköisyytensä on pienempi kuin riskialttiin asiakastyypin vahinkotodennäköisyys. Silloin hän myös luopuu helpommin suuremmasta määrästä hyötyä vahinkotapauksessa saavuttaakseen saman hyödyn kuin tilanteessa, jossa vahinkoa ei tapahdu. Riskialtista tyyppiä oleva asiakas sen sijaan on valmis luopumaan pienemmästä määrästä hyötyä vahinkotapauksessa saavuttaakseen saman hyödyn kuin tilanteessa, jossa vahinkoa ei tapahdu, koska vahingon todennäköisyys on nyt suurempi. Asiakas, joka on riskialttiimpi, on näin ollen valmis maksamaan vakuutuksesta enemmän kuin asiakas, joka käyttäytyy varovaisesti.



Kuvio 5.3. Tasapaino ja erilaiset riskikategoriat. (Ks. Hillier (1997) s. 99).

Tasapainossa eri riskikategorioihin kuuluville asiakkaille tarjotaan vakuutussopimusta vastaavan riskikategorian mukaisen tarjontakäyrän ehdoin. Vakuutusyhtiöt siis tarjoavat varovaiselle asiakasryhmälle vakuutussopimuksia tarjontakäyrän FF’ ja riskialttiille asiakasryhmälle tarjontakäyrän HH’ mukaisin ehdoin. Asiakkaiden oletetaan maksimoivan hyötyään, joten varovainen asiakasryhmä valitsee täyden vakuutuksen tarjontakäyrän FF’ pisteessä J ja riskialtis asiakasryhmä valitsee niin ikään täyden vakuutuksen, mutta tarjontakäyrän HH’ mukaisessa pisteessä K. Ks. kuvio 5.3.

6 HAITALLISEN VALIKOITUMISEN ONGELMA

6.1 Vakuutusmarkkinat ja asymmetrinen informaatio

Tarkastellaan seuraavaksi vakuutusmarkkinoiden toimintaa asymmetrisen informaation vallitessa ja sitä miten tämä vaikuttaa markkinatasapainojen muodostumiseen eri tilanteissa. Oletetaan edelleen, että markkinoilla vallitsee täydellinen kilpailu ja markkinoilla on paljon vakuutusyhtiöitä ja paljon vakuutuksenottajia sekä markkinoille on vapaa pääsy. Oletetaan, että vakuutuksenottajat ovat riskiä kaihtavia. Oletetaan, että vakuutuksenottajia on nyt kahta eri tyyppiä, joilla on erilainen vahinkotodennäköisyys, mutta muilta osin vakuutuksenottajat ovat vakuutusyhtiöiden näkökulmasta edelleen identtisiä. Oletetaan, että vakuutuksenottaja voi olla joko varovaista tyyppiä, jonka vahinkotodennäköisyys on p, tai riskialtista tyyppiä, jonka vahinkotodennäköisyys on p’ ja p’ > p, mutta nyt vakuutusyhtiöt eivät enää kykene etukäteen havaitsemaan kumpaa tyyppiä asiakas on vakuutussopimusta tehtäessä. Tämän tyyppistä ongelmaa sanotaan myös asymmetriseksi informaatioksi ex ante, koska epätasaisesti jakautunutta informaatiota esiintyy vain siihen asti kunnes osapuolet ovat päässeet sopimukseen keskenään. Oletetaan seuraavaksi, että vakuutuksenottajat tietävät itse kumpaa tyyppiä he ovat, mutta eivät kuitenkaan kykene itse vaikuttamaan omaan vahinkotodennäköisyyteensä omilla valinnoillaan. Oletetaan, että vahinkotodennäköisyydet ovat tunnettuja tai estimoituja, jolloin niitä voidaan edelleen pitää eksogeenisina.

Edellä täydellisen informaation olosuhteissa vakuutusyhtiöt pystyvät aina havaitsemaan kumpaan riskikategoriaan asiakas kuuluu ja kykenevät siten hinnoittelemaan tarjottavan vakuutussopimuksen todellisen vahinkotodennäköisyyden perusteella. Mutta enää tämä ei ole mahdollista ja se aiheuttaa vakuutusyhtiöille ongelmia. Vakuutuksenottajat tietävät itse oman vahinkotodennäköisyytensä, mutta vakuutusyhtiöt eivät enää kykene sitä etukäteen havaitsemaan vakuutussopimusta tehtäessä ja ne joutuvat ottamaan tämän huomioon vakuutusehtoja määritellessään. On myös realistista olettaa, että vakuutuksenottaja ei välttämättä aina halua ottaa täyttä vakuutusta, vaan voi haluta eriasteista osittaista vakuutusta, joka vahinkotapauksessa korvaa vain tietyn osan vahingon todellisesta arvosta. Osoitetaan seuraavaksi, että nyt vakuutusyhtiöt eivät voi enää tarjota täyttä vakuutusta molemmille asiakasryhmille samanaikaisesti, vaan riskialttiille asiakasryhmälle ainoastaan voidaan enää tarjota täyttä vakuutusta riskialttiin asiakastyypin ehdoin ja varovaista tyyppiä oleville asiakkaille voidaan tarjota vain osittaista vakuutusta varovaisen asiakastyypin ehdoin. Seuraava esitys perustuu Rothschildin ja Stiglitzin (1976) esittämään malliin ja Hillierin (1997) teoksen lukuun 7.

6.2 Yhdistävä tasapaino

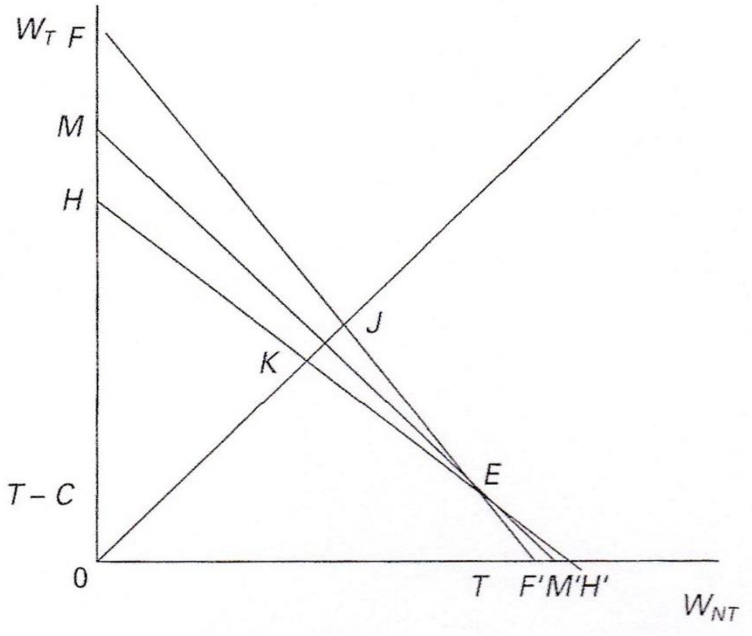
Tarkastellaan aluksi tilannetta, jossa vakuutusyhtiöt voivat tarjota kummallekin asiakasryhmälle vain yhtä, samantyyppistä vakuutussopimusta. Enää vakuutusyhtiöiden ei ole mahdollista tarjota eri asiakasryhmille erilaiseen vahinkotodennäköisyyteen perustuvaa täyttä vakuutusta samanaikaisesti kuten ne voisivat tehdä täydellisen informaation olosuhteissa. Jos vakuutusyhtiöt menettelisivät näin, silloin molemmat asiakasryhmät hyväksyisivät varovaiselle asiakastyypille tarkoitetun edullisemman vakuutussopimuksen. Varovaista tyyppiä olevien asiakkaiden kanssa tehdyt vakuutussopimukset olisivat edelleen kannattavia, mutta riskialtista tyyppiä olevien asiakkaiden kanssa tehdyt tuottaisivat nyt odotettua tappiota. Tässä tapauksessa vakuutusyhtiöt voivat tarjota vakuutussopimuksia vain joko riskialttiin asiakasryhmän mukaisin ehdoin tai eri asiakasryhmistä estimoidulle keskimääräiselle asiakastyypille määritellyin ehdoin.

a) Vakuutusten tarjonta keskimääräisen asiakastyypin ehdoin

Tarkastellaan ensin vakuutusyhtiöiden tarjontaa keskimääräisen asiakastyypin mukaisin ehdoin. Asiakasryhmän vahinkotodennäköisyys voidaan määritellä seuraavasti:

(6.1) $$p^M = (n_1 p + n_2 p')/(n_1 + n_2),$$

missä n_1 on varovaisen asiakastyypin lukumäärä ja n_2 riskialttiin asiakastyypin. Kuviossa 6.1. on esitetty tarjontakäyrä MM' keskimääräistä tyyppiä oleville asiakkaille. Tarjontakäyrä MM' sijoittuu tarjontakäyrien FF' ja HH' väliin, koska vahinkotodennäköisyyksille on voimassa $p' > p^M > p$. Edeltä (5.5):n mukaan tarjontakäyrien kulmakertoimet ovat seuraavat. Tarjontakäyrän FF' kulmakerroin on $-(1 - p)/p$, HH' kulmakerroin on $-(1 - p')/p'$ ja MM' kulmakerroin on $-(1 - p^M)/p^M$. Kaikki kolme tarjontakäyrää leikkaavat toisensa pisteessä E. Tarjontakäyrä MM' kuvaa varovaisen

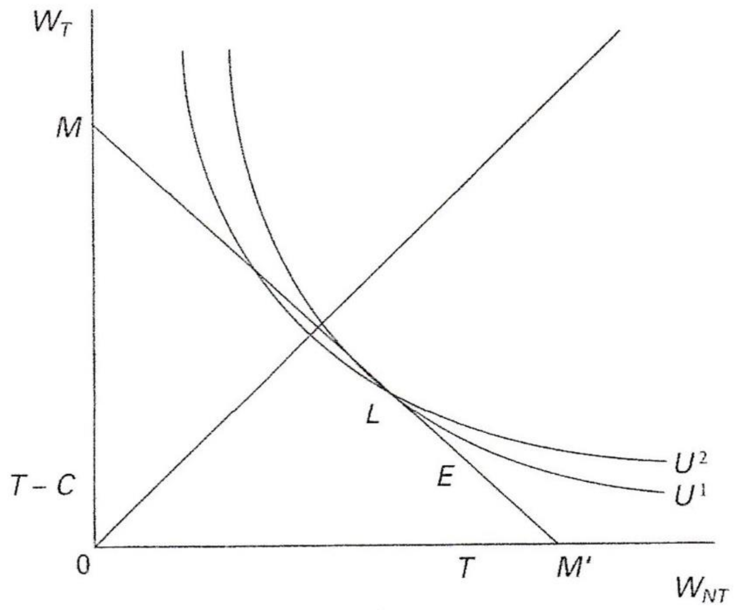


Kuvio 6.1. Vakuutusten tarjonta. (Ks. Hillier (1997) s. 101).

asiakastyypin kannalta kalliimpaa vakuutussopimusta mutta riskialttiin asiakastyypin kannalta edullisempaa kuin todellisen vahinkotodennäköisyyden mukaisesti hinnoiteltu vakuutussopimus. Jos vakuutusyhtiöt tarjoavat vakuutussopimuksia keskimääräistä tyyppiä olevan asiakastyypin mukaisin ehdoin, niin osoitetaan, että vakuutusyhtiöiden välinen kilpailu johtaa tilanteeseen, jossa tarjottava vakuutussopimus optimoi varovaista tyyppiä olevan asiakasryhmän vakuutuksesta saaman odotetun hyödyn. Tätä tilannetta on tarkasteltu kuviossa 6.2. Edeltä (5.4):n perusteella indifferenssikäyrien kulmakertoimet ovat myös riippuvaisia seuraavista termeistä: U^1 termistä $-(1 - p)/p$ ja U^2 termistä $-(1 - p')/p'$. Koska $p' > p$, niin U^1 on jyrkempi kuin U^2.

Pisteessä L indifferenssikäyrä U^1 sivuaa tarjontakäyrää MM', jolloin varovaista tyyppiä olevan asiakkaan odotettu hyöty maksimoituu siinä. Tarjontakäyrän MM' alapuolella olevat pisteet eivät tule kyseeseen, sillä niissä vakuutusyhtiöt voivat saada ylimääräistä voittoa ja vakuutusyhtiöiden välinen kilpailu eliminoi sellaiset pisteet. Pisteen L oikealla puolella olevat pisteet tarjontakäyrällä MM' eivät myöskään tule kyseeseen, sillä tarjontakäyrä MM' jää kummankin asiakastyypin indifferenssikäyrien U^1 ja U^2 alapuolelle, jolloin kumpikin asiakastyyppi pitää pisteen L mukaista vakuutussopimusta parempana. Jos siis joku vakuutusyhtiö tarjoaa pisteen L oikealla puolella olevaa vakuutussopimusta tarjontakäyrän MM' mukaisin ehdoin, on muiden vakuutusyhtiöiden helppo houkutella asiakas tarjoamalla vakuutussopimusta pisteen L mukaisin ehdoin.

Pisteen L vasemmalla puolella olevat pisteet tarjontakäyrällä MM' eivät nekään tule kyseeseen, sillä ne houkuttelevat vain riskialtista asiakastyyppiä. Varovaista tyyppiä olevat asiakkaat pitävät pisteen L mukaista vakuutussopimusta edelleen parempana, sillä tarjontakäyrä MM' on indifferenssikäyrän U^1 alapuolella. Pisteen L vasemmalla puolella olevat pisteet ovat riskialtista tyyppiä olevan asiakkaan tarjontakäyrän HH' yläpuolella ja aiheuttavat siten vakuutusyhtiöille odotettua tappiota.

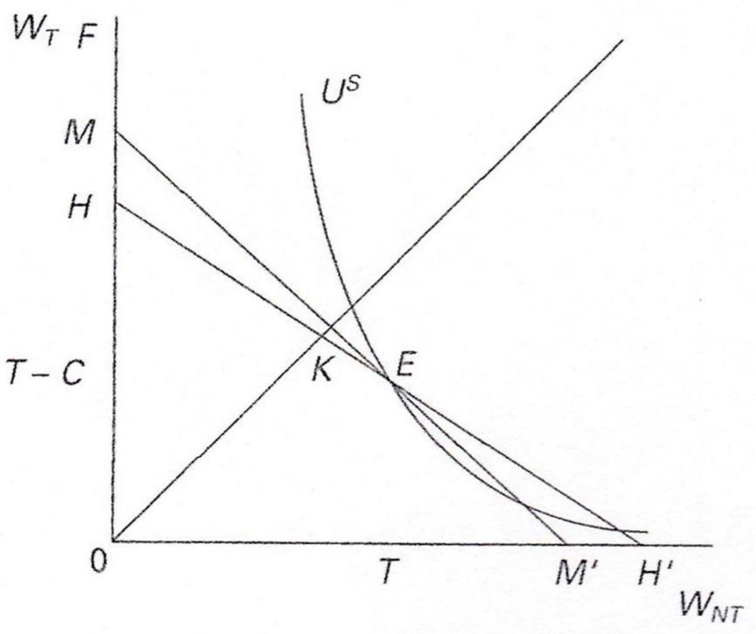


Kuvio 6.2. Yhdistävä tasapaino. (Ks. Hillier (1997) s. 102).

Vakuutusyhtiöiden välinen kilpailu johtaa siis siihen, että vakuutusyhtiöiden kannattaa tarjota vain pisteen L mukaista vakuutussopimusta tarjontakäyrän MM' mukaisin ehdoin. Kumpikin asiakastyyppi hyväksyy pisteen L mukaisen vakuutussopimuksen ja siinä vakuutusyhtiöt saavat normaalia odotettua voittoa pisteen L mukaisista vakuutussopimuksista. Lisäksi pisteen L mukainen vakuutussopimus maksimoi varovaista tyyppiä olevan asiakkaan vakuutuksesta saaman odotetun hyödyn. Tämän kaltaista tasapainoa sanotaan yhdistäväksi tasapainoksi (pooling contract).

b) Vakuutusten tarjonta riskialttiin asiakastyypin ehdoin

Edellä kuvatun kaltainen yhdistävä tasapaino ei välttämättä ole aina mahdollinen. Kuviossa 6.3. on esitetty tilanne, jossa varovaista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrä U^S on jyrkempi kuin vakuutusyhtiöiden keskimääräistä tyyppiä olevien asiakkaiden



Kuvio 6.3. Haitallinen valikoituminen. (Ks. Hillier (1997) s. 103).

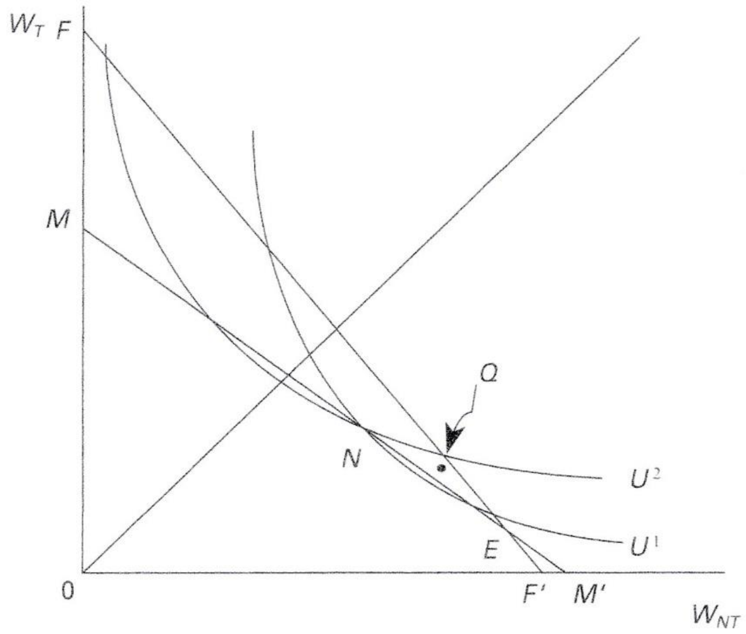
tarjontakäyrä MM'. Lisäksi U^S leikkaa tarjontakäyrät pisteessä E. Jos vakuutusyhtiöt tarjoavat vakuutussopimuksia keskimääräistä tyyppiä olevan asiakastyypin ehdoin, niin varovaista tyyppiä olevat asiakkaat eivät hyväksy tarjottua vakuutussopimusta vaan jättäytyvät ilman vakuutusta. Pisteessä E varovaista tyyppiä olevat asiakkaat voivat saavuttaa suuremman odotetun hyödyn kuin tarjontakäyrällä MM' pisteen E vasemmalla puolella olevien pisteiden mukaisista vakuutussopimuksista.

Tässä tapauksessa näyttäisi jopa siltä, että varovaista tyyppiä olevat asiakkaat haluaisivat "pelata uhkapeliä" (gamble) mieluummin kuin ottaa vakuutuksen. Uhkapeli olisi siis houkuttelevampaa kuin vakuutuksen ottaminen. Vakuutusyhtiöt eivät voi kuitenkaan tarjota tämänkaltaista vakuutussopimusta, koska se aiheuttaisi niille odotettua tappiota, sillä vain riskialtista tyyppiä olevat vakuutuksenottajat hyväksyisivät tämän kaltaisen tarjouksen. Tämä on siis esimerkki asiakaskunnan valikoitumisesta vakuutusyhtiöiden edun kannalta vastakkaisella (haitallisella) tavalla (adverse selection). Tässä tapauksessa riskialtista tyyppiä oleville asiakkaille tarjottaisiin vakuutussopimuksia tarjontakäyrän HH' mukaisin ehdoin ja vain riskialtista tyyppiä olevat asiakkaat hyväksyisivät tarjotun vakuutussopimuksen. Varovaista tyyppiä olevat asiakkaat jättäytyisivät siis tässä tapauksessa ilman vakuutusta. Tällöin riskialtista tyyppiä olevat asiakkaat pyrkisivät maksimoimaan odotetun hyötynsä ja valitsisivat tarjontakäyrän HH' mukaisista vakuutussopimuksista täyden vakuutuksen pisteessä K.

Tilanteissa, joissa haitallista valikoitumista esiintyy, täytyy varovaista tyyppiä olevien asiakkaiden indifferenssikäyrä, joka kulkee pisteen E kautta, olla jyrkempi kuin vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrä MM' keskimääräistä tyyppiä oleville asiakkaille. Jotta tämän kaltainen tilanne voisi muodostua, täytyisi riskialtista tyyppiä olevien asiakkaiden osuus asiakaskunnasta olla huomattavan suuri tai sitten eri asiakastyyppien vahinkotodennäköisyyksien välinen ero täytyisi olla merkittävä. Tällöin tarjontakäyrä MM' olisi suhteellisesti lähempänä riskialtista tyyppiä olevien asiakkaiden tarjontakäyrää HH' kuin varovaista tyyppiä olevien asiakkaiden tarjontakäyrää FF'. On myös mahdollista, että jos asiakkaat eivät ole kovin riskiä kaihtavia, niin silloin indifferenssikäyrät, jotka kulkevat pisteen E kautta, voivat olla jyrkkiä.

c) Yhdistävä tasapaino ei ole Nashin tasapaino

On kuitenkin huomattava, että edellä kuvatun kaltaiset sekä yhdistävä tasapaino että haitallisen valikoitumisen tasapaino eivät voi olla Nashin tasapainoja, sillä ne eivät täytä Nashin tasapainolle asetettuja ehtoja. Tarkastellaan seuraavaksi miksi näin ei ole yhdistävän tasapainon kohdalla kuvion 6.4. avulla. Kuvion 6.4. avulla voidaan helposti havaita, että Nashin tasapaino ei ole mahdollinen yhdistävän tasapainon tapauksessa. Oletetaan, että pisteestä N tarjontakäyrällä MM' on löydetty yhdistävä tasapaino. Siinä varovaista tyyppiä olevan vakuutuksenottajan indifferenssikäyrä U^1 ja riskialtista tyyppiä olevan vakuutuksenottajan indifferenssikäyrä U^2 leikkaavat toisensa pisteessä N ja indifferenssikäyrä U^1 on jyrkempi kuin indifferenssikäyrä U^2. Tällöin kilpailevan vakuutusyhtiön on mahdollista tarjota parempaa vakuutussopimusta kuin pisteen N mukainen vakuutussopimus esim. pisteessä Q. Piste Q sijaitsee sekä varovaista tyyppiä olevan asiakkaan tarjontakäyrän FF' että riskialtista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrän U^2 alapuolella. Nyt tarjottu vakuutussopimus pisteessä Q houkuttelee varovaista tyyppiä olevaa asiakasta, koska piste Q on indifferenssikäyrän U^1 yläpuolella. Varovaista tyyppiä oleva asiakas pitää siis pisteen Q mukaista vakuutussopimusta parempana kuin pisteen N mukaista. Sen sijaan riskialtista tyyppiä oleva asiakas pitää edelleen pisteen N mukaista vakuutussopimusta parempana, koska piste Q on indifferenssikäyrän U^2 alapuolella. Edelleen, koska piste Q on varovaista tyyppiä olevan asiakkaan tarjontakäyrän FF' alapuolella, voivat vakuutusyhtiöt saada ylimääräistä voittoa pisteen Q mukaisista vakuutussopimuksista. Samalla tavoin voidaan todeta minkä tahansa muun yhdistävän tasapainon osalta, ettei se täytä Nashin tasapainon ehtoja. Koska eri tyyppiä olevien asiakkaiden indifferenssikäyrien kulmakertoimet ovat erisuuret ja se, että eri tyyppiä olevien asiakkaiden indifferenssikäyrät voivat leikata toisensa vain kerran (single-crossing property) perusteella voidaan aina löytää sellainen vakuutussopimus, joka houkuttelee vain toista asiakasryhmää ja jota tarjoamalla vakuutusyhtiöt voivat saada ylimääräistä voittoa.

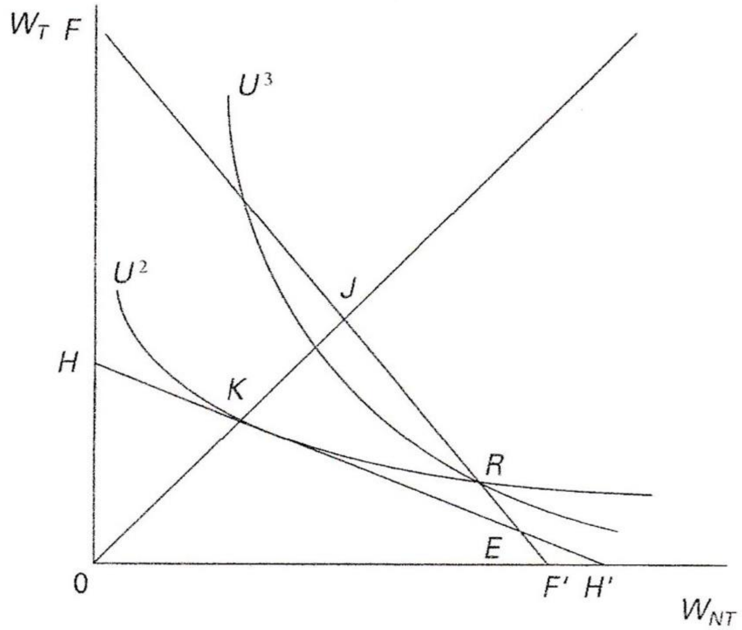


Kuvio 6.4. Yhdistävä tasapaino ei ole Nashin tasapaino. (Ks. Hillier (1997) s. 104).

Vakuutussopimuksia, jotka tällä tavoin houkuttelevat vain toista asiakasryhmää, jonka vakuutuksesta saamaa odotettua hyötyä voidaan näin parantaa ja joista vakuutusyhtiöt voivat saada ylimääräistä voittoa, sanotaan ilmeisistä syistä kermankuorintasopimuksiksi (cream-skimming contracts). Tämän kaltaiset ratkaisut eivät kuitenkaan tässä tapauksessa johda Nashin tasapainoon.

6.3 Erottava tasapaino

Vaikka yhdistävä tasapaino ja kermankuorintasopimukset edellä eivät johtaneet Nashin tasapainoon on silti mahdollista löytää Nashin tasapaino tarjoamalla kummallekin vakuutuksenottajatyypille erilainen vakuutussopimus. Vakuutusyhtiöt tarjoavat nyt samanaikaisesti kahta erilaista vakuutussopimusta, joista vakuutuksenottajat voivat valita itselleen sopivimman. Tasapaino on ns. erottava tasapaino (separating contracts). Tällöin vakuutusyhtiöt voivat myös saada selville vakuutuksenottajien vahinkotodennäköisyydet tarjoamalla samanaikaisesti kahdenlaisia vakuutussopimusvaihtoehtoja, joista vakuutuksenottaja voi valita haluamansa vaihtoehdon (self-selection). Esimerkki erottavasta tasapainosta on esitetty kuviossa 6.5.



Kuvio 6.5. Erottava tasapaino. (Ks. Hillier (1997) s. 106).

Kuvion 6.5. mukaisessa erottavassa tasapainossa vakuutusyhtiöt tarjoavat täyttä vakuutusta riskialttiin asiakasryhmän tarjontakäyrän HH' mukaisin ehdoin, jolloin riskialtista tyyppiä olevat asiakkaat valitsevat pisteen K mukaisen täyden vakuutuksen, jossa riskialtista tyyppiä olevien asiakkaiden indifferenssikäyrä U^2 sivuaa tarjontakäyrää HH' pisteessä K ja leikkaa myös täyden vakuutuksen suoran samassa pisteessä. Varovaista tyyppiä oleville asiakkaille tarjotaan sen sijaan osittaista vakuutusta tarjontakäyrän FF' mukaisin ehdoin pisteessä R. Piste R sijaitsee nyt tarjontakäyrän FF' ja riskialtista tyyppiä olevien asiakkaiden indifferenssikäyrän U^2 leikkauspisteessä. Nyt indifferenssikäyrä U^2 kulkee sekä pisteen K että pisteen R kautta, jolloin riskialtista tyyppiä olevien asiakkaiden kannalta pisteiden K ja R mukaiset vakuutussopimukset ovat yhtä hyviä (indifferenttejä) ja tuottavat näin ollen yhtä suuren odotetun hyödyn. Riskialtista tyyppiä olevien asiakkaiden kannattaa kuitenkin valita pisteen K mukainen täysi vakuutus ja se on myös vakuutusyhtiöiden kannalta kannattava ja tuottaa vakuutusyhtiöille normaalin odotetun voiton. Jos sen sijaan riskialtista tyyppiä olevat asiakkaat valitsisivat pisteen R mukaisen osittaisen vakuutuksen, se tuottaisi vakuutusyhtiöille odotettua tappiota, sillä piste R sijaitsee tarjontakäyrän HH' yläpuolella. Varovaista tyyppiä olevat asiakkaat valitsevat nyt mieluummin pisteen R mukaisen osittaisen vakuutuksen kuin pisteen K mukaisen täyden vakuutuksen, sillä piste R sijaitsee varovaista tyyppiä olevien asiakkaiden indifferenssikäyrällä U^3. Indifferenssikäyrä U^3 leikkaa täyden vakuutuksen suoran pisteen K yläpuolella, jolloin varovaista tyyppiä olevat asiakkaat saavat suuremman odotetun hyödyn pisteen R mukaisesta osittaisesta vakuutuksesta kuin pisteen K mukaisesta täydestä vakuutuksesta. Koska piste R sijaitsee tarjontakäyrällä FF’, niin se on silloin myös vakuutusyhtiöiden kannalta kannattava ja vakuutusyhtiöt saavat normaalin odotetun voiton pisteen R mukaisista vakuutussopimuksista.

On vielä huomattava, että jos vakuutusyhtiöt tarjoavat jotain muuta kuin pisteen R mukaista vakuutussopimusta, niin pisteen R yläpuolella olevat tarjontakäyrän FF’ mukaiset vakuutussopimukset alkavat houkutella myös riskialtista asiakastyyppiä ja tällaiset vakuutussopimukset tuottavat vakuutusyhtiöille odotettua tappiota. Pisteen R alapuolella olevien pisteiden mukaisia vakuutussopimuksia tarjoamalla vakuutusyhtiöt voivat saada hieman paremman hinnan vakuutussopimuksista ja samalla hieman ylimääräistä voittoa, koska tämän kaltaiset vakuutussopimukset houkuttelevat vain varovaista tyyppiä olevia asiakkaita. Riskialtista tyyppiä olevat asiakkaat pitävät pisteen K mukaista täyttä vakuutusta edelleen parempana, sillä pisteen R alapuolella olevat pisteet ovat myös indifferenssikäyrän U^2 alapuolella. Vakuutusyhtiöiden välinen kilpailu kuitenkin eliminoi tämän kaltaisen voiton ja vakuutusyhtiöiden kannattaa tasapainossa tarjota vain pisteen R mukaista vakuutussopimusta, joka houkuttelee ainoastaan varovaista tyyppiä olevia asiakkaita.

Tehtävä pisteen R ratkaisemiseksi voidaan nyt muotoilla maksimointitehtäväksi, jossa varovaista tyyppiä oleva vakuutuksenottaja maksimoi odotettua hyötyään rajoitteina vakuutusyhtiöiden tarjonta varovaista tyyppiä oleville asiakkaille ja valintaehto (self-selection). Valintarajoite tarkoittaa siis sitä, että riskialtista tyyppiä olevien vakuutuksenottajien täydestä vakuutuksesta riskialttiin asiakastyypin ehdoin saama odotettu hyöty on oltava vähintään yhtä suuri kuin riskialttiin asiakastyypin osittaisesta vakuutuksesta varovaisen asiakastyypin ehdoin saama odotettu hyöty.

$$(6.2) \qquad U^2 = U(T - p'C) \geq p'U(T - C - pY + Y) + (1 - p')U(T - pY)$$

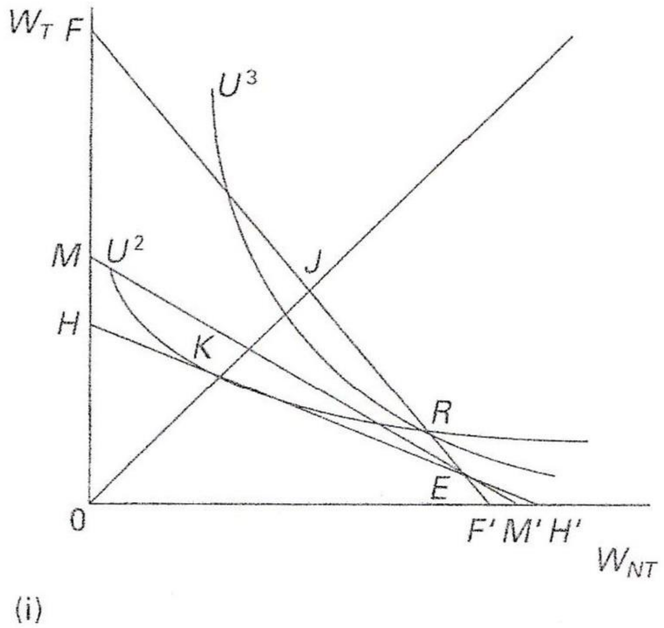
Varovaista tyyppiä olevien vakuutuksenottajien odotettu hyöty siis maksimoituu pisteessä R, missä riskialtista tyyppiä olevien vakuutuksenottajien indifferenssikäyrä U^2

leikkaa vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrän FF' varovaista tyyppiä oleville vakuutuksenottajille. Ratkaistaessa maksimointitehtävä voidaan valintarajoite (self-selection constraint) (6.2) kirjoittaa yhtäsuuruusmuotoon (=) epäyhtälömuodon (≥) sijaan. Saatu ratkaisu on vakuutusturvaltaan laajin mahdollinen mitä vakuutusyhtiöt voivat tarjota kummallekin vakuutuksenottajatyypille samanaikaisesti ilman, että se houkuttelisi riskialtista vakuutuksenottajatyyppiä valitsemaan muuta kuin pisteen K mukaisen täyden vakuutuksen. Saatua ratkaisua sanotaan siis erottavaksi tasapainoksi (separating contracts). Löydetyllä tasapainolla on myös peliteoreettinen tulkinta ja se on esimerkki Bayesin–Nashin tasapainosta epätäydellisen informaation peleille. (Ks. Harsanyi (1967-68) ja Tirole (1990)).

6.4 Erottava tasapaino ja Nashin tasapaino

Erottavassa tasapainossa riskialtista tyyppiä oleva vakuutuksenottaja siis maksimoi odotettua hyötyään valitsemalla täyden vakuutuksen pisteessä K vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrän HH' riskialtista tyyppiä oleville vakuutuksenottajille mukaisin ehdoin, ks. kuvio 6.5. Siitä seuraa, että jokin muu vakuutusyhtiöiden tarjoama vakuutussopimusvaihtoehto, joka voisi tuottaa ylimääräistä voittoa vakuutusyhtiöille, täytyy olla joko sellainen, että se houkuttelee vain varovaista tyyppiä olevaa vakuutuksenottajaa jossain sellaisessa pisteessä, joka sijaitsee vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrän FF' varovaista tyyppiä oleville vakuutuksenottajille alapuolella tai sellainen, joka houkuttelee kumpaakin tyyppiä olevaa vakuutuksenottajaa jossain sellaisessa pisteessä, joka sijaitsee tarjontakäyrän MM' alapuolella. Jos jokin tällainen vakuutussopimusvaihtoehto on löydettävissä, niin silloin erottava tasapaino ei enää täytä Nashin tasapainon ehtoja. (Ks. Hillier (1997) s. 107-108)

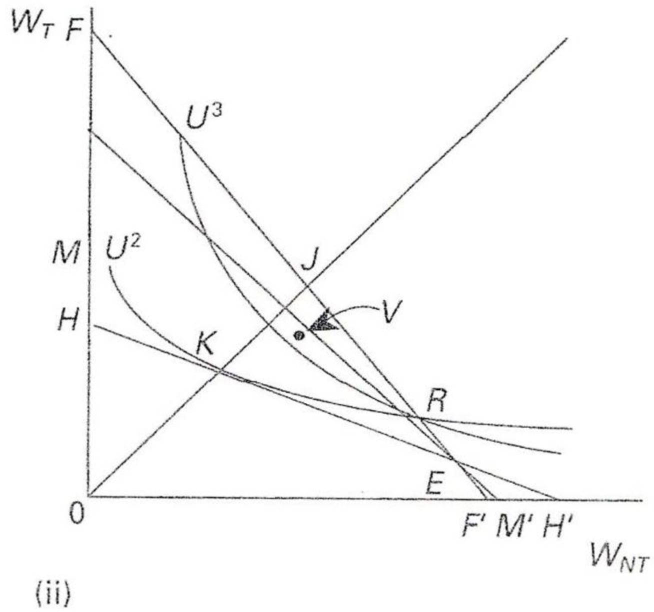
Se, että onko erottava tasapaino Nashin tasapaino vai ei, riippuu nyt siitä, miten vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrä MM' keskimääräistä tyyppiä oleville vakuutuksenottajille sijaitsee suhteessa varovaista tyyppiä olevan vakuutuksenottajan indifferenssikäyrään U^3, joka kulkee pisteen R kautta, ks. kuvio 6.5. Siihen on löydettävissä kaksi eri vaihtoehtoa, joita on tarkasteltu kuvioissa 6.6.(i). ja 6.7.(ii).



Kuvio 6.6.(i). Erottava tasapaino ja Nashin tasapaino. (Ks. Hillier (1997) s. 107).

Kuviossa 6.6.(i). on esitetty vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrä MM’ keskimääräistä tyyppiä oleville vakuutuksenottajille. Tarjontakäyrä MM’ sijaitsee kokonaisuudessaan indifferenssikäyrän U^3 alapuolella. Indifferenssikäyrä U^3 on varovaista tyyppiä olevien vakuutuksenottajien indifferenssikäyrä, joka kulkee pisteen R kautta. Tässä tapauksessa mikä tahansa vakuutusyhtiöiden tarjoama vakuutussopimus, joka houkuttelee varovaista tyyppiä olevia vakuutuksenottajia pois pisteen R mukaisesta vakuutussopimuksesta, houkuttelee aina myös riskialtista tyyppiä olevia vakuutuksenottajia pois pisteen K mukaisesta täydestä vakuutuksesta, jolloin tämän kaltaiset vakuutussopimukset tuottavat vakuutusyhtiöille odotettua tappiota, sillä ne sijaitsevat aina tarjontakäyrän MM’ yläpuolella. Joten tasapainossa vakuutusyhtiöiden kannattaa aina tarjota erottavan tasapainon mukaisia vakuutussopimusvaihtoehtoja eikä erottavan tasapainon ulkopuolelta ole löydettävissä sellaisia vakuutussopimuksia, jotka houkuttelisivat jompaakumpaa vakuutuksenottajatyyppiä pois erottavasta tasapainosta ja jotka voisivat tuottaa ylimääräistä voittoa. Täten erottava tasapaino täyttää Nashin tasapainon ehdot ja on siten esimerkki Bayesin–Nashin tasapainosta epätäydellisen informaation peleille.

Kuviossa 6.7.(ii). on tarkasteltu tilannetta, jossa tarjontakäyrä MM’ leikkaa indifferenssikäyrää U^3. Tämän kaltainen tilanne voi syntyä esim. silloin, kun varovaista tyyppiä olevien vakuutuksenottajien osuus on suurempi kuin verrattuna kuvion 6.6.(i).



Kuvio 6.7.(ii). Erottava tasapaino ja Nashin tasapaino. (Ks. Hillier (1997) s. 107).

tilanteeseen. Tällöin tarjontakäyrä MM' on jyrkempi. Tilanteen voi aiheuttaa myös se, jos esim. varovaista tyyppiä olevat vakuutuksenottajat ovat hyvin riskiä kaihtavia, jolloin indifferenssikäyrä U^3 taittuu alaspäin. Jos indifferenssikäyrä U^3 ja tarjontakäyrä MM' leikkaavat toisensa kuviossa 6.7.(ii). kuvatulla tavalla, niin silloin vakuutusyhtiöiden on mahdollista löytää jokin sellainen vakuutussopimusvaihtoehto, joka houkuttelee kumpaakin vakuutuksenottajatyyppiä pois erottavasta tasapainosta ja joka voi lisäksi tuottaa vakuutusyhtiöille ylimääräistä voittoa. Sellainen vakuutussopimusvaihtoehto on esitetty pisteessä V kuviossa 6.7.(ii).

Koska piste V sijaitsee kumpaakin tyyppiä olevien vakuutuksenottajien indifferenssikäyrien U^2 ja U^3 yläpuolella kuviossa 6.7.(ii)., niin sen kaltainen vakuutussopimusvaihtoehto houkuttelee kumpaakin tyyppiä olevia vakuutuksenottajia pois erottavasta tasapainosta. Edelleen, koska piste V sijaitsee myös vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrän MM' alapuolella, niin tämän kaltainen vakuutussopimusvaihtoehto voi tuottaa vakuutusyhtiöille ylimääräistä voittoa. Vakuutusyhtiöt, jotka tarjoavat erottavan tasapainon mukaisia vakuutussopimuksia eivät enää maksimoikaan voittoaan, vaan nyt vakuutusyhtiöt voivat parantaa voittoaan tarjoamalla asiakkailleen pisteen V mukaista vakuutussopimusta. Tässä tapauksessa erottava tasapaino ei enää täytä Nashin tasapainon ehtoja. Pisteen V mukainen ratkaisu on itse asiassa yhdistävä tasapaino, josta jo edellä todettiin, että se ei voi olla Nashin tasapaino. Vakuutusyhtiöiden on aina mahdollista löytää tällainen piste mistä tahansa tarjontakäyrän MM’ ja indifferenssikäyrän U^3 sekä täyden vakuutuksen suoran rajaamalta alueelta kuviossa 6.7.(ii). Edellä todettiin myös etteivät tämän kaltaiset ratkaisut johda Nashin tasapainoon.

6.5 Vaihtoehtoisia ratkaisuja

Silloin kun Nashin tasapainoa ei ole löydettävissä, se tarkoittaa sitä, että ei ole sellaista vakuutussopimusta tai vakuutussopimuksia, jotka olisivat vakuutusyhtiön kannalta paras vastaus kilpailutilanteessa toisten vakuutusyhtiöiden kanssa. Ratkaisuksi tähän ongelmaan on kehitetty kaksi erilaista ratkaisua, jotka ovat Wilsonin tasapaino (1980) (Wilson equilibrium) ja reaktiivinen tasapaino (Riley 1979) (Reactive equilibrium). Vaikka kumpikin ratkaisu on lähtökohdiltaan samankaltainen koskien kilpailijoiden vastauksia, ne johtavat täysin erilaisiin lopputuloksiin.

Tarkastellaan ensin lyhyesti Wilsonin tasapainoa (1980). Wilsonin tasapaino perustuu ajatukseen, että tasapainoratkaisusta kannattaa poiketa vain, jos tarjottava kilpaileva vakuutussopimusvaihtoehto (defection) ei muutu kannattamattomaksi heti sen jälkeen, kun alkuperäisen tasapainon mukaiset vakuutussopimukset ovat muuttuneet kannattamattomiksi ja sen vuoksi ovat vedetty pois markkinoilta. Yhdistävä tasapaino pisteessä V kuviossa 6.7.(ii). ei selvästikään voi olla ratkaisu, koska se tuottaa ylimääräistä odotettua voittoa vakuutusyhtiöille. Tämän vuoksi vakuutusyhtiöiden välinen kilpailu johtaa siihen, että vakuutusyhtiöt alkavat tarjota vakuutussopimuksia keskimääräisen asiakastyypin mukaisin ehdoin tarjontakäyrältä MM’, joka tuottaa vakuutusyhtiöille normaalin odotetun voiton. Edellä luvussa 6.2. todettiin, että vakuutusyhtiöiden kannattaa tällöin tarjota sellaista tarjontakäyrän MM’ mukaista vakuutussopimusta, joka maksimoi varovaista tyyppiä olevan asiakkaan odotetun hyödyn pisteessä L kuviossa 6.2., jossa varovaista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrä U^1 sivuaa tarjontakäyrää MM’. Tämä on myös yhdistävä tasapaino. Poikkeaminen (defection) tästä tasapainosta johtaisi ns. ”kerman kuorinta”-sopimuksiin (cream-skimming contracts). Jotta tällainen vakuutussopimus houkuttelisi varovaista tyyppiä olevia asiakkaita, sen täytyy olla tarjontakäyrän MM’ yläpuolella. Jos tällainen tarjous tehtäisiin, se alkaisi houkutella varovaista tyyppiä olevia vakuutuksenottajia pois yhdistävästä tasapainosta. Nyt alkuperäinen yhdistävä tasapaino muuttuisi kannattamattomaksi, koska se houkuttelisi enää vain riskialtista tyyppiä olevia vakuutuksenottajia, ja sen vuoksi se vedettäisiin pois markkinoilta. Sen jälkeen tällainen tarjous (defection) alkaisi houkutella myös riskialtista tyyppiä olevia vakuutuksenottajia ja sekin muuttuisi kannattamattomaksi, koska se sijaitsee tarjontakäyrän MM’ yläpuolella. Wilsonin tasapainon idea on siis siinä, että nyt vakuutusyhtiöt tajuavat ettei tämän kaltaista tarjousta (defection) kannata tehdä, koska se aiheuttaa sekä alkuperäisen yhdistävän tasapainon mukaisten vakuutussopimusten että tehdyn kilpailevan tarjouksen mukaisten vakuutussopimusten muuttumisen kannattamattomiksi. Wilsonin tasapaino on siis yhdistävä tasapaino silloin, kun Nashin tasapainoa ei ole löydettävissä.

Tarkastellaan vielä lyhyesti reaktiivista tasapainoa (Riley 1979). Se perustuu ajatukseen, että tasapainosta poikkeava tarjous (defection) esitetään vain, jos se ei muutu heti kannattamattomaksi sen jälkeen, kun toinen tarjous (vastatarjous), jota sanotaan reaktioksi (reaction), on esitetty. Tässä tapauksessa ratkaisu johtaa pisteiden K ja R kuviossa 6.7.(ii). mukaiseen erottavaan tasapainoon, joka on siten reaktiivinen tasapaino (Reactive equilibrium). Tämä johtuu siitä, että pisteen V kuviossa 6.7.(ii). mukainen tasapainosta poikkeava tarjous (defection) muuttuu vakuutusyhtiöiden välisen kilpailun vuoksi kannattamattomaksi edellä kuvatulla tavalla. Ensin vakuutusyhtiöiden välinen kilpailu johtaa pisteen V mukaisesta tarjouksesta tarjontakäyrän MM’ ja pisteen L mukaiseen yhdistävään tasapainoon ja sen jälkeen tehdään ”kerman kuorinta” tarjous (vastatarjous) reaktiona yhdistävälle tasapainolle. Tämän vuoksi ensimmäistä tarjousta ei kannatakaan tehdä vaan vakuutusyhtiöiden kannattaa pitäytyä erottavassa tasapainossa, joka näin ollen on reaktiivinen tasapaino.

Silloin kun Nashin tasapainoa ei ole löydettävissä, vaihtoehtoisina ratkaisuina on esitetty Wilsonin tasapainoa ja reaktiivista tasapainoa. Vaikka ne molemmat perustuvat kilpailijoiden vastauksiin, ne valitettavasti vain johtavat täysin erilaisiin lopputuloksiin. Wilsonin tasapaino on yhdistävä tasapaino ja reaktiivinen tasapaino on erottava tasapaino. Ero johtunee pääosin siitä, että Wilsonin tasapainossa kilpailijoiden vastaus alkuperäisestä tasapainosta poikkeamiseen (defection) aiheuttaa alkuperäisen tasapainon mukaisten vakuutussopimusten markkinoilta pois vetämisen. Reaktiivinen tasapaino sen sijaan perustuu kilpailijoiden vastaukseen tuomalla markkinoille vastatarjous (reaction) reaktiona tasapainosta poikkeamiseen (defection). Kumpi malli vastaa paremmin todellisuutta riippuu siitä kuinka nopeasti kilpailijat kykenevät joko tekemään vastatarjouksen tai vetämään alkuperäisen tasapainon mukaiset vakuutussopimukset pois markkinoilta. Tältä osin aiheeseen liittyvää tutkimustyötä vielä riittää.

6.6 Yhteenveto

Edellä esitetty ratkaisu erottava tasapaino ei kuitenkaan ole Pareto-optimaalinen, sillä valitsemalla esim. pisteen J mukainen vakuutussopimus kuviossa 6.5. voidaan molempien vakuutuksenottajatyyppien saamaa odotettua hyötyä parantaa. On myös mahdollista, että tietyissä olosuhteissa markkinatasapainoa ei esiinny lainkaan. Tämä vaihtoehto tulee todennäköisemmäksi mitä pienempi on jommankumman vakuutuksenottajatyypin suhteellinen osuus koko asiakaskunnasta tai jos eri asiakastyyppien vahinkotodennäköisyyksien välinen ero on todella merkittävä. Lisäksi ratkaisun hyvinvointivaikutukset ovat epäedulliset vakuutuksenottajille, joilla on pienempi vahinkotodennäköisyys. Varovaista tyyppiä olevien vakuutuksenottajien odotettu hyöty on alempi kuin verrattuna tilanteeseen, jossa markkinoilla vallitsee täydellinen informaatio. Täydellisen informaation vallitessa tasapainossa kummallekin asiakastyypille voidaan tarjota täysi vakuutus. Riskialtista tyyppiä olevien vakuutuksenottajien odotettu hyöty on sama molemmissa tapauksissa. Tasapainoratkaisussa ne vakuutuksenottajat, joilla on pienempi vahinkotodennäköisyys, subventoivat niitä vakuutuksenottajia, joilla on suurempi vahinkotodennäköisyys.

Edellä kuvatun kaltaiseen ratkaisuun voidaan päätyä esim. tarkastelemalla vakuutusmarkkinoita vakuutusyhtiöiden näkökulmasta. Kun tarkastellaan tilastollisesti tehtyjä vakuutussopimuksia ja niiden perusteella maksettuja korvauksia, niin on mahdollista päätyä tulokseen, että vakuutuksenottajat jakautuvat tilastollisesti erilaisiin riskikategorioihin ja näille voidaan estimoida vahinkotodennäköisyydet. Tarkastelu suoritetaan tässä tapauksessa jälkikäteen (ex post) ja siten vahinkotodennäköisyyksiä voidaan pitää eksogeenisina. Mallissa ei siis näin ollen huomioida sitä, että vakuutuksenottajat voivat itse omilla valinnoillaan vaikuttaa omaan vahinkotodennäköisyyteensä, sen mukaan mikä kussakin tilanteessa on houkuttelevinta. Tätä vaihtoehtoa on vielä tarkasteltu seuraavassa luvussa.

7 MORAALISEN RISKIN ONGELMA

Tarkasteltaessa vakuutusmarkkinoita eräs esiin tuleva ongelma on ns. moraalisen riskin (moral hazard) ongelma. Termi on hieman erikoinen, mutta ilmiö sinänsä on helposti ymmärrettävissä. Otetaan esim. vakuutusyhtiöiden tarjoama polkupyörävakuutus. Kun on otettu vakuutus, niin se saattaa johtaa siihen, että polkupyörästä pidetään vähemmän huolta kuin aikaisemmin. Tarkastellaan ensin tilannetta, että polkupyörää ei ole mahdollista vakuuttaa. Tällöin polkupyörästä kannattaa pitää hyvää huolta ja esim. hankkia parempi lukko (lukko on aina halvempi kuin uusi polkupyörä). Jos polkupyörä on vakuutettu, niin varkaustapauksessa vakuutusyhtiö korvaa sen aina. Tällöin vakuutuksenottajalle ei aiheudu varkaustapauksesta lisäkustannuksia. Tämä taas saattaa aiheuttaa sen, että polkupyörästä ei enää pidetä niin hyvää huolta kuin ennen (ilman vakuutusta). Tällainen käyttäytyminen on sinänsä ymmärrettävissä vaikkakaan ei kovin puolusteltavaa. Tämän kaltaista houkutuksen (insentiivin) puuttumista varovaiseen käyttäytymiseen sanotaan moraaliseksi riskiksi (moral hazard). (Ks. Varian (2006) s. 700-701).

7.1 Ei-havaittavan käyttäytymisen ongelma

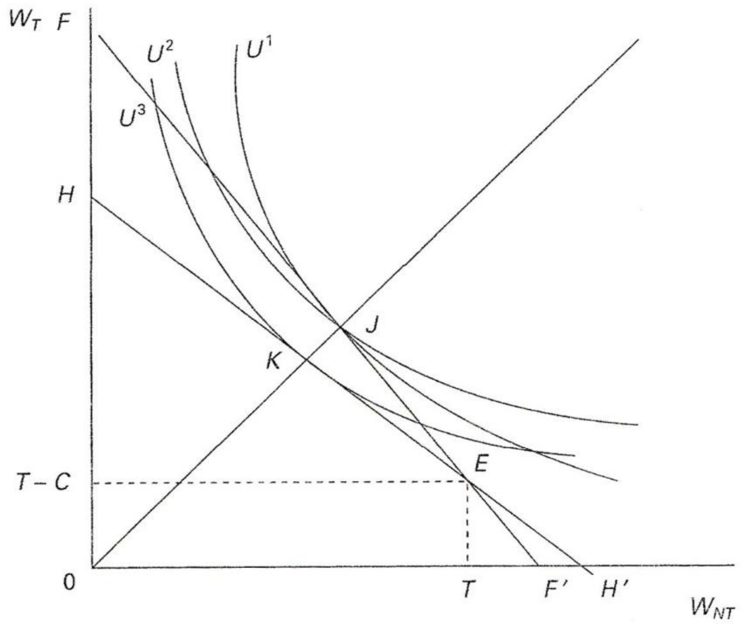
Täydellisen informaation vallitessa vakuutusmarkkinat toimivat tehokkaasti ja asiakkaiden käyttäytyminen voidaan havaita. Jos esim. asiakkaat alkavat käyttäytyä riskialttiimmin kuin aiemmin, niin vakuutusyhtiöt havaitsevat sen heti ja vakuutuksenottajat joutuvat silloin maksamaan enemmän vakuutuksestaan. Vahinkotodennäköisyys on tunnettu ja mitä suurempi se on, sitä enemmän vakuutuksesta joutuu maksamaan.

Moraalisen riskin ongelma voi ilmetä joko ei-havaittavana käyttäytymisenä (hidden action) tai ei-havaittavana tietämyksenä (hidden knowledge). (Ks. Rasmussen (1994) s. 165). Tarkastellaan seuraavaksi ei-havaittavan käyttäytymisen vaikutuksia vakuutusmarkkinoiden toimintaan. Tarkastelu perustuu Grossmannin ja Hartin (1983) malliin. Oletetaan, että vakuutusyhtiöt eivät enää voi havaita yksittäisen asiakkaan käyttäytymistä. Oletetaan nyt, että asiakas voi käyttäytyä joko varovaisesti tai riskialttiisti, mutta vakuutusyhtiöt eivät voi sitä etukäteen havaita. Tämä aiheuttaa vakuutusyhtiöille ongelmia, sillä ei-havaittavan käyttäytymisen vuoksi vakuutussopimuksia ei voida enää hinnoitella suoraan vahinkotodennäköisyyden perusteella asiakkaan käyttäytymiseen perustuen. Vakuutusyhtiöt joutuvat nyt ottamaan tämän huomioon määritellessään vakuutusehtoja ja osoitetaan, että tämä johtaa siihen, että vakuutusyhtiöt eivät voi enää tarjota asiakkailleen täyttä vakuutusta, mikä olisi ollut markkinatasapainon mukaista täydellisen informaation olosuhteissa, vaan vähemmän, osittaista vakuutusta. Seuraava esitys perustuu pääosin lähteeseen Hillier (1997) lukuun 6.

Oletetaan seuraavassa tarkastelussa, että asiakas haluaisi ottaa vakuutuksen, mutta nyt hän voi olla käyttäytymiseltään kahta eri tyyppiä, joko varovainen (vahinkotodennäköisyys p) tai riskialtis (vahinkotodennäköisyys p’). Oletetaan edelleen, että $p < p'$. Lisäksi oletetaan, että varovainen käyttäytyminen aiheuttaa asiakkaalle pienen lisäkustannuksen β ($\beta > 0$) ja että asiakas voi nyt itse valita kummalla tavalla hän käyttäytyy, sen mukaan kumpi on houkuttelevampaa. Tarkastellaan ei-havaittavan käyttäytymisen ongelmaa kuvioiden 7.1., 7.2. ja 7.3. avulla. Kaikki kolme kuviota esittävät periaatteessa samaa ongelmaa, mutta selvyyden vuoksi esitys on jaettu kolmeen osaan.

a) Täysi vakuutus ja yhdistävä tasapaino

Aluksi kuviossa 7.1. on tarkasteltu tilannetta, jossa kumpikin asiakastyyppi voi saada täyden vakuutuksen ja osoitetaan, että se ei voi olla tasapainoratkaisu. Kuviossa 7.1. on esitetty kaksi tarjontakäyrää FF’ ja HH’. FF’ kuvaa vakuutusyhtiöiden tarjontaa silloin, kun asiakas on varovaista tyyppiä ja HH’, kun asiakas on riskialtista tyyppiä. Edelleen kuviossa 7.1. on esitetty kolme indifferenssikäyrää, joista U^1 kuvaa varovaisen asiakastyypin indifferenssejä ja U^2 ja U^3 riskialttiin indifferenssejä. Samalle asiakkaalle täytyy nyt määritellä erilaiset tarjontakäyrät ja indifferenssikäyrät sen mukaan minkälaisen käyttäytymistavan hän valitsee. Luvun 6.2. perusteella vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrien kulmakertoimet ovat seuraavat, suorille FF’ $-(1-p)/p$ ja HH’ $-(1-p')/p'$. Koska $p' > p$, niin tarjontakäyrä FF’ on jyrkempi kuin HH’. Edelleen indifferenssikäyrät ovat myös riippuvaisia termeistä $-(1-p)/p$ ja $-(1-p')/p'$ ja koska $p' > p$, niin varovaisen asiakastyypin indifferenssikäyrät ovat jyrkempiä kuin riskialttiin asiakastyypin indifferenssikäyrät. Indifferenssikäyrät U^1 ja U^2 on valittu siten, että ne kulkevat pisteen J kautta, jonka kautta myös tarjontakäyrä FF’ kulkee ja jossa ne kaikki leikkaavat täyttä vakuutusta kuvaavan suoran. Pisteessä J U^2 kuvaa yhtä suurta hyötyä kuin U^1 plus β. Pisteessä J asiakas saavuttaa saman hyödyn riippumatta siitä miten hän käyttäytyy.

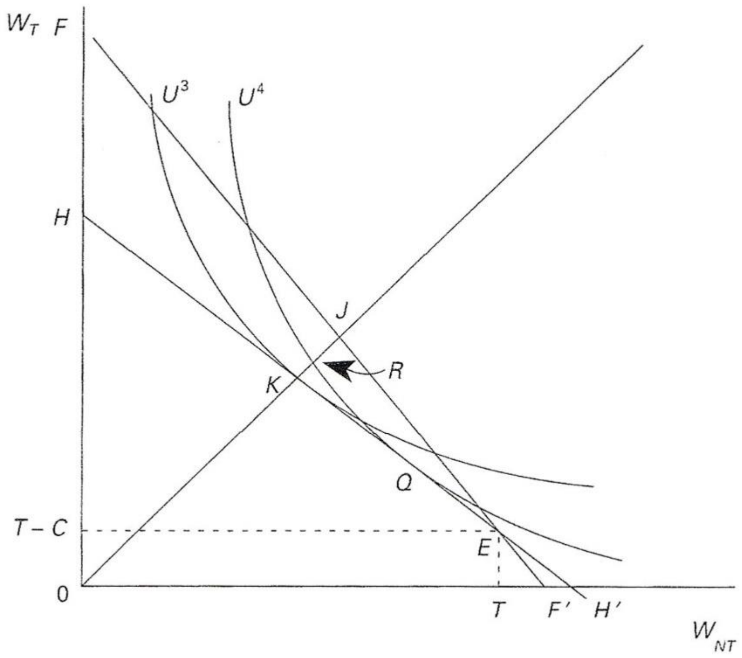


Kuvio 7.1. Täysi vakuutus. (Ks. Hillier (1997) s. 91).

Tosin hän hyötyy summan β verran enemmän, jos hän käyttäytyy riskialttiisti. Edellä kuvatun perusteella se, että U^2 kuvaa suurempaa hyötyä kuin U^1 johtaa siihen, että vakuutusyhtiöt eivät voi tarjota täyttä vakuutusta asiakkaille varovaisen asiakastyypin ehdoin. Tämä seuraa siitä, että asiakas kykenee päättämään käyttäytyäkö varovaisesti vai riskialttiisti. Asiakas haluaisi kyllä valita pisteen J mukaisen täyden vakuutuksen ja tämän jälkeen pyrkisi käyttäytymään tavalla, joka maksimoisi hänen hyötynsä ja alkaisi käyttäytyä riskialttiisti. Kuitenkin, jos asiakas käyttäytyisi riskialttiisti ja hänellä olisi pisteen J mukainen täysi vakuutus, niin hän aiheuttaisi odotettua tappiota vakuutusyhtiölle, koska pisteen J kautta kulkeva tarjontakäyrä FF' kuvaa vakuutusyhtiöiden tarjontaa silloin, kun asiakas on varovaista tyyppiä. Pisteen J mukainen ratkaisu, jossa vakuutusyhtiöt tarjoavat samanlaista täyttä vakuutusta kummallekin asiakastyypille varovaisen asiakastyypin ehdoin (ns. yhdistävä tasapaino), ei siis voi olla ratkaisu.

b) Osittainen vakuutus ja erottava tasapaino

Vakuutusyhtiöt voivat tarjota vakuutussopimuksia myös riskialtista tyyppiä olevien asiakkaiden tarjontakäyrän HH' mukaisin ehdoin. Tarkastellaan sitä kuviossa 7.2. Jos asiakas on riskialtista tyyppiä, niin hän valitsisi mielellään täyden vakuutuksen pisteen K mukaisesti. Siinä riskialtista tyyppiä olevan asiakkaan indifferenssikäyrä U^3 sivuaa tarjontakäyrää HH’. Kuitenkin, jos vakuutusyhtiöt tarjoavat mitä tahansa muuta vakuutussopimusta tarjontakäyrän HH’ ehdoin kuin pisteen K mukaista, niin silloin asiakkaalle tulee houkutus alkaa käyttäytyä varovaisesti ja valita osittainen vakuutus esim. pisteen Q mukaisesti. Siinä varovaisen asiakastyypin indifferenssikäyrä U^4 sivuaa tarjontakäyrää HH’. Tällöin asiakas valitseekin mieluummin osittaisen vakuutuksen kuin täyden vakuutuksen, koska täyden vakuutuksen ehdot eivät enää ole sopivia hänelle, jos hän alkaa käyttäytyä varovaisesti.



Kuvio 7.2. Täysi ja osittainen vakuutus. (Ks. Hillier (1997) s. 93).

Kuviossa 7.2. on nähtävissä, että indifferenssikäyrä U^4 kuvaa suurempaa hyötyä kuin U^3, koska U^4 leikkaa täyden vakuutuksen suoran pisteessä R, joka on ylempänä kuin piste K, ja kuvaa siten suurempaa hyötyä. Tarkastellaan vielä pisteen R mukaista tilannetta. Piste R edustaa asiakkaan kannalta suurempaa hyötytasoa kuin piste K. Jos asiakas käyttäytyy varovaisesti ja voisi valita pisteen R mukaisen täyden vakuutuksen, niin hän saisi suuremman hyödyn kuin pisteessä K, jossa hän voi käyttäytyä riskialttiisti ja jossa hän vielä voi lisätä hyötyään pienellä summalla β. Koska asiakkaan saama kokonaishyöty on sama sekä pisteessä R että pisteessä Q, jos hän käyttäytyy varovaisesti. Siitä seuraa, että indifferenssikäyrä U^4 kuvaa suurempaa hyötyä kuin U^3. Jos verrataan varovaisesti käyttäytyvän asiakastyypin saamaa hyötyä pisteessä Q riskialttiisti käyttäytyvän asiakastyypin saamaan hyötyyn pisteessä K, niin varovaisemmin käyttäytyvä asiakas häviää pienen summan β, mutta voittaa sekä pienentämällä vahinkotodennäköisyyttään että ostamalla vähemmän vakuutusturvaa pisteessä Q kuin pisteessä K.

Tasapaino ei kuitenkaan ole pisteessä Q. Tämä seuraa siitä, että pisteessä Q asiakas, joka on varovaista tyyppiä, joutuisi maksamaan vakuutuksestaan riskialttiin asiakastyypin mukaista korkeampaa yksikköhintaa tarjontakäyrän HH' mukaisin ehdoin, vaikka ottaisikin vain osittaisen vakuutuksen. Tällöin vakuutusyhtiö saisi pisteen Q mukaisesta osittaisesta vakuutuksesta ylimääräistä voittoa. Markkinoilla vallitsevan kilpailun johdosta muut vakuutusyhtiöt tarjoaisivat edullisempia vakuutussopimuksia ja tällä tavoin kilpailu eliminoisi tämänkaltaisen ylimääräisen voiton. Tilanne, jossa vakuutusyhtiö siis tarjoaisi erityyppistä vakuutusta eri asiakastyypeille, täyttä vakuutusta riskialttiille asiakastyypille (piste K) ja osittaista vakuutusta varovaiselle asiakastyypille riskialttiin asiakastyypin ehdoin (piste Q) (ns. erottava tasapaino), ei siis kuitenkaan ole vielä tasapaino.

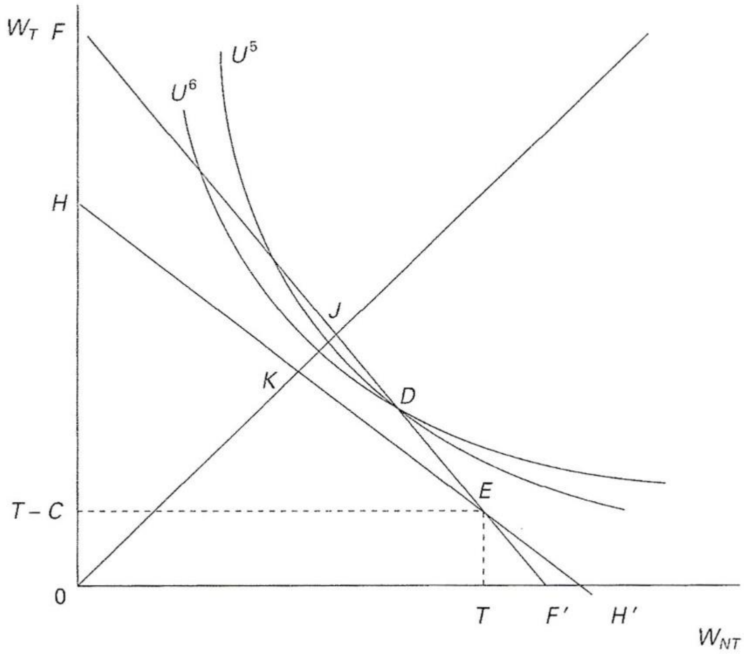
c) Osittainen vakuutus ja yhdistävä tasapaino

Minkälaisia vakuutuksia vakuutusyhtiöiden sitten kannattaisi asiakkailleen tarjota? Edellä todetun perusteella vakuutussopimukset tulisivat olemaan ehdoiltaan parempia kuin pisteen Q mukaiset vakuutussopimukset kuviossa 7.2. Tarjottavan vakuutuksen yksikköhinta alensi ja edullisemman hinnan vuoksi laajemman vakuutusturvan kysyntä kasvaisi. Kilpailuprosessi jatkuisi kunnes markkinatasapaino saavutettaisiin. Tasapainossa vakuutuksen yksikköhinta vastaisi lopulta varovaisen asiakastyypin vahinkotodennäköisyyttä p ja tasapainohinta löytyisi jostain pisteestä tarjontakäyrältä FF'.

Edellä kuvatun perusteella kuitenkin tiedetään, että tarjontakäyrän FF' mukainen täysi vakuutus pisteessä J kuviossa 7.1. ei voi tulla kyseeseen. Tasapaino on silti löydettävissä tarjontakäyrältä FF' jostain pisteestä, jossa vakuutusyhtiöt tarjoavat osittaista vakuutusta esim. pisteessä D kuviossa 7.3., joka voi kyllä olla lähellä täyttä vakuutusta pisteessä J. Kuviossa 7.3. on esitetty vakuutusyhtiöiden tarjontakäyrät FF' varovaista tyyppiä oleville asiakkaille ja HH' riskialtista tyyppiä oleville asiakkaille. Tarkastellaan varovaisen asiakastyypin tarjontakäyrää FF'. Nyt tarjontakäyrän FF' mukaiset vakuutussopimukset eivät täytä insentiiviyhteensopivuuden (incentive compatibility) ehtoa, kun kyseessä on riskialtista tyyppiä oleva asiakas. Tämä seuraa siitä, että vakuutussopimus tarjontakäyrän FF' mukaisin ehdoin antaa riskialtista tyyppiä olevalle asiakkaalle houkutuksen käyttäytyä jatkossakin riskialttiisti, mikä taas ei ole vakuutusyhtiöiden tavoite ja aiheuttaisi niille odotettua tappiota. Edelleen tiedetään, että täyden vakuutuksen pisteessä J myös varovaista tyyppiä olevalla asiakkaalla on houkutus alkaa käyttäytyä riskialttiisti, sillä hän voittaisi siten pienen summan β verran.

Tarjontakäyrällä FF' pisteen J ja täyden vakuutuksen suoran yläpuolella olevat pisteet kuviossa 7.3. kuvaavat niitä pisteitä, joissa korvaus tapahtuneesta vahingosta ylittää vahingon suuruuden ts. $W_T > W_{NT}$. Nämä pisteet ilman muuta houkuttelisivat asiakasta käyttäytymään riskialttiisti, sillä vahinkotapauksessa saatava hyöty (korvaus) olisi suurempi kuin tapauksessa, jossa vahinkoa ei tapahdu, eivätkä nämä pisteet siten täytä insentiiviyhteensopivuuden ehtoa. On varsin ymmärrettävää, että vakuutusyhtiöt eivät tarjoa tämän kaltaisia vakuutussopimuksia asiakkailleen, vaan yrittävät estää asiakkaita ylivakuuttamasta esim. omaisuuttaan. Koska se houkuttelisi asiakasta riskin ottamiseen varovaisuuden sijaan, mikä taas on vastoin vakuutusyhtiöiden tarkoitusta ja liikeideaa, kun ne tarjoavat vakuutussopimuksia asiakkailleen. Tämä on esimerkki moraalisesta riskistä (moral hazard) tai vakuutusyhtiöiden kannalta haitallisesta valinnasta.

Tarkastellaan seuraavaksi pistettä E kuviossa 7.3., jossa tarjontakäyrät FF' ja HH' leikkaavat toisensa. Piste E kuvaa myös tilannetta, jossa asiakkaalla ei ole vakuutusta. Siinä pisteessä käyttäytymisen voidaan olettaa olevan varovaista. Varovaisesta käyttäytymisestä aiheutuva kustannus β on niin pieni, että henkilö, jolla ei ole vakuutusta, on valmis maksamaan sen pienentääkseen vahinkotodennäköisyyttään. Tarjontakäyrällä FF' on siten jossain kohtaa pisteiden E ja J välillä piste, jossa asiakas on indifferentti sen suhteen käyttäytyykö hän varovaisesti vai riskialttiisti. Se on esitetty kuviossa 7.3. pisteessä D, jossa indifferenssikäyrät U^5 ja U^6 leikkaavat toisensa. U^5 kuvaa varovaisesti käyttäytyvän asiakkaan indifferenssejä ja U^6 kuvaa riskialttiisti käyttäytyvän asiakkaan indifferenssejä. Asiakas on siis tässä pisteessä indifferentti sen suhteen käyttäytyäkö varovaisesti vai riskialttiisti. Koska U^5 kuvaa varovaisesti käyttäytyvän asiakkaan indifferenssejä, niin se leikkaa täyden vakuutuksen suoran ylempää kuin indifferenssikäyrä U^6, joka kuvaa riskialttiisti käyttäytyvän asiakkaan indifferenssejä. Indifferenssikäyrien U^5 ja U^6 erotus pisteissä, jossa ne leikkaavat täyden vakuutuksen suoran, kuvaa varovaisesta käyttäytymi-



Kuvio 7.3. Osittainen vakuutus. (Ks. Hillier (1997) s. 93).

sestä (vakuutuksesta) saatavaa lisähyötyä, joka tarvitaan kompensoimaan varovaisesta käyttäytymisestä aiheutuvaa kustannusta β verrattuna tilanteeseen, jossa käyttäytyminen on riskialtista.

Tarkastellaan lopuksi pistettä D. Tarjontakäyrällä FF' pisteiden D ja J välillä olevat pisteet, piste J mukaan lukien, edustavat insentiiviyhteensopimattomia vakuutussopimuksia ja pisteiden D ja E välillä olevat pisteet, piste D mukaan lukien, edustavat mahdollisia vakuutussopimuksia. Pisteiden D ja E välillä varovaisesta käyttäytymisestä saatava odotettu hyöty on siis suurempi kuin siitä aiheutuva kustannus β ja pisteiden D ja J välillä vastaavasti odotettu hyöty on pienempi kuin β. Jos β oletetaan pieneksi, niin piste D voi olla hyvinkin lähellä pistettä J, jolloin myös tarjottava vakuutussopimus voi olla jo lähellä täyttä vakuutusta. Pisteen D mukainen vakuutus on siis suurin mahdollinen ts. vakuutusturvaltaan laajin mahdollinen mitä vakuutusyhtiöt voivat asiakkailleen tarjota niin että vakuutussopimus vielä täyttää insentiiviyhteensopivuuden (incentive compatibility) ehdon. Pisteessä D korvaus aiheutuneesta vahingosta on pienempi kuin vahingon suuruus ts. $W_T < W_{NT}$, mutta vain juuri sen verran, että asiakkaan vielä kannattaa maksaa kustannus β varovaisesta käyttäytymisestään. Myös asiakkaan kannalta pisteen D mukainen vakuutus on paras mahdollinen niistä vakuutussopimuksista, joita vakuutusyhtiöt voivat tarjota tarjontakäyrän FF’ mukaisin ehdoin ja jossa asiakkaan vielä kannattaa käyttäytyä varovaisesti.

Tehtävä voidaan nyt muotoilla maksimointitehtäväksi, jossa asiakas maksimoi odotettua hyötyään vakuutusyhtiöiden tarjoamien vakuutussopimusten puitteissa, jossa vakuutussopimusten on täytettävä lisäksi insentiiviyhteensopivuusehto. Insentiiviyhteensopivuusehto voidaan nyt muotoilla seuraavasti:

(7.1) $pU(W_T) + (1 - p)U(W_{NT}) - \beta \geq p'U(W_T) + (1 - p')U(W_{NT})$

Missä $W_T = (T - C + (1 - p)Y)$ ja $W_{NT} = (T - pY)$. Rajoitteen vasen puoli kuvaa asiakkaan odotettua hyötyä, kun käyttäytyminen on varovaista ja oikea puoli kuvaa odotettua hyötyä, kun käyttäytyminen on riskialtista. Käyttäytymisen oletetaan olevan varovaista. Ratkaistaessa maksimointitehtävä voidaan insentiiviyhteensopivuusehto (7.1) kirjoittaa yhtäsuuruusmuotoon (=) epäyhtälömuodon (≥) sijaan.

Löydetty tasapaino on ns. yhdistävä tasapaino, jossa molemmille asiakastyypeille tarjotaan samanlaista vakuutussopimusta, osittaista vakuutusta, jossa on tietyn suuruinen omavastuuosuus. Omavastuuosuuden käyttö on siis vakuutusyhtiöiden vastaus moraalisen riskin ongelmaan. Löydetyllä tasapainolla on myös peliteoreettinen tulkinta ja se on esimerkki Bayesin–Nashin tasapainosta epätäydellisen informaation peleille.
(Ks. Harsanyi (1967-68) ja Tirole (1990)).

7.2 Yhteenveto

Asymmetrisen informaation vallitessa, missä vakuutusyhtiöt eivät kykene havaitsemaan asiakkaiden käyttäytymistä, ei yleensä kannata tarjota täyttä vakuutusta. Osa riskistä on järkevää jättää vakuutuksenottajan itsensä kannettavaksi. Niinpä erilaisissa vakuutuksissa on usein tietyn suuruinen omavastuuosuus, jossa vakuutuksenottaja joutuu itse korvaamaan osan vahingon aiheuttamista kustannuksista. Omavastuuosuus tarjoaa houkuttimen (insentiivin) varovaiselle käyttäytymiselle ja siten pienentää osaltaan vahinkotodennäköisyyttä ja edelleen moraalisen riskin vaaraa. Lisäksi omavastuuosuus osaltaan rajoittaa korvaushakemusten tekemistä, sillä pienistä, suunnilleen omavastuuosuuden suuruisista tai pienemmistä, vahingoista ei kannata hakea korvausta. Siten omavastuuosuuden käyttö myös säästää vakuutusyhtiöiden kustannuksia korvaushakemusten käsittelyn osalta. (Ks. Varian (2006) s. 700-702 ja Hillier (1997) s. 95)

Ei-havaittavan käyttäytymisen mallissa on otettu huomioon nyt se, että asiakkaat voivat omilla valinnoillaan vaikuttaa käyttäytymiseensä ja edelleen vahinkotodennäköisyyteensä. On realistista olettaa, että asiakkaat kykenevät käyttäytymään, sen mukaan mikä kulloinkin on houkuttelevinta. Nyt vakuutusyhtiöiden ongelmana on tarjota asiakkailleen sellainen vakuutussopimusvaihtoehto, joka täyttää insentiiviyhteensopivuusehdon ja pitää yllä houkutusta varovaiseen käyttäytymiseen ja valitsemaan käyttäytymistapa, joka on vakuutusyhtiöiden ja miksei omankin edun mukainen ja järkevä.

Moraalisen riskin vaikutukset markkinatasapainolle ovat sen sijaan paradoksaaliset. Täydellisen informaation vallitessa markkinatasapaino määräytyy kysynnän ja tarjonnan perusteella. Nyt asymmetrisen informaation vallitessa vakuutusyhtiöt eivät kykene myymään niin paljon kuin haluaisivat moraalisen riskin vuoksi eivätkä asiakkaat voi ostaa niin paljon kuin haluaisivat. Markkinoilla siis esiintyy jonkin asteista säännöstelyä ja vakuutusyhtiöiden on pakko rajoittaa myyntiä, jotta asiakkaiden insentiivi varovaiseen käyttäytymiseen säilyisi. Hyvinvoinnin kannalta löydetty tasapaino on myös inferiorinen verrattuna täydellisen informaation tasapainoon, jossa kokonaishyvinvointi on korkeammalla tasolla. (Ks. Varian (2006) s. 701 ja Hillier (1997) s. 96).

Lopuksi voidaan vielä todeta, että vaikkeivät vakuutusyhtiöt tahdokaan vakuutuksenottajien ottavan täyttä vakuutusta, niin asiakkaat kyllä tahtoisivat sellaisen ottaa. Niin, miksi ei asiakas voisikin ottaa vakuutuksen samaa riskiä vastaan kahdesta eri vakuutusyhtiöstä ja vakuuttaa puolet riskistä kummassakin vakuutusyhtiössä. Jos asiakas tekisi niin, hänellä olisi tällä tavoin taas täysi vakuutus eikä hänellä enää olisikaan houkutusta käyttäytyä varovaisesti. Niinpä vakuutusyhtiöt pyrkivät estämään tämän kaltaisen toiminnan asettamalla vakuutuksiin ehtoja, joilla vakuutuksen tiettyä riskiä vastaan voi ottaa vain yhdestä vakuutusyhtiöstä tai kielletään vakuuttamasta samaa riskiä useammassa kuin yhdessä vakuutusyhtiössä. (Ks. Hillier (1997) s. 96).

8 LOPUKSI

Lopuksi voidaan vielä todeta, että asymmetrinen informaatio saattaa aiheuttaa markkinoiden toiminnalle monenlaisia ongelmia verrattuna täydellisen informaation olosuhteisiin. Markkinoiden toimiessa täydellisen informaation vallitessa on markkinatasapaino olemassa suhteellisen yleisillä oletuksilla. Tasapaino on yksikäsitteinen ja tasapainossa kysyntä on aina yhtä suuri kuin tarjonta. Lisäksi tasapaino on Pareto-optimaalinen ja kaikilla hyödykkeillä on sama hinta. Asymmetrisen informaation (asymmetric information) olosuhteissa mikään edellä mainittu ei välttämättä pidä enää paikkaansa. Tässä työssä on siis tarkasteltu peliteoriaa ja soveltavana esimerkkinä asymmetrisen informaation vaikutuksia vakuutusmarkkinoihin.

Tähän työhön on pyritty kokoamaan taloustieteen näkökulma vakuutusmarkkinoihin. Vakuutusteoriasta on myös vakuutusmatematiikan näkökulma, mutta sitä ei tässä työssä ole tarkasteltu. Yleisesti vakuutusmarkkinoiden tarkastelu taloustieteen näkökulmasta on varsin hajanaista. Mikroteoriaan perustuva tarkastelu perustuu epävarmuuskäyttäytymiseen ja von Neumann–Morgenstern tyyppiseen hyötytarkasteluun. Tämän lisäksi on myös peliteoreettinen näkökulma. Asymmetriseen informaatioon liittyvät haitallinen valikoituminen (adverse selection) ja haitallisen valinnan (moral hazard) ongelma. Ilmiöitä on tutkittu paljon ja tehdyissä töissä tavanomaisesti tarkastellaan kumpaakin ilmiötä. Haitallisen valikoitumisen mallin vakuutusmarkkinoilla ovat alun perin esittäneet Rothschild ja Stiglitz (1976). Myös haitallisen valinnan ongelmaa on tutkittu vakuutusmarkkinoilla Grossman ja Hart (1983). Lisäksi em. ongelmia on tutkittu myös rahoitusmarkkinoilla Stiglitz ja Weiss (1981) ja Hillier (1997) sekä työvoimamarkkinoilla Stiglitz ja Weiss (1983) ja Hillier (1997).

Lisäksi tarkasteltaessa traditionalista teoriaa ja peliteoriaa hyötyteorian näkökulmasta löydettiin yllättävä yhteys näiden teorioiden välille. Peliteoria täydentää traditionaalista teoriaa duopoli- ja oligopolimallien osalta ja itse asiassa traditionaalinen hyötytarkastelu jopa voidaan johtaa peliteoreettisesta hyötytarkastelusta käsin.

9 LÄHTEET

Arrow K.J. and Honkapohja S. (1985): Frontiers of Economics, Basil Blackwell Ltd, What is game theory trying to accomplish?

Aumann R. and Hart S. (2002): (ed.), Handbook of Game Theory, With Economic Applications, Volume 3, North Holland.

Biswas T. (1997): Decision-Making under Uncertainty, MacMillan Press Ltd.

van Damme E. (1991): Stability and Perfection of Nash Equilibria, Second Edition, Springer-Verlag, Berlin.

Debreau G. (1959): Theory of Value, Wiley, New York.

Friedman J.W. (1990): Game Theory with Applications to Economics, Second Edition, Oxford University Press.

Fudenberg D. and Tirole J. (1991): Perfect Bayesian Equilibrium and Sequential Equilibrium, Journal of Economic Theory 53, 236-260.

Grossman S. and Hart O. (1983): An Analysis of the Principal Agents Problem, Econometrica 52, 1-45.

Harsanyi J.C. (1967-68): Games with Incomplete Information Played by Bayesian Players, Parts I,II and III. Management Science 14, 159-182, 320-334, 486-502.

Harsanyi J.C. (1977): Rational Behaviour and Bargaining Equilibrium in Games and Social Situations, Cambridge University Press.

Hillier B. (1997): The Economics of Asymmetric Information, MacMillan Press Ltd.

Hirshleifer J. and Riley J.G. (1992): The Analytics of Uncertainty and Information, Cambridge University Press.

Jehle G.A. and Reny P.J. (2011): Advanced Microeconomic Theory, Third Edition, Prentice Hall.

Koskela E. (1990): Epävarmuuskäyttäytymisen Talousteoriaa ja Sovellutuksia, julkaisematon luentomoniste, Turun Yliopisto, Taloustiede.

Kreps D. and Wilson R. (1982): Sequential Equilibria, Econometrica 50, 863-894.

Kuhn H. and Tucker A. (1953): (ed.), Contributions to the Theory of Games II, Princeton University Press, Princeton.

Laffont J.J. and Moreant M. (1991): (ed.), Dynamics, Incomplete Information and Industrial Economics, Basil Blackwell Ltd.

Mertens J.M. and Zamir S. (1985): Formulation of Bayesian Analysis for Games with Incomplete Information, International Journal of Game Theory 14, 1-29.

McKenna C.J. (1986): The Economics of Uncertainty, Wheatsheaf Books Ltd.
Nash J. (1951): Noncooperative Games, Annals of Mathematics 54, 286-295.

Neumann J. von and Morgenstern O. (1947): Theory of Games and Economic Behaviour, Second Edition, Princeton University Press.

Rasmussen E. (1994): Games and Information, Second Edition, Blackwell Publishers.

Riley J.G. (1979): Informational Equilibrium, Econometrica 47, 331-359.

Rothschild M. and Stiglitz J. (1976): Equilibrium in Competive Insurance Markets: "An Essay on the Economics of Imperfect Information", Quarterly Journal of Economics 90, 629-649.

Rubinstein A. (1990): (ed.), Game Theory in Economics, Edvard Elgar Publishing Ltd.

Salonen H. (1988): Peliteorian Perusteet, julkaisematon luentomoniste, Turun Yliopisto, Taloustiede.

Selten R. (1965): Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfragetragheit, Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft 121, 310-324.

Selten R. (1975): Re-examination of the Perfectness Concept for Equilibrium Points in Extensive Games, International Journal of Game Theory 4, 25-55.

Shy O. (1997): Industrial Organization, Theory and Applications, The MIT Press, London England, Third Printing.

Stenborg M. (1987): Talouspolitiikka ja Peliteoria, Taloustieteen Julkaisuja, Sarja A:17, Turun Yliopisto.

Tirole J. (1990): The Theory of Industrial Organization, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, Fourth Printing.

Varian H. (2006): Intermediate Micro Economics, A Modern Approach, Seventh Edition, W.W.Norton & Company, New York, London

Wilson C. (1980): The Nature of Equilibrium in Markets with Adverse Selection, Bell Journal of Economics, vol. 11, 108-130.