SUOMEN PANKIN
KIRJASTO

KESKUSTELUALOITTEITA
DISCUSSION PAPERS

Olli-Pekka Lehmussaari

VALUUTTAOPTIOT – UUSIN RISKEILTÄ SUOJAUTUMISEN VÄLINE

E 45, E 46
Kuustiriikit
valiot

22.8.1984

VP 3 / 84

Suomen Pankin
Valuuttapolitiikan osasto

Bank of Finland
Exchange Policy Department

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO 1

2 VALUUTTAOPTIOTERMINOLOGIAA 3

3 VALUUTTAOPTIOT JA YRITYSTEN ULKOMAANTOIMINNOT 7

4 YKSINKERTAISIA OPTIOSTRATEGIOITA 10

5 VALUUTTAOPTIOIDEN MYYNTI JA VALUUTTAKURSSIRISKI 13

6 VALUUTTAOPTIOIDEN HINNOITTELU 15

7 YHTEENVETO 21

LÄHDELUETTELO

LIITE

1 Johdanto

Valuuttakurssien huomattavien vaihteluiden johdosta kansainvälisille valuutta- ja rahoitusmarkkinoille on kehittynyt useita erillisiä markkinoita, joiden avulla riskit siirtyvät riskin karttajalta sen ottajalle tietyn hintamekanismin avulla. Lisääntyneen epävarmuuden synnyttämistä markkinoista lienevät termiini- ja futuurimarkkinat laajimmat ja tunnetuimmat. Valuuttakurssiriskeiltä suojautuminen yksinomaan näillä markkinoilla merkitsee kuitenkin yrityksen kannalta varsin passiivista asennetta riskeiltä suojautumisen ongelmaan ja saattaa joissakin olosuhteissa aiheuttaa tulon menetyksiä vaihtoehtoisiin menettelyihin verrattuna.

Viime aikoina termiini- ja futuurimarkkinoiden rinnalle onkin nopeasti kehittynyt nk. valuuttaoptiomarkkinat. Nämä markkinat ovat selvästi lisänneet kurssiriskeiltä suojautumisen joustavuutta sekä parantaneet yritysten toimintaedellytyksiä mm. valuuttamääräisten tarjousten teossa. Aikaisemmin optiokauppoja on tehty USA:ssa valtion erityyppisillä lainapapereilla, yritysten osakkeilla, kultafutuureilla sekä erilaisilla hyödykkeillä. Maataloushyödykkeiden optiokaupat ovat kuitenkin olleet kiellettyjä USA:ssa vuodesta 1939 mutta myös näiden kauppojen oletetaan alkavan lähiaikoina uudestaan (ks. Belongia 1983, Belongia - Gregory 1984, Goodman 1983).

Valuuttaoptio on sopimus, jossa toinen osapuoli myöntää toiselle sopijapuolelle oikeuden ostaa tai myydä tietyn määrän valuuttaa sovituilla ehdoilla. Option ostaja voi käyttää oikeuttaan sovitun ajan-

jakson aikana (amerikkalainen optio) tai ennalta määrättynä päivänä (eurooppalainen optio). Sopimuksentekohetkellä option ostaja maksaa option myyjälle (writer) optiomarkkinoilla (esim. pörssi) määräytyvän preemiomaksun, jonka option myyjä voi pitää, vaikka ei joutuisikaan toteutuneen markkinakehityksen tai mahdollisten muiden syiden johdosta täyttämään sitoumustaan.

Tällä hetkellä valuuttaoptiokauppoja tehdään ensisijassa pörsseissä[1] (Amsterdam, Chicago, Montreal, Philadelphia, Vancouver), mutta myös suuret amerikkalaiset, englantilaiset ja japanilaiset pankit ovat viime aikoina ryhtyneet laajemmin myymään optioita asiakkaiden tai muiden pankkien erityistoiveiden mukaan.

Pörsseissä kaupatut valuuttaoptiot ovat amerikkalaistyyppisiä. Optiokauppoja voi tehdä useimmissa päävaluutoissa ja niiden maturiteetit vaihtelevat yleensä kolmesta kuukadesta yhdeksään kuukauteen. Pankkioptioita lienee nyttemmin mahdollista tehdä myös markkinoiltaan melko ohuissa vaihdettavissa valuutoissa.

Myös suomalaiset pankit ja yritykset ovat tätä nykyä osoittaneet lisääntynyttä kiinnostusta valuuttaoptiomarkkinoita kohtaan. Pääasiallisin kiinnostus on luonnollisesti kohdistunut markkaoptioihin, joita ei kuitenkaan noteerata kansainvälisissä pörsseissä.

---

1) Valuuttaoptiopörssi avattiin ensimmäisen kerran Philadelphiassa 10.12.1982. Sopimusvaluuttana oli tuolloin ainoastaan Englannin punta. Philadelphian pörssin valuuttaoptiokauppojen erityispiirteistä ks. liite.

Suomalaisten pankkien kannalta markkaoptioiden kirjoittaminen edellyttää huomattavasti hienostuneempaa valuuttariskien seurantajärjestelmää ja asiantuntemusta kuin esimerkiksi termiinimarkkinoilla toimittaessa. Tällä hetkellä voimassa olevat valuuttamääräykset eivät kuitenkaan salli suomalaisten yritysten tai pankkien osallistua valuuttaoptiomarkkinoille.

Seuraavassa tarkastellaan lähemmin optiomarkkinoiden erityispiirteitä, markkinoiden toimintaa sekä valuuttaoptiokauppoihin liittyvää käsitteistöä. Lisäksi pohditaan optiomarkkinoiden välityksellä tapahtuvaa valuuttakurssiriskien uudelleen allokointia sekä riskien kattamista ja markkinoiden toimivuuden kannalta keskeistä hinnoittelumekanismia.

2 Valuuttaoptioterminologiaa

Koska valuuttaopitiomarkkinoihin liittyvä terminologia lienee jossain määrin tuntematonta, on esityksen alussa perusteltua käydä läpi optiomarkkinoiden keskeisimmät käsitteet.

- <u>calloptio</u> oikeuttaa mutta ei velvoita <u>ostamaan</u> tietyn määrän valuuttaa sovittuun kurssiin annetun ajanjakson kuluessa.

- <u>putoptio</u> oikeuttaa mutta ei velvoita <u>myymään</u> tietyn määrän valuuttaa sovittuun kurssiin annetun ajanjakson kuluessa.

- option ostajan on maksettava oikeudestaan valuuttakauppaan sopimuksentekohetkellä nk. preemiomaksu. Kaupan seurauksena option ostajalle ei synny avointa positiota.

- option myyjä saa sopimuksentekohetkellä preemiomaksun ja on velvollinen myymään/ostamaan sopimuksessa sovitun valuuttamäärän tietyllä hinnalla option omistajan niin halutessa. Option myyjälle syntyy kaupan yhteydessä kurssiriski.

- call- ja putoption sanotaan olevan "at the money" kun valuutan sovittu vaihtokurssi on yhtä suuri kuin tarkasteluhetken avistakurssi.

- calloption sanotaan olevan "in the money" jos sovittu vaihtokurssi on alempi kuin tarkasteluhetken avistakurssi tai putin kun sovittu vaihtokurssi on korkeampi kuin vallitseva avistakurssi.

- calloption sanotaan olevan out of money jos sovittu vaihtokurssi on korkeampi kuin tarkasteluhetken avistakurssi ja putoption kun sovittu vaihtokurssi on alempi kuin vallitseva avistakurssi.

- option luontainen arvo (intrinsic value) ilmaisee sen kuinka paljon option myynti tuottaisi tarkasteluhetkellä. Option tulee tällöin olla "in the money".

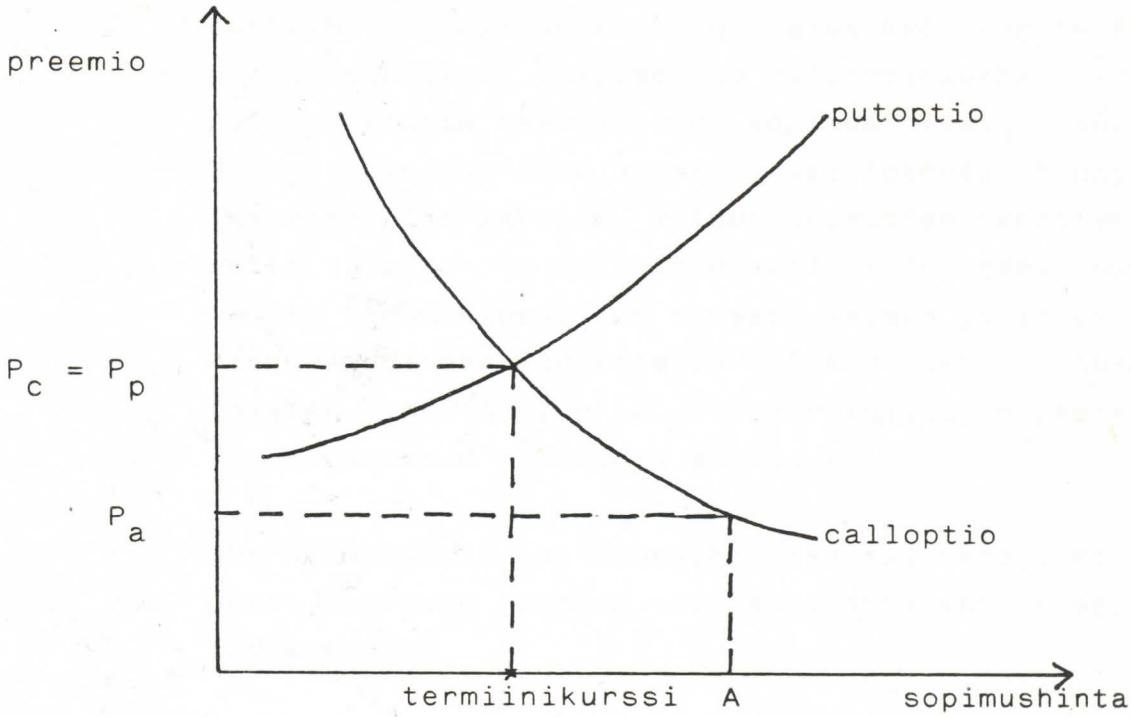
- option aika-arvo (time value) on preemion (=option hinta) ja option luontaisen arvon erotus. Jos optio on "at the money" tai "out of the money" sen arvo koostuu kokonaisuudessaan aika-arvosta.

- deltakerroin on option arvon muutos verrattuna ko. valuutan kurssimuutokseen.

Valuuttaoption hinta muodostuu option luontaisesta arvosta ja sen aika-arvosta. Option aika-arvolla on erityisen keskeinen asema hinnanmuodostumisessa. Aika-arvon johdosta option hinta on yleensä suurempi kuin sen luontainen arvo. Koska tulevaisuuteen liittyy epävarmuutta ja markkinoilla toimivien agenttien näkemykset tulevasta hintakehityksestä poikkeavat, on option aika-arvo yleensä positiivinen ja siten myös "out of money"ja "at the money" optioiden hinta (=preemio).

Aika-arvoon vaikuttavia tekijoitä ovat mm. optiokaupan maturiteetti, sopimushinta, korot sekä sopimuksen kohteena olevan valuutan vaihtokurssin historiallinen tai odotettu stabiilisuus. Voidaan osoittaa, että calloption preemio alenee option sopimushinnan noustessa ja vastaavasti nousee putoption osalta. Tämä yhteys on esitetty kuviossa 1. Calloption hinnan muodostumista sekä sen ja sopimushinnan välistä yhteyttä tarkastellaan myöhemmin luvussa kuusi.

KUVIO 1 Put- ja calloptioiden preemioiden välinen yhteys



Jos voidaan olettaa, että valuutan termiinikurssi on sen tulevan vaihtokurssin paras estimaatti, ovat put- ja callpreemio yhtä suuria silloin kun molempien optioiden sopimushinta on yhtä suuri kuin ko. termiinikurssi. Tämän seurauksena kuviossa 1 esitettyä calloption sopimushintaa A vastaavan preemion P_a tulee olla melko alhainen, koska optio oikeuttaa ostamaan valuuttaa huomattavasti korkeammalla hinnalla kuin markkinoiden relevantti ennuste edellyttäisi. Markkinoiden toiminnan kannalta put- ja calloptioiden preemioiden ei kuitenkaan tarvitse olla yhtä suuria.

Termiinikurssin ja option sopimushinnan välistä yhteyttä voidaan tarkastella myös nk. put-call-termiinikurssipariteetin avulla (Mirus, 1984). Eurooppalaisen putoption myyminen sopimushinnalla K ja samanaikaisesti vastaavan calloption osta-

minen on vaikutuksiltaan yhtäläinen kuin jos ostaisi valuuttaa termiinillä. Jos maturiteetin päättyessä sopimuskurssi on alempi kuin sen hetkinen avistakurssi realisoituu calloptikauppa ja putoptiokauppa raukeaa. Jos sopimuskurssi on korkeampi kuin vastaava avistakurssi toteutuvat päinvastaiset transaktiot. Valuuttakurssien kehittymisestä riippumatta on optiopositio siten samansuuntainen termiiniposition kanssa. Vapaan ja tehokkaan vaihdannan perusteella tulee näiden vaihtoehtoisten riskittömien valuuttaportfolioiden yksikkökustannusten olla yhtä suuria.

Jos mahdollisia välityspalkkioita tai veroja ei oteta huomioon voidaan edellä kuvattu yhteys esittää muodossa

$$(1) \qquad (C - P)e^{rT} + K = F,$$

jossa C - P on netto-optioinvestoinnit, K optioiden sopimushinta ja F termiinikurssi. Koska optiomaksut tapahtuvat sopimuksentekohetkellä on ne prolongoitu maturiteetin T yli korkokannalla r. Yhtälöstä nähdään mm. aikaisemmin esitetty tulos, että jos K = F niin C = P.

3 Valuuttaoptiot ja yritysten ulkomaantoiminnot

Valuuttaoptiot, kuten myös termiinisopimukset, tarjoavat yrityksille suojautumismahdollisuuden odottamattomien kurssiheilahtelujen varalta. Yritysten kannalta suotuisan kurssikehityksen olosuhteissa valuuttaoptioita ei kuitenkaan tarvitse käyttää, mikä suo yrityksille siten mahdollisuuden "kurssivoittoihin" tavanomaisiin termiinisitoumuksiin verrattuna. Yrityksen, joka pyrkii hallitse-

maan kurssiriskit, mutta joka ei halua kiinnittää kurssitasoa yrityksen kannalta mahdollisen myönteisen kurssikehityksen johdosta, kannattaa suojata kurssiriskit optiomarkkinoilla termiinimarkkinoiden sijasta. Voiton mahdollisuudesta ja riskin siirtämisestä yritys joutuu luonnollisesti maksamaan preemiomaksun.

Termiini- ja valuuttaoptiomarkkinoiden välistä yhteyttä kurssiriskisuojan näkökulmasta on yksinkertaisinta tarkastella pelkistetyn esimerkin avulla.[1] Ajatellaan seuraavaksi, että tuontiyritys haluaa ostaa tietyn määrän valuuttaa tuontivelkansa rahoittamiseksi 6 kk:n kuluttua. Oletetaan lisäksi, että voimassa oleva 6 kk:n termiinikurssi on sama kuin vallitseva avistakurssi ja että call-option, jonka maturiteetti on sama kuin termiinisitoumuksen, preemiomaksu on kaksi prosenttia sopimushinnasta, joka on niinikään yhtä suuri kuin vallitseva avistakurssi.[2]

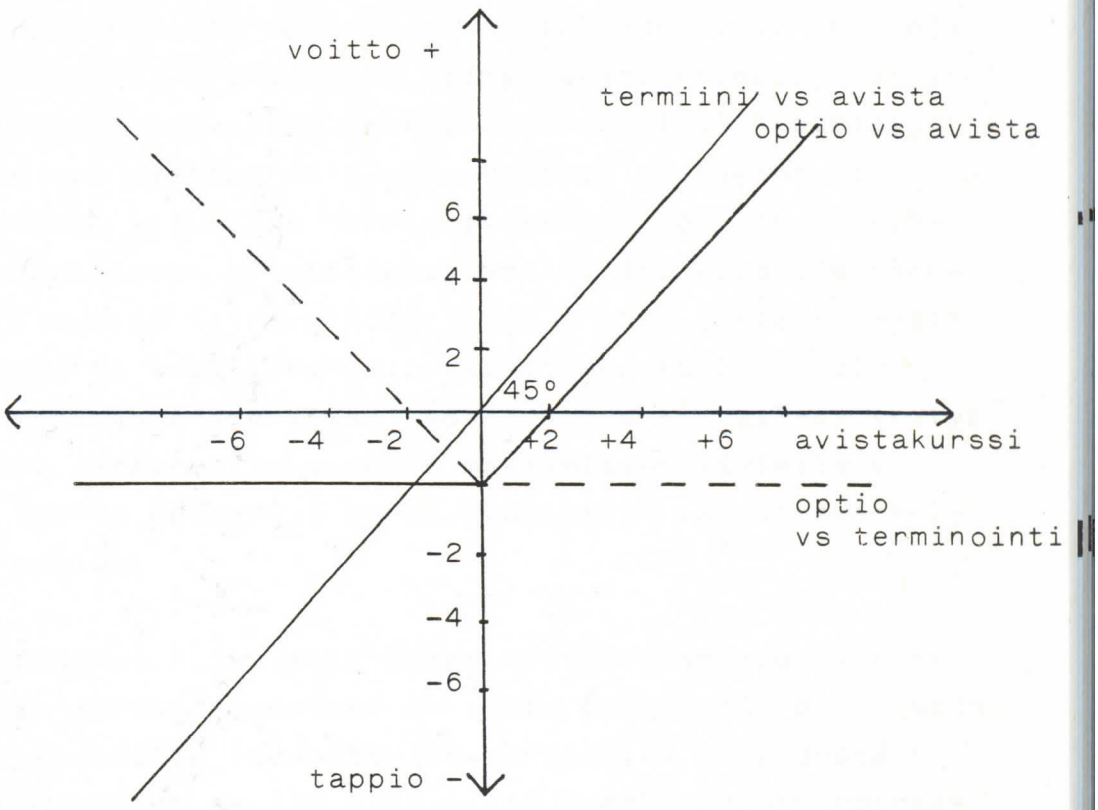
Kuviossa 2 on verrattu terminoinnin ja valuuttaoptiomarkkinoilla suojautumisen eroa yrityksen kannalta vaihtoehtoisissa kurssikehityksissä.

---

1) Tässä tarkastellaan ainoastaan eurooppalaista optiota.

2) Samalle maturiteetille noteerataan kuitenkin useita sopimushintoja, joiden preemiot luonnollisesti ovat eri suuria.

KUVIO 2 Suojautuminen termiini- tai valuuttaoptiomarkkinoilla



Jos valuuttakurssit eivät muutu 6 kuukauden kuluessa (origo), on terminointivaihtoehto yrityksen kannala edullisempi. Optiokaupan break-even piste edellyttää valuuttakurssin vahvistumista kahden prosentin verran. Optio- ja termiinisopimuksen tuoton erotus on kaksi prosenttia kuvion oikean puoleista aluetta tarkasteltaessa (katkoviiva). Valuutan selvästi heikentyessä optiosopimus on yritykselle kuitenkin huomattavasti edullisempi kuin termiinisopimus. Avistamarkkinoihin nähden optiosopimuksen suurin mahdollinen tappio on 2 prosenttia termiinisitoumuksen äärettömään vaihtoehtotappioon verrattuna (vrt. katkoviiva). Optiomarkkinoiden voimakasta kasvua onkin ensi sijassa perusteltu optioihin liittyvän rajoitetun tappiomahdollisuuden perusteella.

Valuuttaoptiomarkkinat voivat tietyissä tilanteissa, toisin kuin termiinimarkkinat, tarjota suojautumismahdollisuuksia myös "taloudellisia" riskejä vastaan. Erityisesti voimakkaasti kilpailuilla ja hintajoustavilla markkinoilla optioilla suojautuminen saattaa olla perusteltua. Yrityksen sitoutuminen kiinteään termiinikurssiin voi johtaa epäedulliseen hinnoitteluasemaan, jos samoilla markkinoilla toimiva kilpaileva yritys jostain syystä operoi edullisemmalla valuuttakurssilla. Näin saattaa esimerkiksi tapahtua jos kilpaileva yritys ei terminoi ja tuonnin maksamiseen käytetty valuutta heikentyy kansainvälisillä valuuttamarkkinoilla.

Lisäksi valuuttaoptioden käyttökelpoisuutta kurssiriskisuojauksessa on usein painotettu erilaisten ulkomaille suunnattujen tarjousten yhteydessä. Putoption avulla yritys voi tehdä minimimarginaalin toteuttavan tarjouksen, johon liittyvä suurin mandollinen finanssiriski voi korkeintaan olla preemion suuruinen toteutuipa tarjous tai ei. Amerikkalaisten optioden etuna on lisäksi termiinisitoumuksiin verrattuna se, että ne voidaan lunastaa milloin tahansa maturiteettiajanjakson kuluessa. Tämä tietenkin voi myös johtaa spekulatiiviseen optiokauppaan.

4 Yksinkertaisia optiostrategioita

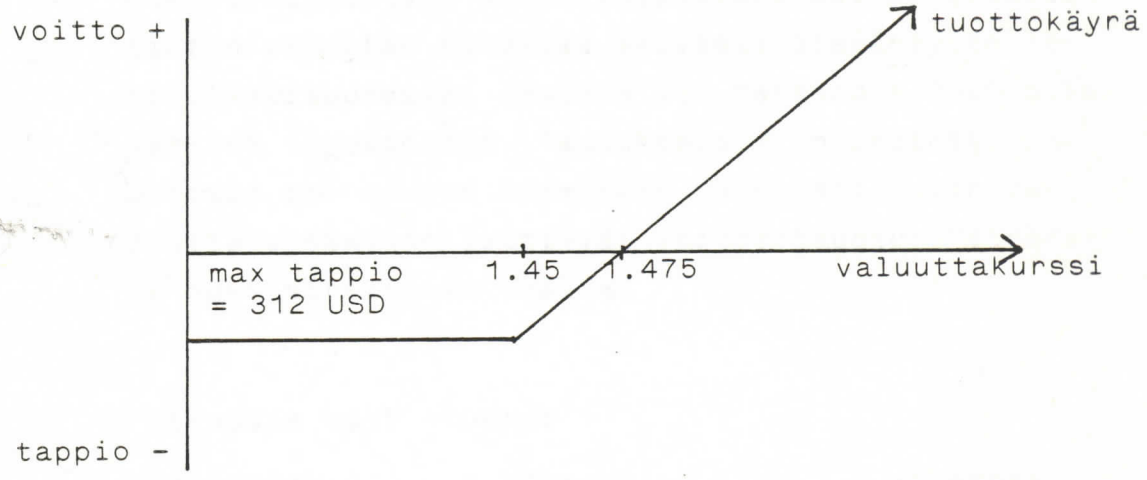
Valuuttaoptiomarkkinat sisältävät jossain määrin spekulatiivisempia elementtejä kuin tavanomaiset termiinimarkkinat. Voihan optiomarkkinoille sijoitetulle pienelle pääomalle saada huomattavan tuoton. Erityisesti "out of money" -optioihin sijoittaminen näyttäisi olevan osoitus selvästä riskinottohalusta.

Onnistuneen spekulatiivisen optiokaupan edellytyksenä pitkällä ajanjaksolla on valuuttakurssien muutosten suunnan tai vaihtelujen suuruudessa tapahtuvien muutoksien riittävän tehokas ennakointi, mikä tehokkailla markkinoilla kuitenkin lienee epätodennäköistä.

Seuraavassa havainnollistetaan eräitä tyypillisempiä optiostrategioita voitto/tappio - avistakurssi -koordinaatistossa. Kuviotarkastelussa ei oteta huomioon optiokauppaan liittyviä transaktio- tai muita käsittelykuluja preemiomaksua lukuunottamatta.

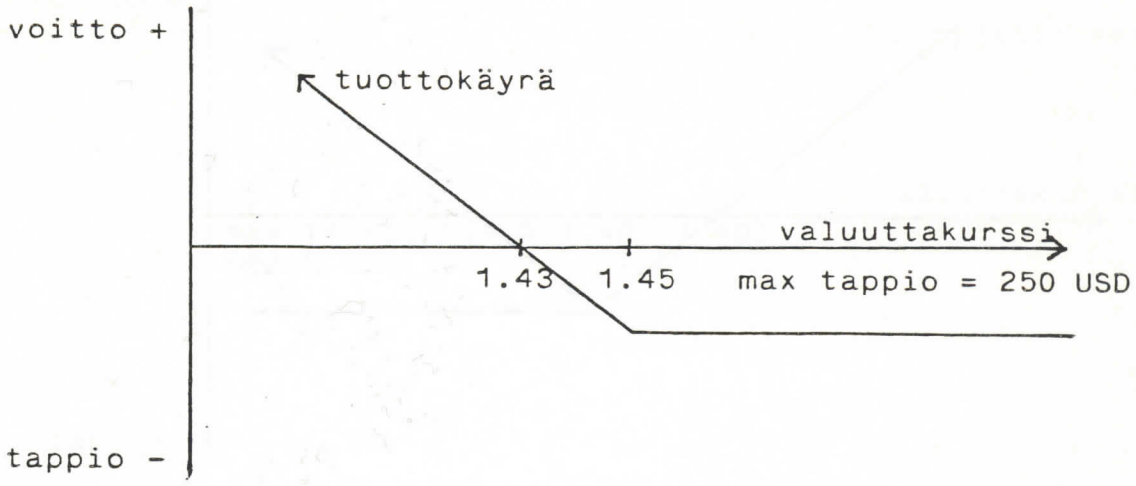
Ajatellaan aluksi Englannin punnan calloptiota (esim. 3 kk), jonka sopimuskurssi dollareissa on 1.45 ja preemio 2.5 ¢ punnalta (≈ 1.7 %). Koska pienin mahdollinen optiokauppa on 12 500 puntaa (Philadelphia), on option hinta 312.50 USD. Kuviossa 3 on esitetty option tuottokäyrä, jonka break even valuuttakurssi on 1.475.

KUVIO 3 Calloptio



Vastaavasti putoptiolle voidaan piirtää tuottokäyrä. Jos sopimuskurssi on esimerkiksi 1.45 ja preemio 2 ¢ punnalta (≈ 1.4 %) on putoptioon liittyvä preemiomaksu 250 USD (ks. kuvio 4) ja break even -piste 1.43.

KUVIO 4 Putoptio

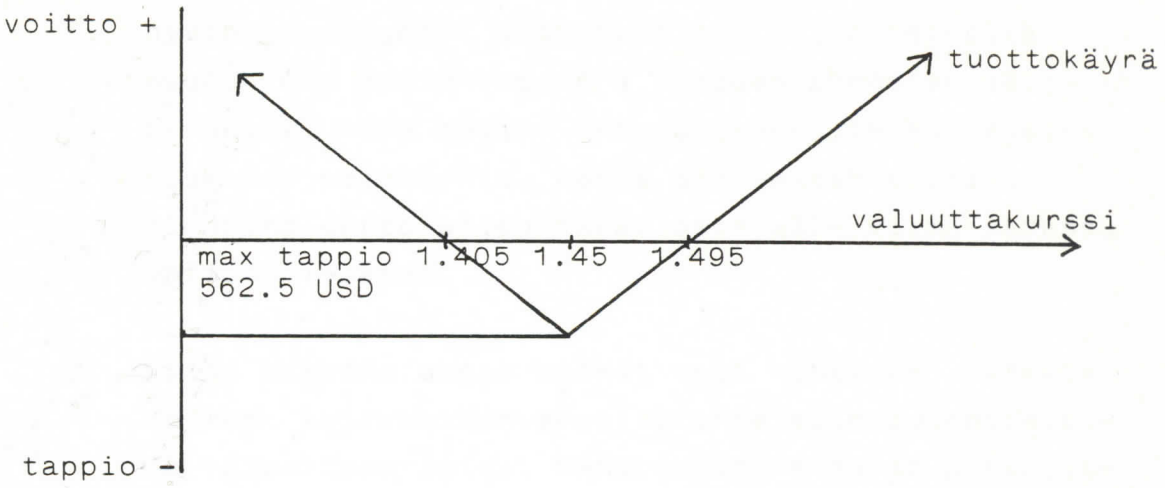


Edellä esitetyt put- ja calloptioiden tuottokäyrät ovat yksinkertaisimpia perusstrategioita. Ostamalla ja myymällä samanaikaisesti put- ja calloptioita, joiden sopimushinnat vaihtelevat, voidaan optiomarkkinoiden välityksellä muodostaa varsin erilaisia tuottokäyrästöjä. Jos ostaa samanaikaisesti maturiteetiltaan ja sopimushinnaltaan yhtäläiset call- ja putoptiot (esim. edellä kuvatut), saadaan kuvion 5 mukainen tuottokäyrä (nk. "straddle buy") Mikäli sijoittaja uskoo valuuttakurssivaihteluiden tietyn valuutan kohdalla selvästi lisääntyvän lähitulevaisuudessa, saattaa ko. "straddle buy" olla järkevä investointi. Taulukossa 1 on esitetty em. puntaan perustuvan esimerkin vaihtoehtoisiin valuuttakursseihin liittyvät voitot/tappiot "straddle buy" strategian osalta.

TAULUKKO 1 "Straddle buy" -tuotot

Val.kurssi	Calloption tuotto,	Putoption tuotto	yhteensä (12500 GBP)
1.38	-2.5	5.0	312.5 USD
1.40	-2.5	3.0	62.5 "
1.42	-2.5	1.0	-187.5 "
1.44	-2.5	-1.0	-437.5 "
1.45	-2.5	-2.0	-562.5 "
1.46	-1.5	-2.0	-437.5 "
1.48	0.5	-2.0	-187.5 "
1.50	2.5	-2.0	62.5 "
1.52	4.5	-2.0	312.5 "

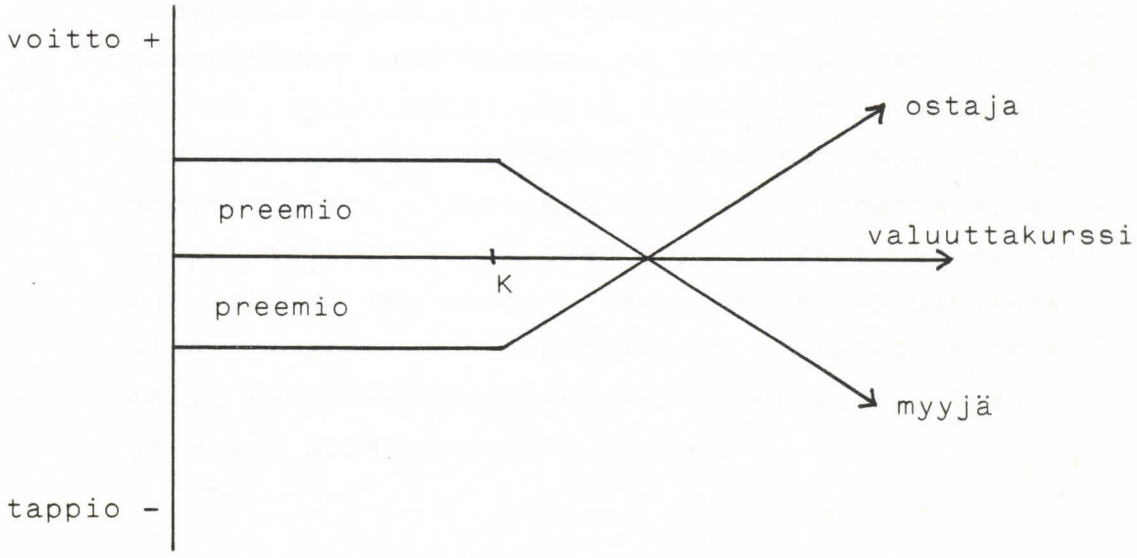
KUVIO 5 Straddle buy



5 Valuuttaoptioiden myynti ja valuuttakurssiriski

Edellä on käsitelty valuuttaoptioita ensisijassa option ostajan näkökulmasta, mikä lienee relevantti lähtökohta suomalaisia yrityksiä ajatellen. Option kirjoittaja (=myyjä) on se sopimusosapuoli, joka ottaa valuuttakurssiriskin itsellensä optiopreemiomaksua vastaan. Kuviossa 6 on esitetty calloption myyjän ja ostajan tuottokäyrät samassa koordinaatistossa. Kuten kuviosta havaitaan rajoittuu option ostajan valuuttakurssiriski ainoastaan preemiomaksuun kun taas option myyjän kurssiriski on periaatteessa rajaton.

KUVIO 6 Calloption myyjän ja ostajan tuottokäyrät



Yleensä option kirjoittajina ovat pörsseissä toimivat ammattimyyjät, pankit ja muut markkinoihin hyvin perehtyneet instituutiot. Tällä hetkellä suurin osa optiokaupoista tehdään pörssien välityksellä, mikä option ostajan kannalta on täysin riskitön vaihtoehto, koska pörsseissä toimiva clearing corporation takaa ostajalle viime kädessä optiosopimuksen.

Viime aikoina useat pankit ovat ryhtyneet markkinoimaan asiakkaiden erityistarpeisiin suunniteltuja valuuttaoptioita. Nämä optiot eroavat pörsseissä noteeratuista optioista pääasiassa maturiteetin, sopimushintojen tai valuutan osalta. Optiokaupoista pankeille syntyneet avoimet positiot voidaan pyrkiä kattamaan osittain optiovastakaupoilla muiden pankkien ja optiopörssien välityksellä tai avistakaupoilla kansainvälisillä pääomamarkkinoilla.

Koska kansainvälisissä pörsseissä tehdyt optiosopimukset koskevat tällä hetkellä ainoastaan tärkeimpiä päävaluuttoja, olisi suomalaisten tai ulkomaisten pankkien ja ammattimyyjien kirjoittamien markkaoptioiden edelleen siirtäminen pörsseihin mahdotonta. Markkaoptioiden myymiseen liittyvä kurssiriski olisikin katettava ensisijaisesti kansainvälisillä valuutta- ja rahoitusmarkkinoilla.

Optioiden myynnistä syntyneiden avoimien valuuttapositioiden laskemisessa on järkevää olettaa, että option (esim. call) haltija ei käytä oikeuttaan, jos vallitseva avistakurssi on alempi kuin option sopimuskurssi. Teoriassa pankkien kannattaisi suojautua tällöin ainoastaan sopimusten suhteen, jotka ovat "in the money". Käytännössä valuuttakurssien heilahtelut aiheuttaisivat kuitenkin huomattavia transaktiokustannuksia pankeille katteen jatkuvan sopeuttamisen johdosta.

Optiomarkkinoilla aktiivisesti toimivat pankit ja ammattimyyjät käyttävätkin optioiden hintateoriasta johdettuja katekertoimia (ns. delta-tekijä) kattamistarvetta arvioitaessa. Nämä nk. Black-Scholes formulointiin pohjautuvat kertoimet ovat osoittautuneet laajoissa empiirisissä testauksissa kattamisen kannalta hyvin toimiviksi ja siten osaltaan edesauttaneet valuuttaoptiomarkkinoiden voimakasta kasvua.

6 Valuuttaoptioiden hinnoittelu

Valuuttaoptiomarkkinoiden häiriöttömän toiminnan keskeisin edellytys on markkinoilla toteutuva tehokas hinnoittelu. Optioiden hintateoria perustuu jatkuvien stokastisten differentiaaliyhtälöiden analyysiin ja on siten huomattavasti vaativampi kuin esimerkiksi termiinimarkkinoita koskeva hintateoria. Valuuttaoptioiden hintayhtälö on suoraviivaisesti johdettu Black-Scholes formuloinnista (Black - Scholes 1973), joka ensisijassa käsittelee osakeoptioden optimaalista hinnoittelua. Lisäksi Black ja Scholes mm. osoittivat, että eurooppalaisen calloption myyjä voi aina kattaa kokonaisuudessaan optiokaupasta syntyvän riskin osakemarkkinoilla siten, että option myyjä hankkii ko. vaateessa saatavia (pitkä positio) nk. deltakertoimen osoittamassa suhteessa. Tulos on erityisen merkittävä optioiden tarjonnan kannalta.

Optioiden hinta on mahdollista johtaa useammalla tavalla (ks. Merton 1973, Smith 1976).Seuraavassa esitettävä eurooppalaista optiota koskeva hinnoittelu perustuu Garman Kohlhagen -formulointiin

(Garman - Kohlhagen, 1982), jossa symboleina käytetään:

S	on sopimuksen kohteena olevan valuutan avistakurssi kotimaan rahassa ilmaistuna
K	on sopimushinta
T	optiosopimuksen jäljellä oleva aika
$C(S,T)$	calloption hinta
r_d	on kotimainen riskitön korko
r_f	on ulkomainen riskitön korko
σ	on sopimusvaluutan avistakurssin keskihajonta
μ	on avistakurssin driftparametri
$N(\cdot)$	on normaalijakauman kertymäfunktio
α	on finanssivaateen odotettu tuotto
δ	on tuoton keskihajonta

Oletetaan, että valuuttakurssi käyttäytyy ajassa kuten random walk (geometrinen Brownin liike). Tällöin valuuttakurssin differentiaali voidaan kirjoittaa muotoon $dS = \mu S dt + \sigma S dz$, jossa dz on nk. Wienerin prosessi. Oletetaan lisäksi, että kotimainen ja ulkomainen riskitön korko ovat vakioita tarkasteluajanjaksona ja että markkinat ovat hyvin toimivat.

Viimeisestä oletuksesta seuraa, että riskillä korjattu riskittömään vaihtoehtoon verrattu odotettu lisätuotto on kaikille sijoituksille i yhtä suuri.

$$(1) \quad \frac{\alpha_i - r_d}{\delta_i} = \lambda_i \qquad \text{kaikille } i$$

Tällöin valuuttasijoituksille pätee:

$$(2) \qquad \frac{(\mu + r_f) - r_d}{\sigma} = \lambda$$

Vastaavasti eurooppalaiselle calloptiolle on voimassa

$$(3) \qquad \frac{\alpha_c - r_d}{\delta_c} = \lambda ,$$

jossa α_c on calloption odotettu tuotto ja δ_c odotetun tuoton keskihajonta.

Sovelletaan seuraavaksi calloption hintafunktioon $C = C(S,T)$ jatkuvien stokastisten prosessien differentioimissääntöä (Iton lemma), jolloin saadaan

$$(4) \qquad \alpha_c C = 1/2\, \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} + \mu S \frac{\partial C}{\partial S} - \frac{\partial C}{\partial T}$$

$$(5) \qquad \delta_c C = \sigma S \frac{\partial C}{\partial S}$$

Jos yhtälöt (4) ja (5) sijoitetaan yhtälöön (3) saadaan

$$(6) \qquad \frac{1/2\, \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} + \mu S \frac{\partial C}{\partial S} - \frac{\partial C}{\partial T} - r_d C}{\sigma S \frac{\partial C}{\partial S}} = \lambda$$

Merkitsemällä yhtälöt (2) ja (6) yhtäsuuriksi päädytään toisen asteen differentiaaliyhtälöön

$$(7) \qquad \frac{\sigma}{2} S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} - r_d C + (r_d S - r_f S)\frac{\partial C}{\partial S} = \frac{\partial C}{\partial T}$$

Eurooppalaisen option osalta yhtälön (7) ratkaisun on lisäksi täytettävä ehto $C(S, 0) = \max [0, S-K]$. Tällöin ratkaisuksi saadaan:

$$(8) \quad C(S,T) = e^{-r_f T} SN(x+\sigma\sqrt{T}) - e^{-r_d T} KN(x),$$

jossa

$$(9) \quad x = \ln \frac{(S/K) + (r_d - r_f - (\sigma^2/2))\, T}{\sigma / T}$$

Avistakurssin, sopimushinnan, kotimaisen ja ulkomaisen koron sekä avistakurssin keskihajonnan muutosten vaikutukset calloption hintaan saadaan laskemalla osittaisderivaatat C(S,T):stä kunkin muuttujan suhteen. Osittaisderivaattojen merkit ovat seuraavat:

$$(10) \quad \frac{\partial C}{\partial S} > 0$$

$$(11) \quad \frac{\partial C}{\partial K} < 0$$

$$(12) \quad \frac{\partial C}{\partial r_d} > 0$$

$$(13) \quad \frac{\partial C}{\partial r_f} < 0$$

$$(14) \quad \frac{\partial C}{\partial \sigma} > 0$$

Toisin sanoen eurooppalaisen calloption hinta alenee kun option sopimushinta (11) tai ulkomainen korko (13) nousee. Calloption hinta sen sijaan nousee kotimaisen koron kohotessa (12) tai valuuttakurssiepävarmuuden lisääntyessä (14). Option myyjän kannalta on yhtälö (10) $\partial C/\partial S = e^{-r_f T} N(x+\sigma\sqrt{T})$ keskeinen suojautumistarvetta kuvaava delta-kerroin.

Valuuttaoptioiden hinnoitteluperiaatetta sekä suojautumiskertoimen (delta) määrittämistä voidaan havainnollistaa olettamalla, että tarkasteluajanjakson päätyttyä valuuttakurssi voi saada ainoastaan kaksi arvoa. Seuraavassa esimerkissä oletetaan (Elin 1984), että tarkasteluhetkellä punnan dollarikurssi on S = 1.50$. Tarkasteluajanjakson päätyttyä avistakurssi on joko S_1 = 1.80$ tai S_1 = 1.20$. Eurooppalaisen calloption sopimushinta on K = 1.50$ ja sopimus oikeuttaa 100 punnan kauppaan. Lisäksi oletetaan, että USA:n riskitön korkotaso on 10 prosenttia ja että markkinoilta on mahdollista ostaa 925.93 punnan hintaisia diskontto-obligaatioita, joiden arvo tarkasteluajanjakson päätyttyä on 1000 puntaa.

Jos edellä kuvatussa tilanteessa valuuttaoption myyjä ostaa yhden obligaation jokaista 20 calloptiota kohti, eliminoituu valuuttakurssiriski täydellisesti. Portfolion arvo on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2 Optiosopimuksen suojautuminen

S	Obl.arvo (saatava)	Calloption arvo (velka)	Yhteensä ($)
1.80	1800	20x100x(30¢)=-600	1200
1.20	1200	0	1200

Koska tarkasteluajanjakson alussa tehty nettosijoituksen arvo on 1.50 x 925.93 - 20 x (option hinta C) ja sen arvo tarkasteluajanjakson päätyttyä on valuuttakurssikehityksestä huolimatta 1200$, saadaan tasapainoehto

$$(15) \qquad (1.50 \times 925.93 - 20C) \times 1.1 = 1200,$$

josta option hinta C voidaan ratkaista C=14.9$.

Suojautumiskertoimen ratkaisussa oletetaan, että valuuttakurssi S vahvistuu joko S_1:en tai heikentyy S_2:en. Valuuttakursseja vastaavat tarkasteluajanjakson päättyessä option hinnat $C_1=\max(S_1-K,0)$ ja $C_2=\max(S_2-K,0)$. Jos jokaista myytyä calloptiota kohti hankittujen saatavien lukumäärää merkitään λ:lla, voidaan edellisen esimerkin tapaan kirjoittaa

$$(16) \qquad S_1 B i_{uk} - C_1/\lambda = S_2 B i_{uk} - C_2/\lambda ,$$

jossa B on jokin puntamääräinen maturiteetiltaan optiosopimuksen pituinen saatava ja i_{uk} riskitön puntakorko. Yhtälöstä (16) voidaan ratkaista suojautumiskerroin λ

$$(17) \qquad \lambda = \frac{C_1 - C_2}{(S_1 - S_2) B i_{uk}} ,$$

joka on diskreetissä tapauksessa luonnollisesti analoginen jatkuvan ajan tarkastelusta johdetun λ-kertoimen kanssa (ks. yhtälö (14) s. 18).

Edellä on tarkasteltu ainoastaan ertooppalaisen calloption hinnanmuodostumista. Putoptioiden hintayhtälö on kuitenkin mahdollista johtaa analogi-

sella tavalla. Amerikkalaisten optioiden hinta-yhtälöiden johtaminen on matemaattisesti jonkin verran hankalampi tehtävä ja antaa tulokseksi korkeamman optiohinnan.

7 Yhteenveto

Valuuttakurssien voimakkaat heilahtelut ovat pakottaneet avoimessa sektorissa toimivat yritykset viime vuosina entistä tehokkaampien suojautumismekanismien etsintään sekä valuuttahallinnon tehostamiseen. Samanaikaisesti kansainvälisille valuutta- ja rahoitusmarkkinoille on kehittynyt uusia riskin uudelleen allokoivia mekanismeja. Valuuttaoptiot lienevät uusin suojautumiseen liittyvä väline.

Vaikka optiomarkkinoiden toiminnan ja optioiden hinnoittelun periaatteet ovat olleet kauan tunnettuja, sovellettiin optiotekniikkaa valuuttoihin vasta vuoden 1982 loppupuolella. Viimeisen puolentoista vuoden kuluessa optiomarkkinoilla tehtyjen valuuttakauppojen volyymi on voimakkaasti lisääntynyt ja joidenkin asiantuntijoiden mielestä optiomarkkinat saattavat tulevaisuudessa huomattavastikin kaventaa termiinimarkkinoiden volyymia. Myös suomalaiset pankit ovat osoittaneet kiinnostusta valuuttaoptiomarkkinoita kohtaan. Nykyisissä valuuttamääräyksissä ei kuitenkaan ole mainintaa optiokaupoista.

Optiomarkkinoiden voimakkaasta kasvusta huolimatta markkinoita käsittelevä kirjallisuus on melko suppea. Tämän esityksen ensisijaisena tehtävänä on ollut selvittää optiomarkkinoihin liittyvää käsitteistöä sekä markkinoiden toimintaa yleensä. Keskeisin alue optiomarkkinoiden toiminnassa on optioiden tehokas hinnoittelu ja optioiden myynnistä syntyneiden riskien hallinta. Pörssioptioiden "referenssihintana" voidaan pitää Black-Scholes formuloinnin pohjalta johdettua hintaa.

Tätä nykyä valuuttaoptiot tarjoavat yrityksille huomattavasti monipuolisemman vaihtoehdon kurssiriskeiltä suojautumiseen kuin esimerkiksi termiinikaupat. Optiokaupat parantavat yritysten kilpailuedellytyksiä mm. valuuttamääräisten tarjousten teossa sekä pienentävät yritysten "taloudellisia" riskejä kilpailijoihin nähden.

Valuuttaoptioiden myyjille kurssimuutossuojan määrittäminen on selvästi vaativampi tehtävä kuin termiinikauppojen yhteydessä ja edellyttää huomattavan pitkälle kehitettyjä laskentarutiineja. Markkinoiden todellista luonnetta ja hinnoittelukäytäntöä tuntemattomat optioiden myyjät altistuvatkin huomattaville valuuttakurssiriskeille. Optiomarkkinoiden laajentuminen tulee epäilemättä vähentämään jossain määrin termiinimarkkinoiden merkitystä ja lisäämään valuuttamarkkinoiden tehokkuutta.

LÄHDELUETTELO

BELOGNIA, M.T. (1983): Commodity Options: A New Risk Management Tool for Agricultural Markets. Federal Reserve Bank of St. Louis, June /July.

BELOGNIA, M.T. ja GREGORY, T.H. (1984): Are Options on Treasury Bond Futures Priced Efficiently. Federal Reserve Bank of St. Louis, January.

BLACK, F. ja SCHOLES, M. (1973): The Pricing of Options and Corporate Liabilities. Journal of Political Economy.

EUN, C.S. (1984): Foreign Currency Options Contract and the Triangular Parity Relationships: A Simple Arbitrage Approach. Kansainvälisessä Monetary Economics and Banking kokouksessa Orleansissa Ranskassa pidetty esitelmä (julkaisematon).

GARMAN, M.B. ja KOHLHAGEN, S.W. (1983): Foreign Currency Option Values. Journal of International Money and Finance, December.

GOODMAN, L.S. (1983): New Options Markets. Federal Reserve Bank of New York, Autumn.

MERTON, R.C. (1973): Theory of Rational Option Pricing. The Bell Journal of Economics and Management Science, Spring.

MIRUS, R. (1984): What Price Early Exercise: A Preliminary Exploration of the Value of the Early Exercise Feature of American Foreign Exchange Options. Kansainvälisessä Monetary Economics and Banking kokouksessa Orleansissa Ranskassa pidetty esitelmä (julkaisematon).

SMITH, C.W. (1976): Option Pricing. A Review, Journal of Financial Economics.

CONTRACT SPECIFICATIONS (PHILADELPHIA)

	DEUTSCHE MARKS	SWISS FRANCS	CANADIAN DOLLARS	BRITISH POUNDS	JAPANESE YEN
Underlying Currency Units	62,500	62,500	50,000	12,500	6,250,000
Exercise Price Intervals	2¢	2¢	2¢	5¢	.02¢
Exercise Price and Premium Quotations	Cents/Unit	Cents/Unit	Cents/Unit	Cents/Unit	Hundredths Cents/Unit
Minimum Premium Change	.01	.01	.01	.05	.01
Minimum Contract Price Change	$6.25	$6.25	$5.00	$6.25	$6.25

Expiration Months	March, June, September and December
Expiration Cycles	3, 6 and 9 months
Expiration Date	Saturday before the third Wednesday of the month
Expiration Settlement Date	Third Wednesday of the month
Delivery Method	Foreign Currency Purchaser: Delivers dollars thru clearing member to OCC bank account Foreign Currency Seller: Delivers currency to OCC account in the country of currency
Issuer & Guarantor	Options Clearing Corporation (OCC)
Margin for Uncovered Writer	At or in the money: 130% of premium + $750 (maximum margin is premium plus $2500). Out of the money: 130% of premium + $750 less out of the money amount (minimum margin is 130% of premium + $250).
Trading Hours	8:30 A.M. to 2:30 P.M. EST.
Position & Exercise Units	10,000 Contracts