



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ARTTU SAARINEN  
ULTRANOPEA KAUPANKÄYNTI JA SEN VAIKUTUKSET RAHOI-  
TUSMARKKINOIHIN

Kandidaatintyö

Tarkastaja: Tuomas Korhonen

## TIIVISTELMÄ

**ARTTU SAARINEN:** Ultranopea kaupankäynti ja sen vaikutukset rahoitusmarkkinoihin

Tampereen teknillinen yliopisto

Kandidaatintyö, 30 sivua

Toukokuu 2018

Teknis-taloudellinen kandidaatin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotantotalous

Tarkastaja: Tuomas Korhonen

**Avainsanat:** ultranopea kaupankäynti, markkinoiden tehokkuus, likviditeetti, volatilitteetti

Tämä kandidaatintyö on valikoidusta aineistosta tehty kirjallisuuskatsaus, jonka tavoitteena on tutkia, minkälaisia vaikutuksia ultranopealla kaupankäynnillä on rahoitusmarkkinoihin ja niiden tehokkuuteen, likviditeettiin ja volatilitettiin. Tavoitteena on samalla luoda katsaus siihen, minkälainen nuoren ja vahvasti kehittyvän tutkimuksen alan tilanne on tällä hetkellä ja avata lukijalle perusteiden tasolla, minkälaista toimintaa ultranopeat kaupankävijät harjoittavat.

Tutkielmassa tarkasteltiin 10 empiirisen tutkimuksen näkökantoja ultranopean kaupankäynnin vaikutuksista rahoitusmarkkinoiden tehokkuuteen, likviditeettiin ja volatilitettiin. Näistä kuusi otti kantaa kahteen markkinaominaisuuteen ja neljä yhteen. Tehokkuuteen otti kantaa neljä artikkelia, likviditeettiin kahdeksan artikkelia ja volatilitettiin neljä artikkelia. Tutkimuksissa yleisimpinä ongelmakohtina oli ultranopean kaupankäynnin tunnistaminen ja määrittely: kaikkea ultranopeiden kaupankävijöiden toimintaa ei kyetä erottamaan datasta, ja tätä kautta tutkimuksissa voidaan tehdä parhaimmillaankin pääpiirteisiä päätelmiä.

Tutkielman löydöksiä perusteella voidaan todeta, että ultranopean kaupankäynnin aktiivisuudella vaikuttaa alan johtavien tutkijoiden mukaan olevan pääasiassa positiivinen vaikutus kaikkiin edellä mainittuja markkinoiden ominaisuuksia ilmentäviin parametreihin. Täysin yksiselitteisiä päätelmiä kokonaisvaikutuksesta markkinoiden laatuun tai edes kokonaisvaikutuksesta yksittäiseen ominaisuuteen ei kuitenkaan vielä pystytä tutkielman perusteella tekemään, vaikka positiivisen kuvan se ultranopeasta kaupankäynnistä antaa. Tulosaineiston tutkimukset antavat kuitenkin hyvän vaikutelman alan tutkimuksen vaiheesta ja luovat hyvän pohjan tulevalle tutkimukselle tunnistuen lisätutkimuksen aiheita sekä antamalla kuitenkin jonkinlaista informaatiota siitä, millaisia vaikutuksia ultranopealla kaupankäynnillä on markkinoihin.

## ABSTRACT

**ARTTU SAARINEN:** High frequency trading and its effects on financial markets

Tampere University of Technology

Bachelor of Science Thesis, 30 pages

May 2018

Bachelor of Science Degree Programme in Business and Technology Management

Major: Industrial Engineering and Management

Examiner: Tuomas Korhonen

**Keywords:** high frequency trading, market efficiency, liquidity, volatility

This thesis is a literature review of a selected studies, and its purpose is to review what effects high frequency trading (HFT) has on financial markets and traditional measures of market quality: market efficiency, liquidity and volatility. At the same time, its purpose is to review the current status of a highly evolving area of research and to educate the basics of the high frequency traders' operations to the reader.

There were 10 empirical studies reviewed in the thesis from the viewpoint of high frequency trading's effects on market efficiency, liquidity and volatility. Of those 10, six reviewed high frequency trading involving two market quality measures and the rest involving one measure. Market efficiency was examined in four studies, liquidity in eight studies and volatility in four studies. The most common deficiency in the studies was the uncomprehensive recognition of high frequency traders and their activities in the market. All of the high frequency traders' operations can't be identified in the data, and therefore comprehensive conclusions can't be made based on the studies.

Based on the thesis's findings, it can be stated that the activeness of high frequency traders has mostly positive effects on the measures of market quality mentioned before. Although, entirely unambiguous claims about high frequency trading's effects on market quality or even on individual measures can't be made based on the thesis, although its interpretation of high frequency trading is mostly positive. Nevertheless, the studies reviewed in the thesis creates a positive image of the research area's current state and provide valid ideas for future research and preliminary information about high frequency trading's effects on financial markets.

## ALKUSANAT

Kandidaatintyön aihetta valitessa päätös ei ollut helppo. Pitäisikö pelata varman päälle ja ottaa jokin entuudestaan tuttu aihe, jonka tutkimisesta saisi varmasti pienemmällä vaivalla eheän kirjallisuuskatsauksen aikaan? Vai valitako sittenkin täysin entuudestaan tuntematon ala, jota ymmärtääkseen on pakko opetella valtava määrä uutta asiaa? Tiedonälkäinen ja tulevaan työhön kuluva ajasta tuossa vaiheessa tietämätön opiskelija valitsi ehkä hiukan ajattelemattomasti jälkimmäisen. Kokonaisuudessaan, alkuvaikeuksien ja alan termistön haltuun ottamisen jälkeen valinta alkoi tuntua kuitenkin hyvältä ratkaisulta, ja näin jälkikäteen asiasta jäi erittäin hyvä maku suuhun: uskalsin haastaa itseni ja opin samalla erittäin paljon.

Haluaisin kiittää Juho Kanniaista aiheen esittelystä ja rajaamisesta sekä vinkeistä työhön liittyen. Samoin haluan kiittää myös Tuomas Korhosta opastuksesta, kommenteista ja kandidaatintyökurssin onnistuneesta läpiviennistä, josta oli apua niin minulle kuin varmasti kaikille kurssitovereilleni. Suuri kiitos kuuluu myös kurssitovereilleni ja ystäville, joilta sain korvaamatonta vertaistukea sekä joiden kanssa keskustelu on vienyt työtä eteenpäin silloin kun tarvetta vetoavulle oli.

Tampereella, 13.5.2018

Arttu Saarinen

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Tutkimusongelma.....	1
1.2	Käytetty tutkimusmetodologia .....	2
1.3	Tutkielman rakenne.....	3
2.	RAHOITUSMARKKINOIDEN OMINAISUUDET .....	4
2.1	Tehokkuus .....	4
2.2	Likviditeetti .....	5
2.3	Volatiliteetti.....	8
3.	ULTRANOPEA KAUPANKÄYNTI.....	9
4.	ULTRANOPEA KAUPANKÄYNTI RAHOITUSALAN TUTKIMUKSESSA ..	13
4.1	Vaikutus tehokkuuteen.....	15
4.2	Vaikutus likviditeettiin.....	18
4.3	Vaikutus volatiliteettiin.....	21
5.	PÄÄTELMÄT .....	24
	LÄHTEET.....	28

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

HFT *High-frequency trading*, ultranopea kaupankäynti tai *high frequency trader*, ultranopea kaupankävijä

# 1. JOHDANTO

Tietotekniikan kehitys ja lisääntynyt automaation ja tietotekniikan käyttö ovat merkittävästi muuttaneet rahoitusmarkkinoita ultranopeiden kaupankävijöiden (eng. high-frequency traders) vallatessa markkinaosuutta perinteisiltä markkinatakaajilta ja arvopaperivälittäjiltä (Brogaard et al. 2014). Olemalla toisia kauppiaita nopeampi on usein mahdollista saavuttaa tuottoa esimerkiksi reagoimalla nopeammin uuteen markkinatietoon tai hyödyntämällä rahoitusinstrumenttien hinnoitteluvirheitä. Tämä yhdistettynä yllä mainittuun lisääntyneeseen tietotekniikan käyttöön rahoitusmarkkinoilla lisää kauppiaiden välistä kilpailua, jossa investoidaan erittäin vahvasti uusimpaan tekniikkaan ja vasteaikoja vähentäviin, siirtokeskusta lähellä oleviin toimipaikkoihin (Hasbrouck & Saar 2013).

Kun kauppaa tekevien tietokoneiden vasteajat mitataan nykyään millisekunneissa, on ihmisen rooli algoritmien tekemisessä kauppoissa luoda algoritmit, seurata niiden toimintaa vierestä ja tarkastella tulosta jälkeenpäin. Koska automaattinen kaupankäynti on yleinen arvopaperikaupankäynnin muoto nykyään, seuraa siitä että tietokone käy usein kauppaa toisen tietokoneen kanssa. Tarkkaa prosenttilukua ultranopean tai algoritmisen kaupankäynnin osuudesta markkinoiden volyymissä on datan puutteen vuoksi mahdoton määrittää, mutta joka tapauksessa sen on arvioitu olevan erittäin merkittävä (Carrion 2013; Hasbrouck & Saar 2013; Conrad et al. 2015). Esimerkiksi Carrionin (2013) artikkelissa tutkitussa data-aineistossa tunnistettujen ultranopeiden kaupankävijöiden osuus NASDAQ-US:n dollarimääräisestä kaupasta on 68,3%. Koska ala on kuitenkin tuore ja kehittyvä, siitä on olemassa niukasti tutkimusta, ja tutkimuksen tulokset vaihtelevat, mikä yhdistettynä suureen markkinaosuuteen ja sitä kautta suureen makrotaloudelliseen merkitykseen tekeekin siitä mielenkiintoisen aiheen kirjallisuustutkimukseen.

## 1.1 Tutkimusongelma

Työn tavoitteena on esitellä ultranopean kaupankäynnin peruseriaatteet ja teoria ja tutkia, miten laajoja vaikutuksia tietokoneiden käymällä, ultranopealla kaupalla on rahoitusmarkkinoiden ominaisuuksiin ja tutkia, mikä on alan tutkimuksen status tällä hetkellä. Historiassa on useita esimerkkejä, kun ultranopeiden kaupankävijöiden on arveltu aiheuttaneen suuria yksittäisiä, vaikutukseltaan negatiivisia tapahtumia eri pörssiissä. Tunnetuimpana tapauksena on vuonna 2010 tapahtunut, ”The Flash Crash”-nimellä tunnettu USA:n osakemarkkinoiden 36 minuuttia kestänyt pörssiromahdus, jonka aikana suuret pörssi-indeksit (mm. Dow Jones Industrial Average, S&P 500, NASDAQ 100) laskivat yli 5 % (Kirilenko et al. 2011). Vastaavasti useat asiantuntijat ovat kuitenkin sitä mieltä, että ultranopea kaupankäynti on kuitenkin markkinoiden kannalta hyvä asia. Esimerkiksi

Brogaardin et al. (2014) mukaan ultranopea kaupankäynti parantaa markkinoiden tehokkuutta hintojen osalta. Myös sen roolista markkinoiden likviditeetin ja volatiliteetin näkökulmasta on esitetty myönteisiä näkemyksiä.

Työn tutkimuskysymys on seuraava:

- Minkälaisia vaikutuksia ultranopealla kaupankäynnillä on rahoitusmarkkinoiden ominaisuuksiin?
  - Tehokkuus
  - Likviditeetti
  - Volatiliteetti

Tutkimuskysymys ja sen osa-alueet ovat kirjallisuuskatsausta varten vaadittavan laajuuden kannalta riittävästi tutkittuja aiheita. Tutkimus on kuitenkin varsin nuorta ja kehitysvaiheessa olevaa, minkä takia onkin mielekästä suorittaa kirjallisuuskatsaus aiheeseen ja tarkastella, missä vaiheessa aiheen tutkimuksen osalta ollaan tällä hetkellä. Tutkimuksen tuoreus ei tosin ole pelkästään positiivinen asia: aiheeseen liittyvä käsitteistö, määritelmät ja mittaustavat ovat vastaavasti vaihtelevia tutkimuskohtaisesti, ja tutkimusten vertailu on siten paikoitellen haastavaa.

## 1.2 Käytetty tutkimusmetodologia

Tutkimusmetodina työssä on kirjallisuustutkimus valikoidusta aineistosta. Tulosaineiston osalta kirjallisuushauissa käytettiin tiedonhakupalveluista Scopusta, Google Scholaria ja Andoria. Lisäksi löydettyissä artikkeleissa oli siteerattu ja tarkasteltu alan muita tutkimuksia, ja o tulosaineistoon mukaan. Tulosaineiston artikkeleiden laadun varmistukseen käytettiin työn ohjaajien toimittamaa listaa kunkin toimialan keskeisistä lehdistä, viittausten määrää, alan meritoituneiden tutkijoiden osallisuutta tutkimuksissa sekä Julkaisufoorumin luokkajärjestelmää.

Hakulauseina käytettiin seuraavan listan lauseita:

- “high frequency trading”
- ”high frequency trading” AND efficiency
- ”high frequency trading” AND liquidity
- ”high frequency trading” AND volatility

Tulosaineisto koostettiin näitä hakuja ja aiemmin mainittuja keinoja hyödyntäen. Valinnassa lähteitä ei kyetty juurikaan karsimaan: osumien määrä oli niin vähäinen, että tutkimuskysymyksen parhaiten vastaavat artikkelit valittiin tulosaineistoon.



### 1.3 Tutkielman rakenne

Tutkielmassa avataan ensimmäisenä rahoitusmarkkinoihin ja ultranopeaan kaupankäyntiin liittyvää teoreettista taustaa luvuissa 2 ja 3. Rahoitusmarkkinoista määritellään myöhemmin työssä käytettävät käsitteet, muun muassa rahoitusmarkkinoiden ominaisuudet, joihin kohdistuvia vaikutuksia varsinainen kirjallisuuskatsaus käsittelee. Ultranopeasta kaupankäynnistä tuodaan esille perusasioita, kuten esimerkkejä mahdollisista kaupankäyntistrategioista. Sen jälkeen, luvussa 4, käydään läpi valikoidusta aineistosta, minkälaisia tulkintoja artikkeleissa on ultranopean kaupankäynnin vaikutuksista rahoitusmarkkinoihin. Lopuksi luvussa 5 tulokset kootaan yhteen ja niistä tehdään päätelmät.

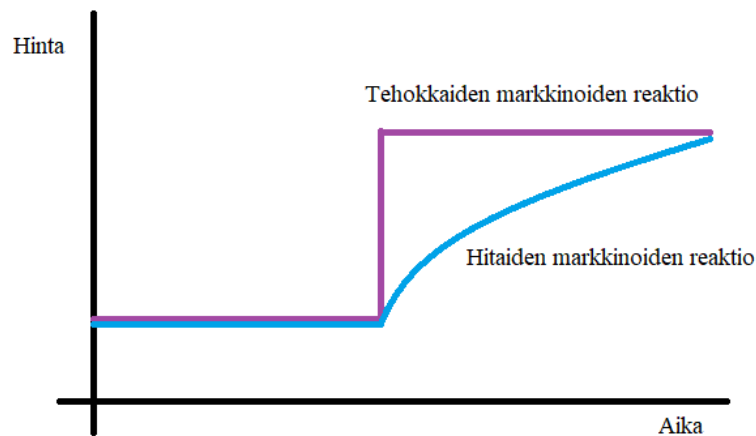
## 2. RAHOITUSMARKKINOIDEN OMINAISUUDET

Kappaleessa käydään läpi myöhempää tutkimusta varten relevanttia rahoitusalan teoriaa. Rahoitusalan käsitteiden ja konseptien ollessa paikoitellen moniulotteisia ja jopa abstrakteja, on tärkeää, että ennen varsinaisen tutkimuksen aloittamista on selvää, mitä milläkin termillä tarkoitetaan. Yleisesti markkinakäsitteet ovat erittäin moniulotteisia, sillä samaa käsitettä voidaan käyttää käsiteltäessä eri markkinatasoja yksittäisistä osakkeista kokonaisuun markkinoihin. Onkin tärkeää ymmärtää, että suurin osa käsitteistä on yleisiä ajatusmalleja tai konsepteja, eivätkä välttämättä yleispätevästi aina samalla laskukaavalla laskettavia tunnuslukuja.

Toisaalta, validi rahoitusalan tutkimus useimmiten pohjautuu jonkinlaiseen dataan ja siitä matemaattisesti tehtyihin johtopäätöksiin. Tässä tutkielmassa esitellyissä artikkeleissa määritellään useimmiten tutkimuskohtaisesti, millaisilla tunnus- ja vertailuluvuilla tutkimusta suoritetaan. Tutkielman kannalta onkin mielekäästä tutkia, millä mittareilla konseptuaalisesti samoja asioita on käsitelty ja vertailtu alan kirjallisuudessa. Tähän palataan tarkemmin luvussa 4.

### 2.1 Tehokkuus

Markkinoiden tehokkuudella tarkoitetaan sitä, että markkinahinnat määräytyvät täysin oikein markkinoilla olevan julkisen ja relevantin tiedot mukaan. Esimerkiksi mikäli rahoitusmarkkinoille tulee uutta negatiivista tai positiivista informaatiota tietystä rahoitusinstrumentista tai sen kohde-etuudesta ja sitä kautta sen tuotto-odotuksesta, tulisi rahoitusinstrumentin hinnan välittömästi laskea tai nousta vastaavasti. (Fama 1970) Kuvassa 1 on kuvattu rahoitusinstrumentin positiivista hintareaktiota ajan funktiona täysin tehokkailla ja hitailla markkinoilla.



**Kuva 1.** Tehokkaiden ja hitaiden markkinoiden reaktio uuteen, rahoitusinstrumentin tuoton kannalta positiiviseen markkinainformaatioon (mukailtu lähteestä Knupfer & Puttonen 2004, s. 140)

Toisaalta tulee muistaa, että markkinoiden tehokkuus ei tarkoita sitä, että kaikki markkinahinnat välttämättä olisivat sijoituksen todellisen arvon mukaisia, vaan että mahdolliset poikkeamat ovat satunnaisia ja mahdottomia ennustaa. Toisin sanoen, tehokkailla markkinoilla kokonaisuus ratkaisee. Yksittäisiä poikkeamia, kohinasijoittajia ym. voidaan löytää, mutta kokonaisuutena tehokkaat markkinat tasoittavat itse omat markkinahintansa keskimäärin oikeiksi, julkisen ja relevantin informaation mukaisiksi hinnoiksi. (Knupfer & Puttonen 2004, ss. 139-146)

Määritelmällisesti on mahdotonta, että jokin markkina olisi täysin tehokas. Tehokas markkina on itseään säätävä järjestelmä, jonka säätömekanismina on hetkellisten hinnoitteluvirheiden poistuminen tehokkaan markkinan oman toiminnan (hintavirheitä etsivien ja arbitraaseja hyödyntävien sijoittajien) tuloksena. Toisaalta täydellisen tehokkaassa markkinassa ei tällaisia hinnoitteluvirheitä pitäisi olla. (Joshi 2008, pp. 2-3) Onkin tärkeää ymmärtää tehokas markkina abstraktina mallina eikä varsinaisena tavoitteena tai mahdollisena markkinan toimintatilana.

## 2.2 Likviditeetti

Likviditeetillä tarkoitetaan yleisesti sitä, kuinka helposti ja edullisesti kyseinen asia voidaan vaihtaa rahaksi. Edullisuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, kuinka paljon vaihtaminen voi konkreettisesti maksaa (esim. kiinteistöä myydessä joudutaan maksamaan asiakirjojen käsittelystä johtuvia kuluja), sitä millaisella hinnalla asia saadaan myytyä sen todelliseen arvoon verrattuna (esim. autosta halutaan päästä nopeasti eroon, ja se joudutaan myymään halvemmalla kuin sen oikea arvo olisi) tai kahden edellisen yhdistelmää. Yleisesti ajatellaan, että likviditeetti on markkinoiden toiminnan kannalta hyvä ja tavoiteltava asia.

Puhuttaessa ultranopeasta kaupankäynnistä ja rahoitusmarkkinoiden likviditeetistä, on ymmärrettävä tarjouskirjan, bid-ask-spreadin, markkinatakauksen, likviditeetin kysynnän ja likviditeetin tarjonnan käsitteet. Tarjouskirja on paikka, johon arvopaperin tai muun kaupankäynnin kohteen tietyllä hetkellä voimassa olevat, toteutumattomat toimeksiannot kirjataan ylös. Tarjouskirja voi sisältää osto- (eng. bid offer) ja myyntitarjouksia (eng. ask offer) sen mukaan, mitä halukkaat ostajat ja myyjät ovat tarjouskirjaa ylläpitävälle taholle ilmoittaneet. Tarjouskirjaa ylläpitävä taho on yleensä arvopaperipörssi, mutta myös muunlaiset instituutiot voivat ylläpitää tietyn kaupankäynnin kohteen tarjouskirjaa. Tehdessään osto- tai myyntitarjouksen, tarjouksen jättäjä sitoutuu ostamaan tai myymään kohdetta tiettyyn hintaan tietyn määrän, kun alkuperäistä tarjousta vastaava toimeksianto jätetään tarjouskirjaa ylläpitävälle taholle.

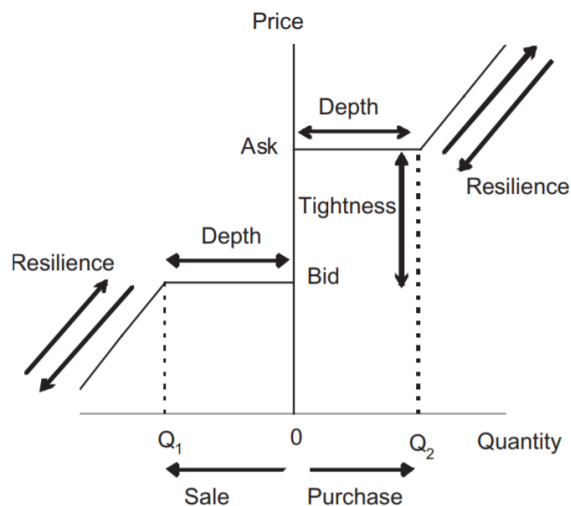
Toimeksiantoja on kahdenlaisia. Markkinahintatoimeksianto (eng. market order) on toimeksianto, jolla ostetaan tai myydään arvopapereita toimeksiannon antajan kannalta edullisimmalla hinnalla, jolla sitä on markkinoilla toimeksiannon jättöhetkellä saatavilla. Rajahintatoimeksianto (eng. limit order) on toimeksianto, jolla jätetään osto- tai myyntitarjous arvopapereista jollain lukitulla hinnalla. Rajahintatoimeksianto toteutuu myös, mikäli markkinahinta on rajahintatoimeksiannon jättäjälle edullisempi, eli esimerkiksi jos myyjä jättää rajahintatarjouksen ja markkinoilla on ostotarjous korkeammalla hinnalla kuin myyjän rajahintatarjouksen hinta. Tällöin myyjä saa arvopapereistaan enemmän kuin hänen myyntitarjouksessaan oli alun perin tarkoitus. Mikäli rajahintatoimeksiannon jättöhetkellä vastaavaa vastatoimeksiantoa ei markkinoilla ole, rajahintatoimeksianto jää voimaan tarjouskirjaan.

Toistensa hintaa vastaavien myynti- ja ostotoimeksiantojen toteutuessa aina niiden kohtaamishetkellä, seuraa siitä että tarjouskirjassa olevissa, toteutumattomissa osto- ja myyntitoimeksiannoissa on hintaero, jota kutsutaan spreadiksi. Spreadilla tarkoitetaan siis toisiaan lähimpänä olevien osto- ja myyntitarjousten välisen hinnan eroa (J. Black et al. 2017). Eli, mikäli markkinoiden alin myyntitarjous arvopaperille on 10€ ja ylin ostotarjous on 8€, kyseisen arvopaperin spread kyseisillä markkinoilla on 2€. Kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa useimmiten tutkitaan joko tarjousten spreadia (eng. quoted spread), efektiivistä spreadia (eng. effective spread) tai realisoitunutta spreadia (eng. realized spread). Tarjousten spreadilla tarkoitetaan tietyn hetken markkinahintatarjousten spreadia. Efektiivisellä spreadilla puolestaan tarkoitetaan tietyn, toteutuneen kaupan hinnan erotusta senhetkisestä arvopaperin keskihinnasta. Realisoitunut spread mitataan tietyn ajan (esim. minuutin) kuluttua kaupan toteutumisesta toteutuneen ostohinnan ja myöhemmän ajanhetken keskihinnan erotuksena. Täten otetaan huomioon arvopaperiin kohdistunut, mahdollisesti kaupasta aiheutunut hintavaikutus.

Markkinoiden likviditeettiä on perinteisesti mitattu kuvassa 2 esitetyllä kolmella eri ulottuvuudella: tiukkuudella (eng. tightness), syvyydellä (eng. depth) ja palautumiskyvyllä (eng. resiliency). Markkinan tiukkuudella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon tietyn arvopaperin ostaminen ja myyminen lyhyen ajan sisällä maksaisi. (Kyle 1985) Esimerkiksi, jos

osakkeen ask-hinta on 10 € ja bid-hinta 8 €, ostaakseen ja myydäkseen tämän osakkeen lyhyen ajan sisällä se tulee ensin ostaa 10 eurolla ja myydä 8 eurolla. Prosessissa syntyy 2 euron tappio. Tämä prosessissa syntynyt tappio on luonnollisesti saman suuruinen kuin kyseisen arvopaperin bid-ask-spread. Toisin sanoen, markkinoiden tiukkuutta voidaan mitata bid-ask-spreadin avulla.

Markkinoiden ja tarjouskirjan syvyydestä puhuttaessa tarkoitetaan sitä arvopapereiden määrää, joka voidaan ostaa tai myydä ilman että se vaikuttaa markkinahintoihin (Kyle 1985). Kuvassa 2 tarjouskirjan syvyys on esitetty voimassaolevien, parhaaseen markkinahintaan annettujen toimeksiantojen määrää sekä osto- että myyntipuolella. Yleisesti markkinoiden ja tarjouskirjan syvyydellä tarkoitetaan voimassaolevien rajahintatarjousten määrää. Mitä enemmän tarjouksia on tarjouskirjassa, sitä syvemmäksi markkina ajatellaan. Likviditeettiin liittyvällä palautumiskyvyllä tarkoitetaan puolestaan sitä, kuinka nopeasti toimeksiantojen toteutumisesta tai muusta syystä johtuneet markkinahinnan muutokset häviävät (Kyle 1985; Kerry 2008). Kuvassa 2 palautumiskyky on kuvattu vinona nuolena kuvaajan reunoilla.



**Kuva 2.** Tarjouskirjan malli ja likviditeetin ulottuvuudet. (Kerry 2008, s. 182)

F. Black on tunnistanut likvidin markkinan piirteeksi seuraavat seikat:

- Markkinoilla on aina olemassa osto- ja tarjoushinnat sijoittajan saatavilla
- Osto- ja myyntitarjousten välinen ero (bid-ask-spread) on aina pieni
- Sijoittaja voi ostaa tai myydä suuren määrän osakkeita välittömästi, kuitenkin preemiolla tai alennuksella riippuen osakkeiden määrästä. (1971)

Toisin sanoen, likvidi markkina on sellainen, jossa spreadit ovat pieniä, pieniä määriä arvopapereita voidaan ostaa ja myydä välittömästi lähes parhaalla markkinahinnalla, ja suuria määriä osakkeita voidaan myydä pitkän ajan kuluessa lähes markkinahinnalla tai vaihtoehtoisesti välittömästi epäedukkaammalla hinnalla. (F. Black 1971)

Käsitellessä markkinoiden likviditeettiä suurena kokonaisuutena tulee usein esille myös triviaalit likviditeetin tarjonnan (eng. supplying liquidity) ja likviditeetin kysynnän (eng. demanding liquidity) käsitteet. Niillä tarkoitetaan yksinkertaisesti likviditeetin kysyntää ja tarjontaa: mikäli markkinoilla on paljon rajahintatarjouksia eli kysyntää tietyn arvopaperin ostopuolella, jokin taho (esimerkiksi markkinatakaaja) voi toimittaa markkinoille likviditeettiä tekemällä niitä vastaavia myyntitarjouksia.

Markkinatakaaja (eng. market maker) on kaupankävijä, esimerkiksi pankki tai ultranopea kaupankävijä, joka on lupautunut ostamaan ja myymään tiettyjä arvopapereita tiettyyn hintaan vähintään ennalta määritellyn määrän ja tällä tapaa takaa markkinoiden likviditeetin ja sitä kautta toimivuuden (J. Black et al. 2017). Toisin sanoen, markkinatakaaja toimittaa markkinoille likviditeettiä ja toimii täten likviditeetin tarjoajana (eng. liquidity supplier). Alan tutkimuksissa käytetään synonyyminä markkinatakaajaa ja markkinatakaajan tavalla toimivaa tahoja. Monet ultranopeat kaupankävijät toimivat kuten perinteiset markkinatakaajat, mutta niillä ei välttämättä ole sovittua velvollisuutta markkinatakaukseen. Toisin sanoen, niiden ei ole tällöin pakko tehdä itselleen tappiollisia kauppvoja.

Markkinatakaaja voi toimia ja tehdä voittoa kahdella tavalla. Ensimmäinen on bid-ask-spreadin avulla: ostaessa ja myydessä arvopapereita markkinoilla, markkinatakaaja tekee aina spreadin verran voittoa per arvopaperi. Toisena tapana on provisiopalkitseminen: parantaakseen esimerkiksi osakkeensa likviditeettiä voi yritys tehdä markkinatakaussojimuksen jonkin tahon kanssa. Tällöin markkinatakaaja saa provision taattavalta yritykseltä mahdollisesti spreadin lisäksi. (Law 2016) Yksi ultranopeiden kaupankävijöiden yleisimpiä strategioita tavoitella voittoa on automaattisena markkinatakaajana toimiminen (Aldridge 2013, s. 15). Tähän syvennyttään tarkemmin seuraavassa luvussa.

## 2.3 Volatiliteetti

Rahoituksessa volatilitteetilla tarkoitetaan riskiä ilmentävää käsitettä, joka ilmaistaan useimmiten jonkin kaupankäynnin kohteen tai kokonaisen markkinan hinnan tai indeksin tuoton keskihajontana tiettyyn aikaan nähden. Useimmiten yksittäisen rahoitusinstrumentin volatilitteetti ilmaistaan päivittäisen tuoton keskihajonnasta vuosittaisena prosenttilukuna (J. Black et al. 2017). Volatilitteettia merkitään matemaattisesti useimmiten pienellä sigma  $\sigma$ .

Markkinoiden volatilitteetti, sen äkkinäinen vaihtelu ja sen kasvaminen on usein liitetty markkina- ja pörssiromahduksiin. Esimerkiksi Antonakakis & Scharlerin (2012) mukaan volatilitteetti nousee korkealle tasolle aina ennen pörssiromahduksen alkua ja pysyy korkealla pitkään romahduksen jälkeen. Koska ultranopea kaupankäynti usein liitetään pörsin tai yksittäisten arvopapereiden romahduksiin (Kirilenko et al. 2011), on tutkielman kannalta mielekäästä tarkastella ultranopean kaupankäynnin vaikutusta myös volatilitteettiin itseensä. Tähän palataan luvussa 4.

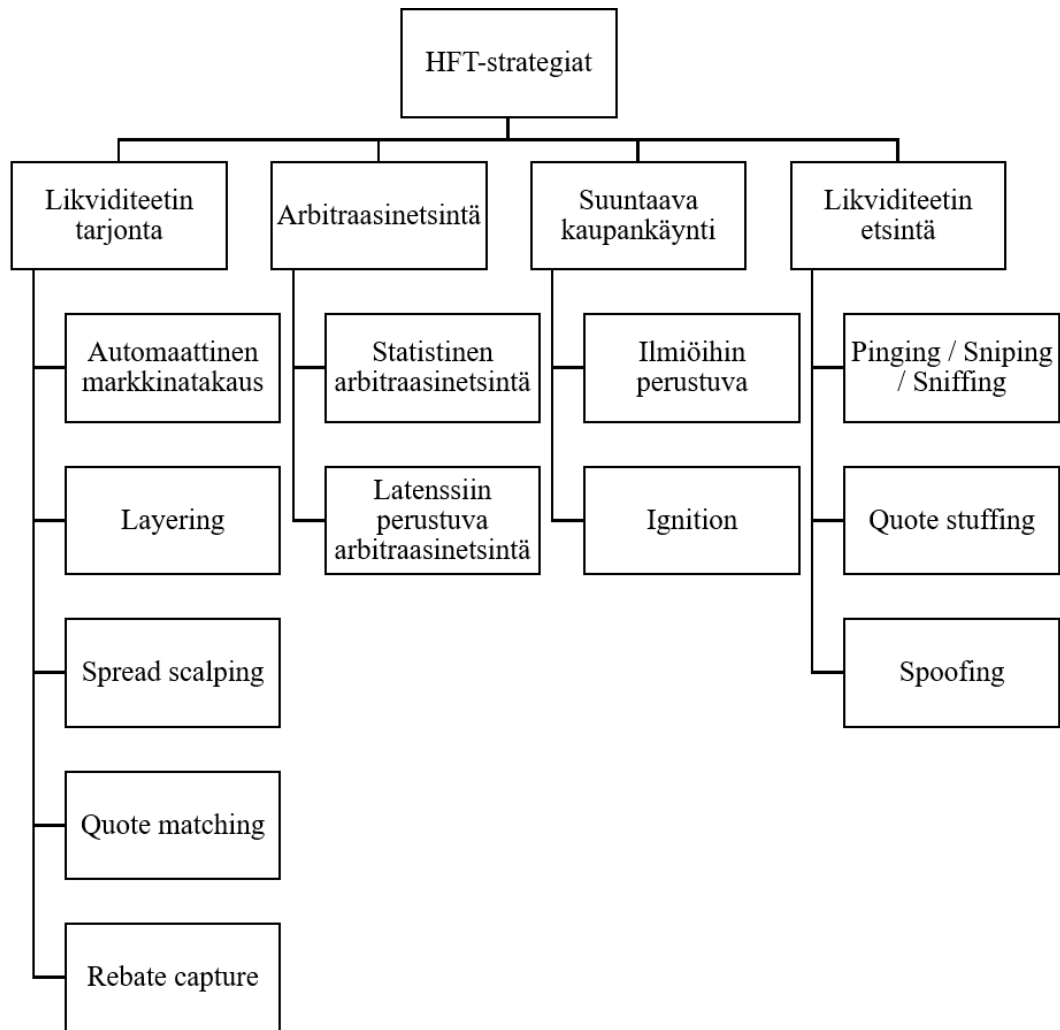
### 3. ULTRANOPEA KAUPANKÄYNTI

Ultranopea kaupankäynti (eng. high-frequency trading) on käsitteellisesti yhteisnimitys, johon kuuluu useita kaupankäyntistrategioita/kaupankäyntistrategiaryhmiä. (Aldridge 2013, p. 13) Erilaisia määritelmiä ultranopealle kaupankäynnille ovat muun muassa seuraavat:

- Ultranopea kaupankäynti sisältää kaikki aktiviteetit, jotka käyttävät nopeaa algoritmista toimeenpanoa.
- Ultranopea kaupankäynti on latenssista riippuvaista algoritmista kaupankäyntiä.
- Ultranopeiden kaupankävijöiden käydessä kauppaa heidän hallinta-aikansa ovat lyhyitä.
- Ultranopea kaupankäynti voidaan määritellä sen avulla, kuinka aktiivisia tahot ovat markkinoilla tarkastellen tarjousten määrää ja frekvenssiä (Aldridge 2013, pp. 13-15)

Ultranopean kaupankäynnin tulo markkinoille pohjautuu 1990-luvun lopun ja 2000-luvun alun tekniseen kehitykseen ja pörssikaupan säännöstelyn vähentämiseen. Merkittävin alkuaskel ultranopean kaupankäynnin yleistymiselle oli vuonna 1998 USA:ssa voimaan tullut säännöstely vaihtoehtoisista treidausjärjestelmistä (Regulation of Exchanges and Alternative Trading Systems 1998) joka käytännössä salli elektronisen kaupankäynnin (Aldridge 2013, s. 210; Goldstein et al. 2014; O'Hara 2015). Seuraavana askeleena säännöstelyn löysentymisessä oli vuonna 2005 voimaan tullut USA:n kansallisten markkinoiden säädös (Regulation National Market System 2005), joka loi kuvan markkinasta, jossa monet eri treidausalustat ovat linkittyneet toisiinsa yhteisten kaupankäyntisääntöjen kautta (O'Hara 2015) ja joka paransi sijoittajien kykyä seurata markkinatapahtumia ja toimeksiantojen toteutumista (Aldridge 2013, s. 211). Euroopassa taas vastaava regulatio tuli voimaan vuonna 2007: Euroopan Unionin rahoitusmarkkinoita sääntelevä direktiivi (Markets in Financial Instruments Directive 2004) salli uudenlaisen kaupankäynnin ja uudenlaiset kaupankäyntialustat. Näiden regulaatioiden seurauksena EU:n ja USA:n rahoitusmarkkinat fragmentoituvivat ja niistä tuli optimaalisia alustoja ultranopealle kaupankäynnille (O'Hara 2015).

Jotta ultranopean kaupankäynnin vaikutuksia rahoitusmarkkinoihin voitaisiin tutkia, on ymmärrettävä käsitteellisellä tasolla, minkälaisin keinoin ja strategiain ultranopeat kaupankävijät tuottavat voittoa ja miten niiden toiminta on kannattavaa. Täten saavutetaan ymmärrystä siitä, millaisista markkinoista ultranopeat kaupankävijät hyötyvät ja mitkä ovat niiden motiivit erilaisissa kaupankäyntitilanteissa. Yleisesti ultranopeiden kaupankävijöiden käyttämät strategiat eivät useimmiten eroa perinteisistä kaupankäyntistrategioista fundamentalistiselta konseptiltään, vaan ero muihin kaupankävijöihin tulee nimenomaan latenssin ja muiden kaupankäynnin lainalaisuuksien muutoksesta.



**Kuva 3.** *Ultranopeiden kaupankävijöiden käyttämiä strategiaryhmiä ja niiden alaryhmiä. (Strategiat ja niiden jaottelu kategorioihin mukailten Aldridge 2013)*

Ultranopeiden kaupankävijöiden käyttämät, yleisesti tunnistetut kaupankäyntistrategiat jakautuvat karkeasti jaoteltuna neljään luokkaan (Aldridge 2013, p. 15-17), jotka ovat lueteltu yllä kuvassa 3. Strategiat ja niiden alaryhmät ovat kuvassa luokiteltuna niiden pääasiallisen toimintamekanismin mukaan, mutta on otettava huomioon, että eri ryhmät voivat käyttää hyväksi useamman pääluokan tai alaluokan mekaniikkaa. On myös muistettava, että kaikkia maailmalla käytettyjä kaupankäyntistrategioita ei välttämättä ole aihetta käsittelevässä kirjallisuudessa tunnistettu, niiden ollessa yleensä erittäin tarkoin varjeltuja liikesalaisuuksia.

Nimensä mukaisesti arbitraasinetsintäkategoriaan kuuluvien kaupankäyntistrategioiden tarkoituksena on löytää markkinoilta arbitraseja. Ultranopeat kaupankävijät pyrkivät löytämään markkinoilta virheitä ja hajontaa hinnoittelussa. Yksittäinen strategia voi käyttää hyväkseen samanaikaisesti useita eri kauppapaikkoja, markkinoita ja omaisuuslajeja. Statistisessa arbitraasinetsinnässä tarkoituksena on löytää tilastollisesti merkittäviä ilmiöitä, joiden pohjalta voidaan luoda malli virheellisesti hinnoitellusta instrumentista. Usein



näillä ilmiöillä on myös jokin fundamentaalinen pohja. (Aldridge 2013, s. 131-145) Tällaisesta ilmiöstä voisi olla esimerkkinä kaksi korreloivaa arvopaperia, joista huomataan että toisen markkinahinta on korrelaation avulla määritettyä fundamentaalista hintaa alempi. Täten arvopaperissa on hinnoitteluvirhe, jonka ultranopea kaupankävijä hyödyntää ostamalla arvopaperia, odottamalla että arvo nousee oikealle tasolle ja myymällä arvopaperin pois.

Latenssiin perustuvaan arbitraasinetsintään pohjautuvissa strategioissa pyritään puolestaan hyödyntämään helpommin nähtävillä olevia arbitraaseja. Yhden hinnan lain mukaan kullakin kaupankäynnin kohteella tulisi olla sama hinta riippumatta kauppapaikasta. Kuitenkin, teknisistä syistä johtuen näin ei aina ole. Latenssiin perustuvat arbitraasinetsijät etsivät eri markkinoilta ja eri kauppapaikoista hinnoitteluvirheitä ja hyödyntävät niitä (Aldridge 2013, s. 196-197). Yksinkertaisimmillaan esimerkkinä tästä voisi olla osake, jonka hinnat ovat erilaiset kahdessa pörssissä. Tällöin arbitraasin voi hyödyntää ostamalla osaketta halvemmalla hinnalla ja myymällä sitä kalliimmalla.

Voidaan ajatella, että arbitraaseja hyödyntäessään ultranopea kaupankävijä poistaa niitä markkinoilta eli täten tehostaa markkinoita. Ultranopean kaupankäynnin vaikutusta markkinatehokkuuteen tutkitaan vielä tarkemmin luvussa 4. Toisaalta arbitraaseja etsivien ultranopeiden kaupankävijöiden roolin hyödyllisyys ei ole selvää: esimerkiksi latenssiin perustuvan arbitraasin etsiminen ajaa eri kaupankävijöitä tekniseen kilpavarusteluun, joka puolestaan kasvattaa eroja eri kaupankävijöiden välillä ja etenkin kasvattaa ultranopeiden kaupankävijöiden eroa muihin sijoittajiin. Tämän puolestaan voidaan ajatella olevan huono asia markkinoille.

Tapahtumista johtuvissa, suuntaavaa kaupankäyntiä hyödyntävissä strategioissa informoidut kaupankävijät treidaavat kohteita ennustamansa markkinoiden kehityksen suuntaisesti. Informoidut kaupankävijät ovat tässä tapauksessa usein ultranopeita kaupankävijöitä, institutionaalisia sijoittajia tai muita tahoja, joilla on ylivertainen pääsy informaatioon joko nopeuden tai saatavuuden kannalta. Ultranopealle kaupankäynnille on kyseessä optimaalinen kilpailualusta, sillä useimmiten tietyn tapahtuman ympärillä kauppaa käydessä nopeus ratkaisee tehdyn voiton määrän. Suuntaavassa kaupankäynnissä on ominaista, että tietyn pörssiin vaikuttavan tapahtuman (vuosikatsaus, uutisjulkistus ym.) kanssa korreloivista kaupankäynnin kohteista rakennetaan portfolio joko ennen tapahtumaa tai heti sen jälkeen. Tapahtuman markkinavaikutuksen jälkeen portfolio likvidoidaan sopivassa kohtaa. (Aldridge 2013, s. 147) Suuntaavaa kaupankäyntiä hyödyntävien strategioiden etuna markkinoita kohtaan on se, että informaation vaikutus hintoihin näkyy nopeammin. Täten tällaista strategiaa käyttäen ultranopean kaupankäynnin voidaan ajatella vievän markkinoita lähemmäs tehokkaan markkinan mallia, jossa informaation vaikutus hintoihin näkyy ilman viivettä (Fama 1970).

Kolmas pääryhmä ultranopeiden kaupankävijöiden käyttämissä strategioissa on automatisoituina markkinatakaajana toimiminen. Tällöin voittoa tehdään niin kuin muutkin markkinatakaajat: joko suoraan bid-ask-spreadin verran kaupoista tai vaihtoehtoisesti yritysten tai kauppapaikkojen kanssa sovituista provisioista. Ultranopeat ja muut algoritmiset kaupankävijät ovat vallanneet markkinatakaajien markkinat melko lailla kokonaan: tietokoneen tekemän markkinatakaustoiminnan etuna verrattuna ihmiseen ovat tietokoneen virheettömyys ja nopeus. (Aldridge 2013, s. 165-167) Myös markkinatakaajana toimivien ultranopeiden kaupankävijöiden voidaan ajatella edesauttavan markkinoiden likviditeettiä jo pelkästään markkinatakaajana toimimisen takia, puhumattakaan sen nopeudesta verrattuna perinteiseen, ihmisvoimin päätöksiä tekevään markkinatakaajaan.

Neljäntenä pääryhmänä ultranopeiden kaupankävijöiden käyttämissä strategioissa on likviditeetin etsintä. Likviditeetinetsintä on yleensä mielletty strategioista haitallisimmaksi muille sijoittajille ja useat sen alakategorioista ovatkin joissain pörssissä ja/tai maissa kiellettyjä toimintatapoja. (Aldridge 2013, s. 17) Likviditeetinetsintäkategoriaan kuuluvat muun muassa kuvan 3 mukaisesti englanniksi nimetyt alakategoriat pinging, quote stuffing ja spoofing. Näistä esimerkiksi spoofing on USA:ssa laissa kielletty (Dodd-Frank Wall Street Reform And Consumer Protection Act 2010), quote stuffing luokitellaan suoraan markkinamanipulaatioksi (Aldridge 2013, s. 201-202) ja pinging taas usein on kannattavaa ainoastaan jos samanaikaisesti sen kanssa harjoitetaan jonkinlaista markkinamanipulaatiota (Aldridge 2013, s. 202).

## 4. ULTRANOPEA KAUPANKÄYNTI RAHOITUS- ALAN TUTKIMUKSESSA

2000-luvun alussa alkaneen ultranopean kaupankäynnin ollessa suhteellisen tuore ilmiö, myös sen tutkimus on tällä hetkellä varsin nuorta, kehitysvaiheessa olevaa sekä vähäistä. Hyvänä esimerkkinä tästä on se, että ultranopean kaupankäynnin määritelmästäkin on paljon toisistaan eroavia, joskin ei toisiaan poissulkevia tulkintoja. Tutkimuksen määrästä puolestaan kertoo erittäin paljon se, että tulosaineiston artikkeleiden sisältämät lyhyet kirjallisuuskatsaukset ja aiheiden taustoitukset sisältävät käytännössä poikkeuksetta samoja artikkelilähteitä. Ajallisesti tässä kirjallisuuskatsauksessa käytetyn tulosaineiston tutkimukset sijoittuvat välille 2012-2017, ja tutkimuksissa tutkittava data on vuosilta 2007-2011.

Artikkeleiden tuloksia tarkastellessa tärkein niiden validiteettia ja vertailua koskeva ominaisuus on tapa, jolla ultranopea kaupankäynti on määritelty kussakin tutkimuksessa. Tulosaineiston artikkeleissa ei oppikirjamaisesti määritellä ultranopeaa kaupankäyntiä kuten tämän kirjallisuuskatsauksen teoriaosuudessa, vaan vertailun kohteeksi tuli ottaa tapa, jolla ultranopeaa kaupankäyntiä mitataan tutkimuksessa. Näitä tapoja on tulosaineistossa kolme. Ensimmäisenä tapana on käyttää kaupankäyntidataa, jossa on valmiiksi identifioiduna ultranopeiden kaupankävijöiden tekemät tarjoukset ja kaupat. Toisena on mitata ultranopean kaupankäynnin aktiivisuutta tunnistamalla tavallisesta kaupankäyntidatasta erilaisia, ultranopeille kaupankävijöille ominaisten kaupankäyntitapojen tunnuspiirteitä. Kolmantena on tutkia kaupankäyntipaikan tietojärjestelmien latenssia huomattavasti vähentävää järjestelmäpäivitystä, jonka oletetaan lisäävän ultranopeaa kaupankäyntiä tarkastellussa kauppapaikassa. Tutkimuskohtainen jaottelu löytyy taulukosta 1. Näiden tapojen kykyä ilmentää ultranopean kaupankäynnin läsnäoloa on tarkasteltu luvussa 5 tarkemmin.

Toinen tärkeänä huomioonotettavana asiana tutkimuksissa on käytetty data ja sen ominaisuudet. Ensinnäkin, tutkimukseen käytettävän, kelvollisen datan määrä ja saatavuus on vähäistä. Esimerkiksi Carrion (2013) on viisi vuotta sitten todennut, että vasta tuolloin ultranopeasta kaupankäynnistä on alettu saamaan korkealaatuista dataa tutkimuksen käytettäväksi. Tässä kirjallisuuskatsauksessa tutkittavan tulosaineistonkin osalta on merkilepantavaa, kuinka useat tutkimukset käyttävät samaa data-aineistoa analyysiin. Brogaard et al. (2014), Carrion (2013) ja Brogaard et al. (2017) käyttävät kaikki samaa, NASDAQ-US:n akateemikoille jakamaa data-aineistoa tutkimuksessaan. Kyseisessä datassa on NASDAQ:n toimesta valmiiksi tunnistettuna ultranopeiden kaupankävijöiden tekemät kaupat ja tarjoukset. On myös huomionarvoista, että tässä datassa on selkeitä puutteita jotka hankaloittavat tulosten tulkitsemista. Esimerkiksi, kyseisessä datassa on identifioitu ainoastaan ultranopeaa kaupankäyntiä päätoimisesti tekevät yritykset, kun ultranopeaa

kauppaa käyvät merkittävässä määrin myös muut toimijat. Muissa tulosaineiston tutkimuksissa analyysiin käytetty data on pääosin tavallista, julkista tarjouskirjadataa.

Lisäksi, vaikka ultranopeaa kaupankäyntiä harjoitetaan laajalti myös OTC-markkinoilla, dark pooleissa ja muissa kauppapaikoissa kuin julkisissa pörseissä, Gomber et al. (2011) on todennut että kaikki tuohon aikaan saatavilla oleva data on peräisin avoimilta markkinoilta. Tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa ongelma on sama: tutkimuksen tulosaineistossa kaikki käytetty data on joko julkista markkinadataa tai julkisen kauppapaikan akateemikoille jakamaa dataa. On myös huomattava, että vaikka useat ultranopean kaupankäynnin strategiat käyttävät hyväkseen useita kauppapaikkoja samanaikaisesti, tulosaineistossa käytetty data on aina peräisin vain yhdestä kauppapaikasta. Täten näiden strategioiden läsnäoloa ja vaikutusta on vaikea tunnistaa yksiselitteisesti.

Ultranopean kaupankäynnin vaikutusta markkinoihin on tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimusaineistossa tutkittu kahta artikkelia lukuun ottamatta normaaleissa markkinaolosuhteissa. Brogaard et al. (2017) tutkii ultranopean kaupankäynnin vaikutusta markkinoihin vuoden 2008 syyskuussa SEC:n asettaman, USA:n laajuisen lyhyeksimyntikiellon aikana. Scholtus et al. (2014) puolestaan tarkastelee ultranopean kaupankäynnin vaikutusta markkinoihin makroekonomisesti merkittävien uutisjulkistusten ympärillä.

Alla olevassa taulukossa 1 on kuvattu kirjallisuuskatsauksen tulosaineisto ja varsinaiset tulokset kokonaisuudessaan. Tulkinta tapahtuu seuraavasti: kustakin artikkelista on tutkittu artikkelin kanta siitä, millainen vaikutus ultranopealla kaupankäynnillä on mihinkin markkinoiden ominaisuuteen. ”+”-merkki tarkoittaa, että kyseisen artikkelin mukaan ultranopea kaupankäynti on positiivinen asia tälle markkinoiden osa-alueelle, ja vastaavasti ”-”-merkki tarkoittaa että ultranopea kaupankäynti on negatiivinen asia. Kokonaan tyhjä ruutu tarkoittaa, että aiheeseen ei ole otettu artikkelissa lainkaan kantaa. ”Määritelmä”-sarakeessa puolestaan on luokiteltuna kunkin artikkelin tapa, jolla ultranopea kaupankäynti on tunnistettu tutkimuksessa. Nämä tavat on tarkemmin läpikäytynä aikaisemmin tässä luvussa. ”JP” tarkoittaa latenssia alentavaa järjestelmäpäivitystä, ”D” tarkoittaa dataa jossa ultranopeat kaupankävijät ovat valmiiksi identifioituna ja ”A” tarkoittaa ultranopean kaupankäynnin aktiivisuuden tunnistamista kaupankäyntidatasta.

**Taulukko 1.** Tämän kirjallisuuskatsauksen tulosaineisto ajallisessa järjestyksessä, kun-kin artikkelin kannat tiettyihin markkinoiden ominaisuuksiin ja tapa jolla ultranopea kaupankäynti on tunnistettu tai määriteltä tutkimuksessa

Tutkimus	Määritelmä	Tehokkuus	Likviditeetti	Volatilitteetti
Riordan & Storckenmaier (2012)	JP	+	+	
Carrion (2013)	D	+	+	
Hagströmer & Norden (2013)	D			+
Hasbrouck & Saar (2013)	A		+	+
Brogaard et al. (2014)	D	+		+
Scholtus et al. (2014)	A		-	-
Conrad et al. (2015)	A	+	+	
Jain et al. (2016)	JP		+	
Brogaard et al. (2017)	D		-	
Brogaard et al. (2018)	D		+	

#### 4.1 Vaikutus tehokkuuteen

Tämän kirjallisuuskatsauksen tulosaineistosta ultranopean kaupankäynnin vaikutuksista markkinoiden tehokkuuteen ottaa kantaa neljä artikkelia (Riordan & Storckenmaier 2012; Carrion 2013; Brogaard et al. 2014; Conrad et al. 2015). Näistä jokaisessa ultranopean kaupankäynnin aiheuttama vaikutus on todettu markkinoiden tehokkuutta parantavaksi tekijäksi.

Ensimmäinen tutkimuksessa huomattu ultranopean kaupankäynnin positiivinen vaikutus markkinatehokkuuteen on se, että latenssien pieneneminen ja tätä kautta kaupankäynnin nopeutuminen on nopeuttanut informaation kulkeutumista hintoihin. Riordan & Storckenmaier (2012) tutkivat uuden kaupankäyntijärjestelmän, Xetra 8.0:n käyttöönoton mahdol-

listaman latenssin aleneman (kaupankäyntijärjestelmän latenssi pieneni 50 millisekunnista 10 millisekuntiin) vaikutusta hinnanmuodostuksen tehokkuuteen. Tutkimuksessa huomattiin, että päivityksen jälkeen tarjousten informaatiovaikutus rahoitusinstrumentin hintaan kasvoi merkittävästi. Vastaavasti myös jo tehdyn kaupan hintavaikutus oli huomattavasti pienempi. Täten hinnanmuodostus tapahtui latenssin vähenemisen jälkeen enemmän nykyisen informaation eli voimassaolevien tarjousten perusteella, eikä niinkään historiallisen tiedon eli toteutuneiden toimeksiantojen hintojen perusteella. Tämän puolestaan on perinteisen, Faman (1970) esittelemän tehokkaan markkinan mallin mukainen tehokkaan markkinan ominaispiirre.

Conrad et al. (2015) puolestaan tutki vastaavaa järjestelmäpäivityksen vaikutusta Japanissa, Tokion pörssissä. Tokion pörssissä otettiin vuonna 2010 käyttöön uusi kaupankäyntijärjestelmä, Arrowhead, joka pienensi kaupankäynnin latenssia 6 sekunnista 10 millisekuntiin (Jain et al. 2016). Tätä järjestelmäpäivitystä tarkastelevan tutkimuksen tulos oli vastaava: kun ultranopeiden kaupankävijöiden toiminta markkinoilla oli aktiivisempaa, hintojen palautuminen suoritetuista kaupoista oli nopeampaa, tarjouskirjan sisältämä informaatio näkyi hinnoissa selvemmin ja hinnanmuodostusprosessi oli kokonaisuudessaan tehokkaampi.

Riordan & Storckenmaierin (2012) ja Conradin et al. (2015) tutkimuksissa tutkitaan kaupankäyntijärjestelmien latenssin pienenemisen vaikutusta markkinoihin, mikä ei välttämättä suoraan kerro siitä, että ultranopeat kaupankävijät olisivat tällöin aktiivisempia. Kuitenkin, kaupankäyntijärjestelmien latenssin pieneneminen tarkoittaa näissä tapauksissa suoraan sitä, että ultranopea kauppa joko mahdollistuu ylipäänsä, kuten Conrad et al. (2015) tapauksessa jossa latenssi pieneni 6 sekunnista 2-3 millisekuntiin, tai että ultranopean kaupan edellytyksiä parannetaan huomattavasti, kuten Riordan & Storckenmaierin (2012) tapauksessa, jossa latenssi pieneni 50 millisekunnista 10 millisekuntiin. Jälkimmäisessä ero voi tuntua arkisesti ajateltuna pieneltä, mutta matemaattisesti ajateltuna algoritmit kykenivät päivityksen jälkeen toimimaan 5 kertaa nopeammin kuin aiemmin. Täten voidaan olettaa, että ultranopeiden kaupankävijöiden aktiivisuus markkinoilla on kasvanut päivitysten myötä, jolloin on perusteltua väittää, että järjestelmäpäivityksien vaikutuksia tarkastelemalla voidaan tehdä suuntaa antavia johtopäätöksiä ultranopeiden kaupankävijöiden vaikutuksesta markkinoihin. Näin on tehty myös edellä mainituissa tutkimuksissa.

Myös Carrion (2013) on omassa tutkimuksessaan löytänyt yhteyden ultranopeiden kaupankävijöiden markkina-aktiivisuuden ja tehokkaamman markkinan välillä. Hänen mukaansa tehtyjen kauppojen sekä toteutuneen tuoton informaatiovaikutus hintoihin on nopeampaa ja täten hinnanmuodostus markkinoilla on nopeampaa silloin, kun ultranopeiden kaupankävijöiden markkina-aktiivisuus likviditeetin kysynnän synnyttäjänä toimiessa on korkeampi. Kuitenkin, ultranopeiden kaupankävijöiden toimiessa likviditeetin toimittajana, markkinavaikutus on Carrionin (2013) mukaan marginaalinen.

Toisena positiivisesti markkinoihin vaikuttavana, ultranopeiden kaupankävijöiden aikaansaamana tekijänä pidetään Brogaardin et al. (2014) mukaan informoitujen ultranopeiden kaupankävijöiden kaupankäyntiä. Heidän mukaansa, informoidut ultranopeat kaupankävijät treidaavat saman mallin mukaan kuin muutkin informoidut kaupankävijät, eli hetkellisiä hinnoitteluvirheitä vastaan ja vastaavasti pysyvien hintamuutosten myötäisesti. Myös Carrion (2013) on maininnut tekstissään yhtenä todennäköisimpänä tekijänä ultranopeiden kaupankävijöiden parantamaan tehokkuuteen ovat ne ultranopeat kaupankävijät, jotka käyvät informoitua kauppaa: ne hyödyntävät arbitraaseja nopeammin kuin tavalliset kaupankävijät, jolloin havaittavia hinnoitteluvirheitä on markkinoilla vähemmän. Tämä hinnoitteluvirheiden poistaminen ja pysyvien hintamuutosten vahvistaminen on Faman (1970) tehokkaan markkinan mallin mukaan markkinoiden tehokkuutta parantava asia.

Kussakin artikkelissa käydään hyvin laajalti empiirisen tutkimuksen kautta läpi sitä, mikälainen vaikutus on sillä, kun ultranopeat kaupankävijät ovat aktiivisempia markkinoilla tai kun kaupankäyntijärjestelmien latenssi pienenee. Tutkimuksissa tarkat mittarit ja niiden laskukaavat ovat erilaisia, mutta pääsääntöisesti ne mittaavat kahta asiaa: kuinka nopeasti ja vahvasti tarjouskirjan tarjoukset vaikuttavat osakkeen hintaan (Riordan & Storckenmaier 2012; Carrion 2013; Conrad et al. 2015) ja kuinka usein ultranopeat kaupankävijät treidaavat pysyvän hinnanmuutoksen mukaisesti ja hintavirheiden vastaisesti (Brogaard et al. 2014). Tulokset ovat varsin yksimieliset: ultranopeat kaupankävijät parantavat markkinoiden tehokkuutta nopeuttamalla hinnanmuodostusprosessia ja poistamalla hintavirheitä markkinoilta.

Toisaalta kussakin tutkimuksessa ollaan hyvin varovaisia tulosten tulkinnan suhteen. Esimerkiksi Carrion (2013) toteaa suoraan, että hänen tutkimuksestaan ei voida tehdä johtopäätöksiä ultranopeiden kaupankävijöiden kausaliteetista parantuneeseen markkinatehokkuuteen, vaan ainoastaan huomata korrelaatio näiden välillä. Vastaavasti myös Riordan & Storckenmaier (2012), Brogaard et al. (2014) ja Conrad et al. (2015) ovat kaikki sitä mieltä, että yksittäisten, heidän tutkimiensä suureiden ja mittareiden osalta ultranopea kaupankäynti on positiivinen asia, mutta varsinaisia johtopäätöksiä ultranopean kaupankäynnin vaikutuksesta markkinoiden tehokkuuteen tai markkinoiden laatuun kokonaisuudessaan ei voida heidän tutkimuksiensa perusteella tehdä.

Edellä mainittuja tutkimuksien tuloksia voidaan selittää ja spekuloida monilla tavoilla. Informoitujen ultranopeiden kaupankävijöiden parantavan vaikutuksen synty markkinatehokkuuteen on luontevasti pääteltävissä: kuten muutkin informoidut sijoittajat, myös ultranopeat kaupankävijät pyrkivät saavuttamaan tuottoa hyödyntämällä hinnoitteluvirheitä ja treidaamalla pysyvien hintamuutosten suuntaan, jolloin markkinat Faman (1970) mallin mukaan ovat tehokkaammat. Ultranopeiden kaupankävijöiden tuoma lisänopeus hinnanmuodostukseen on matemaattisesti ajateltuna tuloksena myös hyvin triviaali: kun järjestelmät toimivat nopeammin, informaatio liikkuu nopeammin ja vastaavasti se siirtyy

tätä kautta myös hintoihin nopeammin. Tästä voidaan kuitenkin spekuloida, onko markkinavaikutus todella positiivinen. Tehokkaan markkinan malliin kuuluu toisaalta myös se, että kaikilla sijoittajilla on sama informaatio samaan aikaan käytössä ja että markkina on kaikille tasapuolinen. Onko asia näin, jos ultranopeat kaupankävijät saavat ja hyödynnevät informaation muita sijoittajia nopeammin? Tämän takia on perusteltua esittää huoli siitä, ovatko ultranopeat kaupankävijät nopeudellaan tehokkuutta parantavana tahona markkinoiden laatua varsinaisesti parantava toimijakunta.

## 4.2 Vaikutus likviditeettiin

Tämän kirjallisuuskatsauksen tulosaineistosta ultranopean kaupankäynnin vaikutuksista markkinoiden likviditeettiin ottaa kantaa kahdeksan artikkelia (Riordan & Storckenmaier 2012; Hasbrouck & Saar 2013; Carrion 2013; Scholtus et al. 2014; Conrad et al. 2015; Jain et al. 2016; Brogaard et al. 2017; Brogaard et al. 2018) taulukon 1 mukaisesti. Näistä kuudessa (Riordan & Storckenmaier 2012; Hasbrouck & Saar 2013; Carrion 2013; Conrad et al. 2015; Jain et al. 2016; Brogaard et al. 2018) ultranopea kaupankäynti on mielletty likviditeetin kannalta positiiviseksi asiaksi, ja kahdessa (Scholtus et al. 2014; Brogaard et al. 2017) negatiiviseksi. Merkillepantavaa on, että viidessä kuudesta näistä ultranopean kaupankäynnin positiiviseksi ilmiöksi likviditeetin kannalta luokittelevissa artikkeleissa tarkastellaan normaalia markkinatilannetta, kun taas negatiivisiksi luokittelevissa artikkeleissa on kyseessä epänormaali markkinatilanne: Scholtus et al. (2014) käsittelee ultranopeaa kaupankäyntiä makroekonomisten uutisjulkistusten aikana ja Brogaard et al. (2017) tutkii ultranopeaa kaupankäyntiä vuoden 2008 USA:n markkinoiden lyhyeksi-myyntikiellon aikana. Kuitenkin, kuudennessa positiivisen markkinavaikutuksen tulokseksi saaneessa tutkimuksessa, Brogaardin et al. (julkaisematon) artikkelissa tutkitaan likviditeettiä tarjoavien ultranopeiden kaupankävijöiden vaikutusta markkinoiden likviditeettiin suurten hintamuutosten (eng. extreme price movements) aikana ja tuloksena on saatu positiivinen markkinavaikutus myös poikkeusmarkkinan aikana.

Yhtenä ultranopeiden kaupankävijöiden suurimpana liikevaihdon lähteenä ja suosituimpana kaupankäyntistrategiana on markkinatakaajana toimiminen. Ultranopeat kaupankävijät ovat markkinoille tullessaan nopeudellaan ja automaatiosta johtuvilla alemmilla kaupankäyntikuluillaan osittain syrjäyttäneet perinteiset markkinatakaajat (Menkveld 2013). Kuitenkin, ne eroavat perinteisistä markkinatakaajista siten, että niillä harvoin on varsinaisesti lakiin tai sopimukseen perustuvaa velvollisuutta toimia markkinatakaajana (O'Hara 2015; Conrad et al. 2015; Brogaard et al. 2018). Tätä on alan kirjallisuudessa spekuloitu usein riskinä sen takia, että poikkeustilanteissa ne voivat yksinkertaisesti lopettaa toimintansa häiriön ajaksi ja täten poistaa markkinoilta suuren määrän likviditeettiä ja täten voimistaa poikkeustilanteen vaikutusta. Esimerkkinä edellä mainitusta tapauksesta on vuoden 2010 Flash Crash, jonka aikana useimmat ultranopeat kaupankävijät joko vähensivät kaupankäyntiään merkittävästi tai lopettivat sen kokonaan (CFTC/SEC 2010; Kirilenko et al. 2011).



Kirjallisuuskatsauksen tulosaineistossa on yksi artikkeli, joka käsittelee edellä mainitun tapaisia poikkeustilanteita markkinoilla ja ultranopeiden kaupankävijöiden roolia niissä. Brogaardin et al. (2018) artikkeli käsittelee likviditeettiä toimittavien ultranopeiden kaupankävijöiden toimintaa suurten hintamuutosten (eng. extreme price movements, EPM) ympärillä. Suuri hintamuutos luokitellaan tässä tutkimuksessa äärimmäiseksi muutokseksi yksittäisen arvopaperin osalta USA:n kansallisessa parhaassa tarjous- tai myyntihinnassa (eng. National Best Bid/Offer) 10 sekunnin aikaintervallin sisällä. Tutkimuksessa mitataan ultranopeiden kaupankävijöiden treidausvolyymiä suurten hintamuutosten ympärillä ja huomattiin, että ultranopeat kaupankävijät ovat suurin likviditeetin toimittaja tällaisissa tapauksissa. Motivaatiota tälle tutkitaan myös samassa artikkelissa: huomattiin, että markkinatakaajana toimiminen on kannattavaa ultranopeille kaupankävijöille myös suurten hintamuutosten aikana, eli niillä ei ole tällöin motiivia poistua markkinoilta.

Edellä mainittu tulos on kuitenkin ristiriidassa Kirilenkon et al. (2011) ja CFTC/SEC:n (2010) löydöksille Flash Crashin osalta. Brogaard et al. (2018) toteavatkin, että vaikka heidän tutkimuksensa tulokset kertovat positiivisia asioita ultranopeiden kaupankävijöiden toiminnan vaikutuksesta markkinoihin, ne ovat tehty yksittäisten osakkeiden hintamuutosten pohjalta ja täten ne eivät päde suuremman magnitudin markkinahäiriöissä. Tällaisesta voisi olla esimerkkinä tilanne, jossa monen osakkeen hinta ajautuu jyrkkään laskuun samanaikaisesti. Kirjallisuuskatsauksen aineistossa ei ole tutkimuksia ultranopeiden kaupankävijöiden vaikutuksesta normaalissa markkinatilanteessa nimenomaan markkinatakaajana toimiessa eroteltuna niiden muusta aktiivisuudesta.

Aineiston tutkimuksissa ultranopeiden kaupankävijöiden vaikutusta likviditeettiin tutkittaessa suureen rooliin nousi spreadien vertailu ja tätä kautta kaupankäyntikustannusten tutkiminen. Tutkimusten löydöksissä trendinä oli, että ultranopea kaupankäynti kaventaa selkeästi spreadeja ja tätä kautta parantaa markkinoiden likviditeettiä. Tätä puolsi viisi tutkimusta (Riordan & Storckenmaier 2012; Carrion 2013; Hasbrouck & Saar 2013; Conrad et al. 2015; Jain et al. 2016). Kahdessa artikkelissa (Scholtus et al. 2014; Brogaard et al. 2017) väitettiin puolestaan, että ultranopea kaupankäynti leventää spreadeja. Ultranopean kaupankäynnin vaikutusta spreadeihin on tutkittu tulosaineistossa muiden markkinaominaisuuksien tapaan lähinnä empiirisesti, ottamatta suuremmin kantaa mistä spreadien kaventumien on varsinaisesti johtunut.

Hasbrouck & Saar (2013), Carrion (2013) ja Conrad et al. (2015) tutkivat ultranopean kaupankäynnin vaikutusta likviditeettiin ja spreadeihin tutkimalla korrelaatiota ultranopean kaupankäynnin aktiivisuuden ja eri markkinalaadun mittareiden, muun muassa spreadien, välillä. Ultranopean kaupankäynnin aktiivisuutta mitataan näissä tutkimuksissa kolmella tapaa. Hasbrouck & Saar (2013) tunnistavat julkisesta tarjouskirjadatasta tarjousten sarjoja, jotka ovat leimallisia ultranopeille kaupankävijöille. Aktiivisuuden mittarina he käyttävät samanaikaisesti käynnissä olevien tarjoussarjojen määrää. Carrion (2013) puolestaan käyttää monessa tutkimuksessa käytettyä NASDAQ akateemikoille liikkeelle laskemaa dataa, jossa ultranopeat kaupankävijät ovat identifioituna. Conrad et

al. (2015) käyttävät aktiivisuuden mittarina USA:n kansallisen parhaan myynti- tai osto-tarjouksen hinnan tai koon muutoksen frekvenssiä. Kaikissa kolmessa tutkimuksessa huomataan, että sekä efektiivisen että realisoituneen spreadin pieneneminen korreloi ultranopean kaupankäynnin aktiivisuuden kasvamisen kanssa.

Riordan & Storckenmaier (2012) ja Jain et al. (2016) tutkivat ultranopean kaupankäynnin vaikutusta likviditeettiin ja spreadeihin tarkastelemalla pörssin latenssia vähentävien kaupankäyntijärjestelmien käyttöönoton vaikutusta. Aikaisemminkin tässä tutkielmassa esitellyt tutkielmat tutkivat kahta erillistä järjestelmäpäivitystä: Riordan & Storckenmaier (2012) tutkivat Saksan pörssissä vuonna 2007 käyttöönotettua Xetra 8.0-järjestelmää ja Jain et al. (2016) Tokion pörssissä 2010 käyttöönotettua Arrowhead-järjestelmää. Molemmista tutkimuksista tarkasteltiin markkinaominaisuuksia ennen ja jälkeen järjestelmäpäivitysten. Riordan & Storckenmaierin (2012) artikkelissa huomataan, että efektiivinen spread pienenee järjestelmäpäivityksen myötä ja heidän likviditeettiä kuvaavaa, tutkimusta varten kehitettyä mittaria käyttäen likviditeetti yleisesti paranee etenkin liikevaihdoltaan pienten ja keskikokoisten osakkeiden osalta (mittari ottaa huomioon efektiivisen ja realisoituneen spreadin, tarjousten spreadin ja kauppojen hintavaikutuksen). Jain et al. (2016) puolestaan tutkii järjestelmäpäivitystä Hillionin et al. (1995) esittelemällä ja Naes & Skjeltorpin (2006) määrittelemän tarjouskirjakäyrän (eng. limit order book slope) avulla, joka kuvaa tarjouskirjan syvyyttä ja tiukkuutta. Tällä mittarilla mitattuna Jain et al. (2016) mukaan likviditeetti paranee järjestelmäpäivityksen myötä.

Scholtus et al. (2013) tutkii ultranopean kaupankäynnin vaikutuksia markkinoihin makroekonomisten uutisjulkistusten ympärillä. Tutkimus tehdään tarkastelemalla ultranopean kaupankäynnin aktiivisuutta ja sen korrelointia markkinaparametrien muutosten kanssa. Käytetyt parametrit ovat spreadit, tarjouskirjan syvyys, kaupankäynnin volyyymi ja realisoitunut volatilitteetti. Ultranopean kaupankäynnin aktiivisuutta mitataan monimutkaisen, useaa välikättä (eng. proxy) hyödyntävän, tutkimusta varten muodostetun mittarin avulla. Tutkimuksessa huomataan, että kun ultranopean kaupankäynnin aktiivisuus on korkeampi makroekonomisten uutisjulkistusten ympärillä, markkinoiden syvyyden mittarit laskevat ja spreadit sekä volatilitteetin mittarit kasvavat. Tämä tarkoittaa siis yksiselitteisesti huonompaa markkinoiden laatua.

Kokonaisuudessaan kirjallisuustutkielman aineiston löydökset ultranopean kaupankäynnin vaikutusta markkinoiden likviditeettiä koskien ovat melko konsistentit. Aineiston mukaan pääasiassa normaalitilanteissa spreadit pienenevät ja tätä kautta kaupankäynnin kustannukset laskevat sekä markkina on muillakin mittareilla likvidimpi silloin, kun ultranopean kaupankäynnin aktiivisuus on korkea. Näin on etenkin silloin, kun markkinatilanne on tavallinen. Kuitenkin, vaikka Brogaardin et al. (2017) löydökset osoittavatkin että ultranopeasta kaupankäynnistä on markkinoiden likviditeetille hyötyä hieman poikkeavissakin tilanteissa, esimerkiksi Scholtuksen et al. (2013) tuloksia markkinalaattaa alentavasta vaikutuksesta makroekonomisten uutisjulkistusten ympärillä ja Kirilenkon et al. (2011) ja CFTC/SEC:n (2010) löydöksiä ultranopeiden kaupankävijöiden toiminnasta

Flash Crashin aikana ei voida sivuuttaa. Toisin sanoen, vaikka kirjallisuudessa vaikutus likviditeettiin vaikuttaa positiiviselta, ei täysin yksimielistä väitöstä positiivisesta vaikutuksesta voida tehdä.

Tulosaineistossa on esitetty vain vähän spekulatiota siitä, miksi markkinoiden likviditeetti käyttäytyy edellä mainituilla tavoin ultranopean kaupankäynnin aiheuttamana. Eräänä syynä varsinkin spreadien pienenemiselle arvellaan ultranopean kaupankäynnin myötä hetkellisesti lisääntyvää kilpailua likviditeetin tarjonnassa (Conrad et al. 2015). Toisena syynä spreadien pienenemiselle, osin liittyen edellä mainittuun kilpailun lisääntymiseen, voidaan spekuloida ultranopeiden kaupankävijöiden toimintaa samanaikaisesti useilla eri markkinoilla. Täten eri markkinoiden väliset hinnoitteluvirheet poistuvat ja samanaikaisesti myös kilpailu eri markkinoiden välillä kasvaa, jolloin arvopaperien tarjous- ja myyntihinnat tulevat lähemmäs toisiaan ja spreadit pienenevät.

### 4.3 Vaikutus volatiliteettiin

Vaikutus markkinoiden volatiliteettiin on ollut kenties suurin huoli kirjallisuudessa ultranopeaan kaupankäyntiin liittyen. Ehkä suurimpana syynä tähän on ultranopean kaupankäynnin osallisuus vuoden 2010 Flash Crashin sekä useihin, pienempiin markkinahäiriöihin. Ultranopean kaupankäynnin aiheuttamasta volatiliteetin vaihtelusta ovat olleet huolissaan sekä akateemikot että viranomaiset (Securities and Exchange Commission 2010; Hagstromer & Norden 2013). Tämän kirjallisuuskatsauksen tulosaineistosta 4 artikkelia käsittelee ultranopean kaupankäynnin vaikutusta volatiliteettiin: Brogaard et al. (2014), Hasbrouck & Saar (2013) ja Hagströmer & Norden (2013) esittävät (tietyin varauksin) että ultranopea kaupankäynti on markkinoiden volatiliteetin kautta markkinoiden laadulle hyvä asia, kun taas Scholtus et al. (2014) esittää sen olevan markkinoiden laadun kannalta heikentävä toimija.

Brogaard et al. (2014) eivät artikkelissaan varsinaisesti tutki markkinoiden volatiliteettia, vaan markkinoiden tehokkuutta ja ultranopeiden kaupankävijöiden vaikutusta siihen. Tulossassaan he esittävät väitteen, että informoitujen ultranopeiden kaupankävijöiden kaupankäynti hinnoitteluvirheitä vastaan ja pysyvien hintamuutosten suuntaisesti vähentää markkinoiden volatiliteettia sekä tavallisissa markkinatilanteissa että korkean volatiliteetin päivinä. Tämä voidaankin ajatella varsin johdonmukaisena päätelmänä: hinnoitteluvirheiden poistuessa markkinoilta on hintojen vaihtelu ja tätä kautta volatiliteetti markkinoilla pienempää.

Hasbrouck & Saar (2013) tutkivat artikkelissaan ultranopean kaupankäynnin aktiivisuuden vaikutusta yleisimpiin markkinalaadun tekijöihin, joista yhtenä on lyhytaikainen volatiliteetti. Ultranopean kaupankäynnin aktiivisuuden he tunnistavat tavallisen, julkisen tarjouskirjadan joukosta jo aiemmin tässä työssä esiteltyjen, ultranopeille kaupankävijöille ominaisten samanaikaisten tarjousarjojen perusteella. He vertaavat tämän aktiivisuuden korrelaatiota markkinaparametrien muutoksiin. Volatiliteetin osalta löydökset

ovat seuraavat: kun ultranopean kaupankäynnin aktiivisuus on suurempaa, lyhytaikainen volatiliteetti laskee. Lyhytaikaisella volatiliteetilla tarkoitetaan heidän tutkimuksessaan päivänsisäistä (eng. intraday) volatiliteettia. Lisäksi he ovat huomanneet, että lyhytaikainen volatiliteetti vähenee jopa enemmän vuoden 2008 finanssikriisin aikana kuin muun tarkastelujakson aikana, joka viittaisi siihen, että markkinoiden laatu paranisi ultranopean kaupankäynnin ansiosta jopa markkinahäiriöiden aikana.

Hagströmer & Norden (2014) tarkastelevat ultranopean kaupankäynnin markkinavaikutuksia tutkimuksessaan tämän kirjallisuuskatsauksen muuhun tulosaineistoon verrattuna ainutlaatuisesti. Käyttäen hyväkseen Tukholman NASDAQ:n dataa (mikä sekin on itsessään erityistä) he tutkivat erilaisten ultranopeiden kaupankäyntistrategioiden ja niiden käyttäjien markkinavaikutusta ultranopeiden kaupankävijöiden summavaikutuksen sijaan. Kategorisoinnin he tekevät yritysakohtaisesti Tukholman pörssin asiantuntijan avustuksella jakaen tarjouskirjadataan kauppaa tekevät yritykset ultranopeiksi kaupankävijöiksi, ei-ultranopeiksi kaupankävijöiksi ja näiden yhdistelmiksi. Ultranopeat kaupankävijät he jakavat vielä edelleen markkinatakaajina toimiviksi ja opportunistisiksi (eng. opportunistic) kaupankävijöiksi niiden kaupankäynnistä löydettyjen, strategioille ominaisten tarjouskirjainformaation tunnusmerkkien avulla (mm. tarjousten ja tehtyjen kauppojen määrä). Ultranopeiden kaupankävijöiden vaikutusta he tutkivat tarkastelemalla eri strategioiden aktiivisuuden korrelaatiota volatiliteettiin. Tuloksena he huomaavat, että markkinatakaajina toimivien ultranopeiden kaupankävijöiden aktiivisuus vähentää lyhytaikaista volatiliteettia. Opportunististen strategioiden vaikutuksesta volatiliteettiin he eivät pysty datassa ja menetelmässä ilmenneen epäjohdonmukaisuuden takia tekemään päätelmiä.

Scholtus et al. (2014) puolestaan tutkii artikkelissaan ultranopean kaupankäynnin vaikutuksia makroekonomisten uutisjulkistusten ympärillä. Heidän tutkimusmetodologiansa on esitelty tarkemmin luvussa 4.2. Heidän löydöksensä on, että ultranopeiden kaupankävijöiden aktiivisuus puolestaan kasvattavaa markkinoiden volatiliteettia makroekonomisten uutisjulkistusten ympärillä. Volatiliteetin osalta markkinavaikutuksia tarkastellessaan he käyttävät 60 sekunnin aikaikkunaa uutisjulkistusten ympärillä, eli aikaa 30 sekuntia ennen julkistusta ja 30 sekuntia sen jälkeen. He myös vertaavat löydöksiään Hasbrouck & Saarin (2013) tuloksiin ja toteavat, että vaikka ultranopeiden kaupankävijöiden aktiivisuus olisikin päivänsisäistä volatiliteettia pienentävä tekijä, näin ei välttämättä ole tarkastellessa lyhyempiä ajanjaksoja.

Kokonaisuudessaan tulosaineiston tutkimuksista voidaan huomata, että tämänhetkinen tutkimus viittaa että ultranopeilla kaupankävijöillä olisi positiivinen vaikutus markkinoiden volatiliteettiin ja sitä kautta parantava vaikutus markkinoiden laatuun. Neljästä tutkimuksesta ainoastaan Scholtus et al. (2014) esitti eriävät päätelmät, ja heidänkin tutkimuksensa keskittyi lyhyisiin ajanjaksoihin makroekonomisten uutisjulkistusten ympärillä joilla ei välttämättä ole niin suurta merkitystä markkinoiden kokonaislaadun kannalta.

Empiiriseen tutkimukseen keskittyvässä tulosaineistossa on, kuten tehokkuuden ja likviditeetinkin kohdalla, tarkasteltu lähinnä minkälaisia reaaliaailman vaikutuksia ultranopea kaupankäynti saa aikaan, ilman että ilmiöitä pyritään tarkoilla tai estimoiduilla malleilla sen tarkemmin selittämään. Toki jonkinlaista spekulatiota artikkeleista löytyy, ja jonkinlaista spekulatiota voidaan muutenkin esittää.

Brogaard et al. (2014) esittää varsin loogisen arvelun siitä, miksi ultranopeat kaupankävijät alentavat markkinoiden lyhytaikaista volatilitteettia: tehostamalla markkinaa poistamalla hinnoitteluvirheitä ja treidaamalla pysyvien hintamuutosten suuntaan rauhoittaa hintojen vaihtelua ja tätä kautta volatilitteettia. Hasbrouck & Saar (2013) spekuloiivat myös selitystä ultranopeiden kaupankävijöiden volatilitteettia kasvavasti rauhoittavalle vaikutukselle markkinoiden poikkeustilanteessa (vuoden 2008 finanssikriisin aikana): kun markkinoiden volatilitteetti on suurempi, markkinoilla on enemmän hinnoitteluvirheitä ja tätä kautta enemmän tuottomahdollisuuksia niitä hyödyntäville ultranopeille kaupankävijöille. Toisaalta voidaan myös pohtia, synnyttääkö tämä jonkinlaista eturistiriitaa: jos ultranopeat kaupankävijät hyötyvät markkinoiden volatilitteetista, miksei sitä kannattaisi ylläpitää tai jopa kasvattaa? Markkinoiden manipulointi on toki laitonta, mutta se ei välttämättä ole kaupankävijöille varsinainen este. Toisaalta voidaan spekuloida, mitä tällainen manipulaatio vaatisi ja olisiko se millään tapaa manipuloijalle kannattavaa, vai hyödyntäisikö joku toinen kaupankävijä markkinoiden vääristelijän aikaansaamia hinnoitteluvirheitä ja vääristelijä itse jäisi toiminnassaan tappiolle.

## 5. PÄÄTELMÄT

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tavoitteena oli löytää vastaus tutkimuskysymykseen kolmea näkökulmaa tarkastellen. Minkälaisia vaikutuksia ultranopealla kaupankäynnillä on rahoitusmarkkinoiden ominaisuuksiin: tehokkuuteen, likviditeettiin ja volatilitettiin? Työn toisena tavoitteena ja motivaattorina oli myös luoda ajantasainen katsaus alaan, jonka tutkimus on vahvasti kehitysvaiheessa ja tarkastella, kuinka kattavasti johtavat akateemikot ovat tutkineet alaa ja kuinka vahva ymmärrys siitä heillä on. Ensimmäiseen tavoitteeseen ja sen kolmeen näkökulmaan saatiin kuhunkin tuloksia varsin kattavasti ja johdonmukaisesti: tutkimuksissa oltiin pääsääntöisesti yhtä mieltä ultranopean kaupankäynnin vaikutuksen positiivisuudesta tai negatiivisuudesta kuhunkin markkinaominaisuuteen, ja eriävät väitteet koskivat useimmiten erilaista tarkastelutilannetta lähinnä täydentäen toisia tutkimuksia. Kuitenkin, kautta linjan tutkijat olivat äärimmäisen varovaisia tehdessään päätelmiä: tutkimuksissa pääsääntöisesti todettiin ainoastaan ultranopean kaupankäynnin vaikutus tarkasteltuihin parametreihin, sen sijaan että oltaisiin tehty suorita väitöksiä vaikutuksesta markkinaominaisuuksiin, puhumattakaan markkinasta kokonaisuudessaan.

Kokonaisuudessaan kirjallisuuskatsauksen tutkimusten mukaan ultranopean kaupankäynnin vaikutukset tarkasteltuihin rahoitusmarkkinoiden ominaisuuksiin tai vähintäänkin niitä ilmentäviin muuttujiin olivat lähinnä positiivisia. Vaikutuksesta markkinoiden tehokkuuteen oltiin kaikista yksimielisempiä: kaikki neljä aihetta tarkastellutta artikkelia (Riordan & Storckenmaier 2012; Carrion 2013; Brogaard et al. 2014; Conrad et al. 2015) olivat yhtä mieltä siitä, että ultranopea kaupankäynti tehostaa markkinoita. Syytä tälle on helppo spekuloida: Faman (1970) tehokkaan markkinateorian mukaan markkinat ovat tehokkaammat silloin, kun kaikki saatavilla oleva informaatio on välittömästi kaikkien tarvitsijoiden saatavilla ja kaikki saatavilla oleva informaatio näkyy välittömästi arvopapereiden hinnoissa. Vastaavasti hänen mukaansa myös markkinat ovat tehokkaat silloin, kun niillä ei ole arbitraaseja. Voitaisiin spekuloida, että ultranopeat kaupankävijät nimensä mukaisesti nopeuttavat kaupankäyntiä ja informaation kulkua ja siihen reagointia markkinoilla, hyödyntäen hinnoitteluvirheitä ja arbitraaseja samalla poistaen ne markkinoilta.

Vaikutuksesta likviditeettiin ei oltu aivan yhtä yksimielisiä kuin vaikutuksesta tehokkuuteen. Kahdeksasta likviditeettiä tarkastelevasta artikkelista kuusi (Riordan & Storckenmaier 2012; Carrion 2013; Hasbrouck & Saar 2013; Conrad et al. 2015; Jain et al. 2016; Brogaard et al. 2018) mielsi ultranopeat kaupankävijät likviditeetin kannalta positiiviseksi toimijaksi ja kaksi (Scholtus et al. 2014; Brogaard et al. 2017) negatiiviseksi. Molemmat ultranopean kaupankäynnin vaikutuksen negatiiviseksi asiaksi mieltäneet tarkas-

telivat poikkeusmarkkinaa, eivätkä poissulje positiivista kokonaisvaikutusta. Likviditeetin osalta etenkin spreadien ja tätä kautta kaupankäyntikustannusten arvellaan pienenevän ultranopean kaupankäynnin seurauksena. Tähän syyksi on esitetty ultranopean kaupankävijöiden markkinoille tuomaa lisäkilpailua likviditeetin toimittajien kesken (Conrad et al. 2015), joka vaikuttaa varsin uskottavalta selitykseltä. Myös eri markkinoiden välillä toimivilla ultranopeilla kaupankävijöillä voidaan spekuloida olevan vaikutusta spreadeihin: kilpailu markkinoiden välillä kasvaa ja hinnat tulevat tätä kautta lähemmäs toisiaan. Toisaalta, ultranopeiden kaupankävijöiden vaikutuksessa likviditeettiin arvellaan olevansa myös riskinsä. Poikkeusmarkkinatilanteessa (esimerkkinä mm. vuoden 2010 Flash Crash) on huomattu, että ultranopeiden kaupankävijöiden tarjoama likviditeetti saattaa varorajojen ylittyessä kadota markkinoilta kokonaan, mikä on niiden markkinaosuuden suuruuden takia äärimmäisen huono asia markkinoille. Tämä on varsin realistinen riski, sillä ultranopeilla kaupankävijöillä ei yleensä ole lakiin tai sääntöihin kirjattua velvollisuutta tarjota markkinoille likviditeettiä.

Tarkastellessa ultranopean kaupankäynnin vaikutusta volatilitettiin, katsauksen tulosaineiston artikkeleista kolme (Hasbrouck & Saar 2013; Hagstromer & Norden 2013; Brogaard et al. 2014) kertoo positiivisesta markkinavaikutuksesta ja yksi (Scholtus et al. 2014) negatiivisesta. Positiivista vaikutusta ilmentävissä artikkeleissa tutkitaan ennen kaikkea päivänsisäistä volatilitteettia normaalissa markkinatilanteessa, kun taas negatiivista vaikutusta tutkivassa artikkelissa tarkastellaan volatilitteettia makroekonomisten uutisjulkistusten ympärillä. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että ultranopean kaupankäynnin vaikutus volatilitteettia ilmentäviin parametreihin on positiivinen. Syyksi Brogaard et al. (2014) esittävät, että markkinoiden tehostuessa ultranopeiden kaupankävijöiden aiheuttamana hinnoitteluvirheet poistuvat markkinoilta ja että ne eivät ehdi kasvaa yhtä suuriksi kuin ilman ultranopeita kaupankävijöitä, mikä puolestaan rauhoittaa lyhytaikaista volatilitteettia. Tämän voidaan arvella olevan johdonmukainen syy ultranopeiden kaupankävijöiden vaikutuksesta lyhytaikaiseen volatilitteettiin. Tulosaineiston tutkimuksista ei kuitenkaan saada vastauksia siihen, millainen vaikutus ultranopealla kaupankäynnillä on volatilitteettiin laajemmalla tasolla.

Kuitenkin, kirjallisuuskatsauksen ehkä suurempi anti oli kuitenkin saavutetut vastaukset katsauksen toiseen tavoitteeseen: missä vaiheessa nuoren alan tutkimus on ja kuinka laajalti alaan liittyviä ilmiöitä ja syy-seuraussuhteita kyetään asiantuntijoiden joukossa ymmärtämään. Empiiristä tutkimusta on tehty varsin kattavasti varsinkin normaalissa markkinatilanteessa, täydentyen muutamilla poikkeustilanteiden tutkimuksilla. Kokonaisuudessaan kuitenkin tutkimuksessa ei välttämättä vielä kyetä ymmärtämään tarkkoja mekanismeja ja miksi ultranopean kaupankäynnin vaikutus eri markkinaominaisuuksia ilmentäviin parametreihin on sellainen kuin se on. Tähän syyksi voidaan päätellä ja spekuloida useita seikkoja.

Pahimpana tutkimuksesta puuttuvana aspektina ja vaikeuttavana asiana on ultranopean kaupankäynnin ja sen eri lajit tarkemmin tunnistavan menetelmän ja/tai sen identifioivan

datan puute. Tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa ultranopean kaupankäynnin tunnistamiseen on käytetty kolmea tapaa. Yhtenä tapana on analysoitu pörssin liikkeelle laskemaa dataa, jossa on valmiiksi eroteltuna ultranopeat kaupankävijät muista toimijoista. Kuitenkin, tässä datassa on tunnistettuna ainoastaan päätoimisesti ultranopeaa kaupankäyntiä tekevät yritykset, kun ultranopeaa kaupankäyntiä hyödyntävät useat muutkin markkinatoimijat, kuten suuret liikepankit (mm. Brogaard et al. 2014). Tämä aiheuttaa epäilyksen tutkimuksien tuloksien sovellettavuudesta. Toisena tapana tunnistamiseen on käytetty ultranopeille kaupankävijöille ominaisten kaupankäyntimallien tunnistamista tarjouskirjadatasta. Vastaavasti tästäkin tavasta voidaan spekuloida, pystytäänkö ultranopeat kaupankävijät ja heidän aktiivisuutensa luotettavasti tunnistaa. Kolmantena tapana on analysoitu pörssien latenssia vähentäviä kaupankäyntijärjestelmäpäivityksiä ja kytketty tämä ultranopean kaupankäynnin lisääntymiseen. Tämänkin tavan haittapuolena on epäily siitä, onko järjestelmäpäivityksien tarkastelu riittävän hyvin kytköksissä ultranopean kaupankäynnin lisääntymiseen, jotta luotettavia johtopäätöksiä voitaisiin tehdä.

Toisena puutteena tutkitussa datassa on se, että siinä otetaan huomioon vain yhden pörssin tapahtumat. Useisiin ultranopeiden kaupankävijöiden strategioihin kuuluu kaupankäynti useilla eri markkinoilla ja kauppapaikoilla samanaikaisesti, kun käytettävällä datalla pystytään tarkastelemaan vaikutusta ainoastaan yhteen markkinaan. Onko täten mahdollista, että jos tarkastellussa kauppapaikassa mitatut parametrit ovat positiivisia, voivatko ne toisessa kauppapaikassa olla vastaavasti negatiivisia? Toisaalta eri kauppapaikojen erittäin vahvan sidosteisuuden takia tämän voidaan arvella olevan epätodennäköistä. Kolmantena aiheellisena pohdinnan aiheena voidaan vahvasti tietotekniikkaan ja tekniseen kehitykseen nojaavan alan osalta esittää, onko ala muuttunut ajan saatossa ja jos on, niin miten. Tämän asian on tuonut esille myös Brogaard et al. (2018) tulosaineiston tuoreimmassa artikkelissa. Ajallisesti tulosaineiston tutkimuksissa esitetty data on vuosilta 2007-2011, mikä tarkoittaa, että uusimmankin tutkimustuloksen perusteet ovat tällä hetkellä 7 vuotta vanhat.

Jatkotutkimuksen kannalta olisi tärkeä siirtyä tutkimukseen, jossa tunnistetaan erilaisten ultranopeiden kaupankäyntistrategioiden vaikutuksia markkinoihin. Strategioiden ollessa mekanismeiltaan paljon toisistaan poikkeavia, voidaan pohtia, onko tarkemman markkinavaikutuksen selvittämiseksi mielekästä tarkastella ultranopeaa kaupankäyntiä yhtenä kokonaisuutena. Pohdintaa tukee se, että kirjallisuuskatsauksen tulosaineistosta yhdessä artikkelissa (Hagstromer & Norden 2013) oli jaoteltu ultranopeat kaupankävijät käytetyn strategian mukaan markkinatakaajiin ja opportunistisiin kaupankävijöihin, ja niiden markkinavaikutuksien huomattiin olevan erilaiset. Tätä mahdollisuutta pohtivat myös Hasbrouck & Saar (2013) spekuloiden, että heidän tutkimuksensa tulokset voivat myös kertoa siitä, että kaupankäyntikenttää dominoivat tietty, markkinoiden laatua parantavia strategioita hyödyntävä ultranopeiden kaupankävijöiden alaryhmä, joka peittää negatiivisten strategioiden vaikutukset alleen. Toki aikaisemmin esille tuodut ra-



joitteet datassa ja tunnistuksessa hankaloittavat tai jopa tekevät tällä hetkellä mahdottomaksi strategiat yksilöivän tutkimuksen laajassa mittakaavassa. On todennäköistä, ettei asiaan saada parannusta ainakaan lähiaikoina, sillä ultranopeat kaupankävijät sekä muut markkinatoimijat pääsääntöisesti vastustavat ymmärrettävistä syistä tarkemman kaupankäyntidatan luovuttamista (Brogaard et al. 2014).

Toisaalta, vaikka kokonaisuudessaan tutkimuksissa on huomattavissa puutteita, niistä voidaan kuitenkin tunnistaa tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymykseen relevantteja vastauksia, joskin tutkimuskysymystä muodostaessa oli toiveissa saada kustakin aiheesta hiukan tarkempaa tietoa. Kukaan tutkimus osaltaan kertoo vähintään arvion siitä, onko ultranopea kaupankäynti markkinoiden ominaisuuksien kannalta positiivinen vai negatiivinen asia ja mitä parametreja käyttäen asia voidaan tulkita näin. Katsauksen tuloksien tarkastelun jälkeen on mielenkiintoista jäädä seuraamaan, mihin suuntaan nuori tutkimuksen ala ja vieläkin vahvasti poissa suuren yleisön näkyvistä toimiva ultranopea kaupankäynti itsessään lähtee kehittymään.

## LÄHTEET

- Aldridge, I. (2013). *High-Frequency Trading : A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems*, John Wiley & Sons, Incorporated, New York.
- Antonakakis, N. & Scharler, J. (2012). Volatility, Information and Stock Market Crashes, *Journal of Advanced Studies in Finance*, Vol. 3(1), pp. 49-67.
- Black, F. (1971). Toward a fully automated exchange, *Financial Analysts' Journal*, Vol. 27(4), pp. 28-48.
- Black, J., Hashimzade, N. & Myles, G. (2017). *A Dictionary of Economics*, 5th ed. Oxford University Press.
- Brogaard, J., Hendershott, T. & Riordan, R. (2017). High Frequency Trading and the 2008 Short-Sale Ban, *Journal of Financial Economics*, Vol. 124(1), pp. 22-42.
- Brogaard, J., Carrion, A., Moyaert, T., Riordan, R., Shkilko, A. & Sokolov, K. (2018). High frequency trading and extreme price movements, *Journal of Financial Economics*,
- Brogaard, J., Hendershott, T. & Riordan, R. (2014). High-frequency trading and price discovery, *Review of Financial Studies*, Vol. 27(8), pp. 2267-2306.
- Carrion, A. (2013). Very fast money: High-frequency trading on the NASDAQ, *Journal of Financial Markets*, Vol. 16(4), pp. 680-711.
- CFTC/SEC (2010). *Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010: Report of the Staffs of the CFTC and SEC to the Joint Advisory Committee on Emerging Regulatory Issues*.
- Conrad, J., Wahal, S. & Xiang, J. (2015). High-frequency quoting, trading, and the efficiency of prices, *Journal of Financial Economics*, Vol. 116(2), pp. 271-291.
- Dodd-Frank Wall Street Reform And Consumer Protection Act (2010). 1739.
- Fama, E.F. (1970). Efficient capital markets: a review of the theory and empirical work, *The journal of finance*, Vol. 25(2), pp. 383-417.
- Goldstein, M.A., Kumar, P. & Graves, F.C. (2014). Computerized and High-Frequency Trading, *Financial Review*, Vol. 49(2), pp. 177-202.
- Gomber, P., Arndt, B., Lutat, M. & Uhle, T. (2011). *High-Frequency Trading*, SSRN, Vol. 1858626.
- Hagstromer, B. & Norden, L. (2013). The Diversity of High Frequency Traders, *Journal of Financial Markets*, Vol. 16(4), pp. 741-770.

Hasbrouck, J. & Saar, G. (2013). Low-latency trading, *Journal of Financial Markets*, Vol. 16(4), pp. 646-679.

Hillion, P., Biais, B.R. & Spatt, C. (1995). An Empirical Analysis of the Limit Order Book and the Order Flow in the Paris Bourse, *Journal of Finance*, Vol. 50(5), pp. 1655-89.

Jain, P.K., Jain, P. & McInish, T.H. (2016). Does High-Frequency Trading Increase Systemic Risk? *Journal of Financial Markets*, Vol. 31 pp. 1-24.

Joshi, M.S. (2008). *The Concepts and Practice of Mathematical Finance*, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Kerry, W. (2008). Measuring financial market liquidity, *Journal of Risk Management in Financial Institutions*, Vol. 1(2), pp. 181-190.

Kirilenko, A., Kyle, A.S., Samadi, M. & Tuzun, T. (2011). The Flash Crash: The impact of high frequency trading on an electronic market, SSRN, Vol. 1686004.

Knupfer, S. & Puttonen, V. (2004). *Moderni rahoitus*, WSOY, Helsinki.

Kyle, A.S. (1985). Continuous Auctions and Insider Trading, *Econometrica*, Vol. 53(6), pp. 1315-1335.

Law, J. (2016). *A Dictionary of Accounting*.

Markets in Financial Instruments Directive (2004). Directive 2004/39/EC of the European Parliament and of the Council.

Menkveld, A.J. (2013). High Frequency Trading and The New-Market Makers, *Journal of Financial Markets*, Vol. 16(4), pp. 712-740.

Næs, R. & Skjeltorp, J.A. (2006). Order book characteristics and the volume–volatility relation: Empirical evidence from a limit order market, *Journal of Financial Markets*, Vol. 9(4), pp. 408-432.

O'Hara, M. (2015). High Frequency Market Microstructure, *Journal of Financial Economics*, Vol. 116(2), pp. 257-270.

Regulation National Market System (2005). Securities and Exchange Commission.

Regulation of Exchanges and Alternative Trading Systems (1998). in: Release No. 34-40760; File No. S7-12-98, Securities and Exchange Commission.

Riordan, R. & Storckenmaier, A. (2012). Latency, Liquidity and Price Discovery, *Journal of Financial Markets*, Vol. 15(4), pp. 416-437.

Scholtus, M., Dijk, D. & Frijns, B. (2014). Speed, algorithmic trading, and market quality around macroeconomic news announcements, *Journal of Banking & Finance*, Vol. 38 pp. 89-105.

Securities and Exchange Commission (2010). Concept Release on Equity Market Structure, 75, Federal Information & News Dispatch, Inc, Washington, 3594 p.