

UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**ANALIZA ALGORITEMSKEGA TRGOVANJA IN NJEGOVIH  
VPLIVOV NA ZLOME TRGA**

Ljubljana, november 2021

JAN STARC

## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Jan Starc, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Analiza algoritemskega trgovanja in njegovih vplivov na zlome trga, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem red. prof. dr. Tomažem Turkom in sosvetovalcem red. prof. dr. Alešem Berkom Skokom

### IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne 11. 11. 2021

Podpis študenta: \_\_\_\_\_

# KAZALO

<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1 OSNOVE IN ZGODOVINSKI PREGLED PODROČJA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Definicija področja algoritemskega trgovanja .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Zgodovinski pregled področja in razvoj algoritemskega trgovanja .....</b>	<b>3</b>
1.2.1 Tehnološki razvoj na področju trgovanja .....	3
1.2.2 Spremembe regulative in rast popularnosti algoritemskega trgovanja.....	4
1.2.3 Algoritemsko trgovanje danes .....	6
<b>2 STRATEGIJE ALGORITEMSKEGA TRGOVANJA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Strategije povratka k povprečju .....</b>	<b>7</b>
2.1.1 Intuicija za algoritmi vračanja k povprečju .....	7
2.1.2 Osnovne ekonometrične značilnosti algoritmov vračanja k povprečju.....	8
2.1.3 Splošne strategije povratka k povprečju .....	9
2.1.4 Algoritmi vračanja k povprečju pri trgovanju z delnicami in skladi ETF.....	10
2.1.5 Zaključek o algoritmih vračanja k povprečju .....	13
<b>2.2 Strategije na osnovi momenta.....</b>	<b>13</b>
2.2.1 Osnovne ekonometrične značilnosti algoritmov na osnovi momenta.....	14
2.2.2 Strategije na osnovi večdnevnega momenta.....	15
2.2.2.1 <i>Strategije na osnovi momenta (ene) časovne vrste .....</i>	<i>15</i>
2.2.2.2 <i>Strategije na osnovi presečnega momenta.....</i>	<i>16</i>
2.2.3 Strategije na osnovi enodnevnega momenta .....	17
2.2.4 Strategije na osnovi momenta, povzročene s strani novic .....	18
2.2.5 Zaključek o strategijah na osnovi momenta .....	19
<b>2.3 Visokofrekvenčne strategije.....</b>	<b>20</b>
2.3.1 Visokohitrostno trgovanje .....	21
2.3.1.1 <i>Potreba po hitrosti pri pasivnih naročilih .....</i>	<i>23</i>
2.3.1.2 <i>Potreba po hitrosti pri agresivnih naročilih.....</i>	<i>24</i>
2.3.1.3 <i>Razlogi za pojav latence .....</i>	<i>25</i>
2.3.1.4 <i>Zaključek o visokohitrostnem trgovanju .....</i>	<i>27</i>
2.3.2 Visokofrekvenčno trgovanje.....	28
2.3.2.1 <i>Strategije pogodbenega ustvarjanja trga .....</i>	<i>28</i>

2.3.2.2	<i>Strategije nepogodbenega ustvarjanja trga</i>	30
2.3.2.3	<i>Arbitražni algoritmi</i>	31
2.3.2.4	<i>Strategije hitre alfe</i>	33
2.3.3	Zaključek o visokofrekvenčnem trgovanju	34
<b>3</b>	<b>ZLOMI TRGA ZARADI ALGORITEMSKEGA TRGOVANJA</b>	<b>36</b>
<b>3.1</b>	<b>Hipni zlomi trga in mali hipni zlomi</b>	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>Analiza zlomov trga, povezanih z algoritemskim trgovanjem</b>	<b>38</b>
3.2.1	Hipni zlom trga 6. maja 2010	38
3.2.1.1	<i>Časovnica dogodkov</i>	38
3.2.1.2	<i>Razlage hipnega zloma trga</i>	40
3.2.2	Zlom cen obveznic (15. oktober 2014)	45
3.2.2.1	<i>Časovnica dogodkov</i>	46
3.2.2.2	<i>Razlage hipnega zloma</i>	47
3.2.3	Sesutje cene britanskega funta (7. oktober 2016)	54
3.2.3.1	<i>Časovnica dogodkov</i>	54
3.2.3.2	<i>Razlage hipnega zloma trga</i>	55
<b>3.3</b>	<b>Zaključek</b>	<b>58</b>
<b>4</b>	<b>STABILNOST IN REGULACIJA TRGA</b>	<b>61</b>
<b>4.1</b>	<b>Vpliv algoritemskega trgovanja na stabilnost trga</b>	<b>62</b>
4.1.1	Vpliv algoritemskega trgovanja na likvidnost in ustvarjanje trga	62
4.1.2	Vpliv na nestanovitnost trga	64
<b>4.2</b>	<b>Vpliv algoritemskega trgovanja na učinkovitost in oblikovanje cen</b>	<b>65</b>
<b>4.3</b>	<b>Regulacija trga na področju algoritemskega trgovanja</b>	<b>68</b>
4.3.1	Pregled regulacij na večjih finančnih trgih	68
4.3.2	Mehanizmi za začasno prekinitev trgovanja	70
4.3.3	Nadaljnji razvoj regulacij trga	72
<b>4.4</b>	<b>Zaključek</b>	<b>73</b>
	<b>SKLEP</b>	<b>74</b>
	<b>LITERATURA IN VIRI</b>	<b>76</b>
	<b>PRILOGE</b>	<b>85</b>

## KAZALO PRILOG

Priloga 1: Obseg trgovanja in cena E-Mini pogodb .....	1
Priloga 2: Cena in obseg trgovanja SPY .....	2
Priloga 3: Donosnosti obveznic .....	3
Priloga 4: Standardizirane terminske pogodbe na 10-letne državne obveznice .....	4
Priloga 5: Gibanje cene GBP na platformi Thomson Reuters .....	5

## SEZNAM KRATIC

angl. – angleško

**AT** – (angl. Algorithmic Trading); Algoritemsko trgovanje

**ECB** – (angl. European Central Bank); Evropska centralna banka

**EU** – (angl. European Union); Evropska unija

**HFT** – (angl. High-Frequency Trading); Visokofrekvenčno trgovanje



## UVOD

Naloga kapitalskega trga je obdelava informacij na način, da lahko prihranki učinkovito tečejo od varčevalcev do najboljših projektov in podjetij. Ta proces je izredno kompleksen in dinamičen, hkrati pa se ves čas spopada s številnimi spremembami na trgu. Današnji trg se na primer sooča z izredno nizkimi obrestnimi merami in trgovinsko vojno. Poleg sprememb na trgu pa se konstanto spreminja tudi samo področje financ, saj si vedno prizadeva ohranjati svojo konkurenčnost – v zadnjem času se dogaja revolucija na področju algoritemskega trgovanja. Borzni parket (angl. trading-floor) se je v zadnjih nekaj desetletjih že na pogled popolnoma spremenil. Namesto dvorane polne glasnih investorjev je danes vse bolj podoben strežniški sobi. Pred 50 leti ni bilo pri trgovanju v uporabi praktično nobene tehnologije, danes pa računalniki niso več le v pomoč investitorjem, ampak sami sprejemajo tudi vse več odločitev. Algoritmsko trgovanje danes na številnih področjih investiranja z avtonomnimi odločitvami bistveno presega enostavne operacije, kot so nakup in prodaja vrednostnih papirjev glede na odločitve investitorjev. S tem se računalniki vse bolj uveljavljajo še na zadnjem področju, ki je bilo do pred kratkim povsem v domeni ljudi – analizi informacij in na podlagi le-te izbor primerne strategije investiranja (The Economist Newspaper Limited, 2019a, str. 11).

Kljub vsem prednostim in naraščajoči popularnosti pa vse bolj računalniško vodene finance vzbujajo tudi številne skrbi. Ena izmed glavnih je finančna stabilnost. Algoritmi lahko na precej nepredvidljive načine izkrivljajo cene sredstev (angl. asset), ko pride do stresnih situacij na trgu. Eden od bolj zaskrbljujočih vidikov takega obnašanja algoritmov je likvidnost, ki na določenem trgu hitro izgine, če pride do izrazite in hitre spremembe cene na trgu. Do zlomov določenih trgov, ki so bili povzročeni zaradi algoritemskega trgovanja ali pa je le-to trgovanje k temu prispevalo vsaj znaten delež, prihaja že vse odkar je algoritmsko trgovanje v širši uporabi. Prvič pa je do borznega zloma, kjer so odločitve računalnikov prispevale svoj delež, prišlo na Črni ponedeljek leta 1987, ko je ameriški borzni indeks Dow Jones padel za kar 22 % v enem dnevu (Sornette, 2003, str. 15).

V zadnjem desetletju je prišlo do precej incidentov povezanih z algoritmskim trgovanjem. V tem magistrskem delu so podrobno analizirani trije – motnja v cenah investicijskih skladov (angl. exchange traded funds, v nadaljevanju ETF) leta 2010, ko je borzni indeks »The Standard and Poor's 500« (v nadaljevanju S&P 500) izgubil več kot 5 % vrednosti v nekaj minutah; skok cen obveznic za več kot 5 % v nekaj minutah leta 2014 in sesutje cene britanskega funta (v nadaljevanju GBP) leta 2016. V zgoraj opisanih dogodkih se večinska krivda za nastale situacije pripisuje prav odločitvam algoritmov, saj so z visokofrekvenčnim trgovanjem (angl. high-frequency trading) bistveno zmanjšali likvidnost na določenem trgu in s tem še bolj intenzivno vplivali na dvig oziroma padec cene. Ti dogodki še dodatno vzbujajo skrbi glede neobvladljive nestanovitnosti trga v prihodnosti, ko bodo algoritmi v vse širši uporabi na vse več področjih (Warner, 2019; Lauricella, Scannell & Strasburg, 2010; The Economist Newspaper Limited, 2019a, str. 11).

Namen magistrskega dela je podrobno raziskati področje algoritemskega trgovanja, preučiti njegov vpliv na trg in ugotoviti, kakšna je njegova vloga pri nekaterih nedavnih hipnih zlomih trga.

Cilji magistrskega dela so:

- opisati razvoj področja algoritemskega trgovanja,
- podrobneje analizirati nekatere strategije oziroma algoritme, ki se uporabljajo na tem področju,
- raziskati področje visokofrekvenčnega trgovanja,
- v splošnem preučiti hipne zlome trga (angl. flash-crashes),
- raziskati nekatere nedavne hipne zlome trga, ki so bili povzročeni zaradi algoritemskega trgovanja,
- analizirati vpliv algoritemskega trgovanja na stabilnost trga,
- raziskati vpliv algoritemskega trgovanja na tržno učinkovitost,
- preučiti obstoječe regulacije in potrebo po novih regulacijah.

Magistrsko delo je sestavljeno iz štirih poglavij. V prvem poglavju je predstavljena aktualna problematika, zgodovinski pregled področja in nekatere osnovne definicije ter razlage, bistvene za razumevanje naslednjih poglavij. V drugem poglavju so podrobno opisane glavne strategije algoritemskega trgovanja, poseben poudarek je tudi na visokofrekvenčnem trgovanju, saj je razumevanje teoretičnih osnov in pristopov pri trgovanju ključno za celostno analizo zlomov trga, opisanih v tretjem poglavju. Tretje poglavje je bolj praktično usmerjeno – na začetku so v splošnem opisani zlomi trga, nato pa je podana podrobna analiza treh nedavnih hipnih zlomov trga, za katere je bilo v veliki meri soodgovorno algoritemsko trgovanje. Zadnje poglavje pa vsebuje analizo vplivov algoritemskega trgovanja na likvidnost, ustvarjanje trga, nestanovitnost ter proces oblikovanja cen in pregled regulacij tega področja na večjih trgih po svetu. Na koncu magistrskega dela so podane sklepe ugotovitve, ki vsebujejo bistvene zaključke vseh zgoraj navedenih poglavij.

## **1 OSNOVE IN ZGODOVINSKI PREGLED PODROČJA**

Namen tega poglavja je natančno definirati pojem algoritemskega trgovanja, podati zgodovinski pregled področja, opisati glavne mejnike, ki so pripomogli k razvoju algoritemskega trgovanja od samega začetka do danes ter algoritemsko trgovanje umestiti v širši kontekst.

### **1.1 Definicija področja algoritemskega trgovanja**

Kot je opisano v prejšnjem poglavju, se velika večina opravljenih poslov sklene s pomočjo algoritemskega trgovanja (v nadaljevanju AT). Nuti, Mirghaemi, Treleaven in Yingsaeree (2011, str. 61) ga definirajo kot »avtomatizacijo enega ali več korakov trgovalnega procesa«,



Treleaven, Galas in Lalchand (2013, str. 76) kot »katerokoli obliko uporabe zapletenih algoritmov za avtomatizacijo nekaterih ali vseh delov trgovalnega cikla«, Huš (2012, str. 63) pa definira AT kot »vsak posel, za katerega je bilo vsaj eno naročilo vneseno na podlagi računalniškega algoritma«. Posamezne definicije AT se sicer razlikujejo med seboj, vsem pa je skupno, da (vsaj) del odločitev pri procesu trgovanja z vrednostnimi papirji sprejme računalniški algoritem.

Sama vloga algoritmov pri posameznem nakupu ali prodaji vrednostnih papirjev se lahko glede na uporabljeno strategijo precej razlikuje med posameznimi transakcijami. AT lahko pomeni le nekaj pravil, ki jih nastavijo trgovalci z vrednostnimi papirji, na podlagi katerih potem računalnik izvede transakcijo – recimo avtomatična prodaja pri padcu vrednosti delnice pod določeno raven (angl. trailing-stop). Lahko pa gre v primeru AT za dovršene algoritme, ki na podlagi svoje »presoje« sami določijo delnico, količino, razdelitev, smer naročila (nakup oziroma prodaja), čas naročila in čas držanja (angl. hold) delnice. Tako se naročila izvedejo povsem samodejno preko elektronskih platform za trgovanje brez sodelovanja oziroma odobritve človeka (Huš, 2012, str. 64–66).

## **1.2 Zgodovinski pregled področja in razvoj algoritemskega trgovanja**

Tehnološke rešitve so že več kot stoletje prisotne na področju trgovanja. Ena od prvih rab tehnologije pri trgovanju je bila uporaba telegrafov v 19. stoletju, ko so informacije o ceni delnic, tečaju in obsegu poslov v Morsejevi kodi pošiljali preko telegrafskih linij. V prvi polovici 20. stoletja so začeli uporabljati namensko napravo, skozi katero je tekel telegrafski papir, na katerega so tiskali informacijo o delnicah in sklenjenih poslih, kar je bila precejšnja izboljšava glede na prenos podatkov v Morsejevi kodi. Šele v 60. letih 20. stoletja je razvoj na področju računalniških omrežij prinesel nov način prenosa borznih informacij, hkrati z razvojem računalnikov pa se je tehnologija začela postopoma uveljavljati tudi na področju trgovanja (Huš, 2012, str. 61–64). Seveda opisanih tehnoloških rešitev še ne moremo prištevati k AT – vse odločitve glede trgovanja je pri opisanih primerih še vedno sprejel človek, tehnologija je le pomagala pri hitrejšem prenosu informacij, poleg tega pa v zgoraj opisanih primerih še ne moremo govoriti o računalniški obdelavi podatkov.

### **1.2.1 Tehnološki razvoj na področju trgovanja**

AT je relativno novo področje, vendar pa to ne velja za informatizacijo področja trgovanja v splošnem. Prvi predpogoj za AT je bila uvedba računalniške obdelave podatkov na borzah. Ta se je začela v 70. letih prejšnjega stoletja, ko je borza Nasdaq Stock Market (v nadaljevanju Nasdaq) leta 1971 kot prva na svetu informatizirala dele poslovanja. Na borzi New York Stock Exchange (v nadaljevanju NYSE) so leta 1976 uvedli računalniški sistem »Designated Order Turnaround« (v nadaljevanju DOT) za elektronski prenos naročil, ki so ga leta 1984 nadgradili v sistem Super-DOT. Trg vrednostnih papirjev je bil relativno dovzeten za vpeljavo tehnologije, saj je ta prinašala številne izboljšave – na primer

povečanje obsega trgovanja, zmanjšanje časa izvedbe naročil in zmanjšanje števila človeških napak. NYSE je med letoma 1982 in 1995 vložila kar milijardo ameriških dolarjev (v nadaljevanju USD) v tehnološke izboljšave, kar jim je omogočilo bistveno povečanje obsega naročil. Ob prelomu tisočletja so bili s pomočjo tehnoloških izboljšav sposobni izvesti več kot 1,4 milijarde transakcij na dan, kar je bil bistven napredek v primerjavi z »birokratsko krizo« (angl. paperwork crisis) v 60. letih, ko so imeli velike težave pri ročni obdelavi naročil, če se je to približalo 10 milijonom transakcij na dan in v primerjavi z oktobrom 1987, ko je 600 milijonov transakcij v enem dnevu povzročilo začasno zaprtje borze (Markham & Harty, 2007, str. 43–47).

V 80. letih, ko je bilo vse več informacij na voljo v elektronski obliki, so se začeli pospešeno pojavljati tudi avtomatski sistemi, ki so ponujali pridobivanje podatkov v realnem času in orodja za analizo delnic, kot so na primer Reuters, Bloomberg Terminal, Knight-Ridder in drugi. Ti sistemi sicer niso sami elektronsko trgovali, se pa je pojavilo trgovanje s podporo računalnika (angl. computer assisted trading), ki je pomagalo investitorjem pri pridobivanju in analizi informacij, ni pa jih nadomeščalo. Zaradi vse bolj dostopnih informacij so se hkrati s temi sistemi začeli pojavljati tudi prvi sistemi za programsko trgovanje. Pri programskem trgovanju (angl. program trading) gre za hkratno trgovanje s portfelji delnic, namesto s posameznimi delnicami. NYSE ga nekoliko ohlapno definira kot »transakcije nakupa ali prodaje 15 ali več delnic v skupni vrednosti več kot 1 milijon USD« (Furbush, brez datuma). Ena od najpogostejših strategij trgovanja je bila arbitraža indeksa (angl. index arbitrage) (glej poglavje 2.3.2.3). Strategije programskega trgovanja so bile že v 80. letih v veliki meri avtomatizirane – program za trgovanje je imel nastavljen nabor pogojev, kdaj opraviti transakcijo in je ves čas spremljal stanje na trgu. V primeru, da je bila zaznana arbitražna priložnost, je računalnik avtomatsko opravil transakcijo. Strategije programskega trgovanja so sicer bistveno preprostejše in počasnejše od AT, ki je v rabi danes (McGowan, 2010, str. 4–6; Markham & Harty, 2007, str. 44–58).

### 1.2.2 Spremembe regulative in rast popularnosti algoritemskega trgovanja

Računalniki so v 90. letih postajali vse bolj zmogljivi, kar je predstavljalo potencial za razvoj algoritemskega trgovanja. Vendar pa sta hitrejši razvoj na ameriškem trgu omejevala dva pomembna faktorja – duopol borz NYSE in Nasdaq in visok minimalni korak kotacije, ki je znašal 1/16 USD (6,25 centa). Ta dva omejevalna faktorja sta bila relativno hitro odpravljena ob prelomu tisočletja. Leta 1998 se je spremenila regulativa, saj je ameriška »Securities and Exchange Commission« (v nadaljevanju SEC) sprejela zakon o alternativnih sistemih za trgovanje (angl. Regulation ATS, v nadaljevanju Reg ATS) in s tem omogočila delovanje elektronskih komunikacijskih omrežij ECN (angl. Electronic Communications Network, v nadaljevanju ECN). Omrežja ECN so bistveno olajšala trgovanje s finančnimi produkti (predvsem z delnicami in valutami) izven tradicionalnih borz, poleg tega pa so omogočala trgovanje tudi v urah po zaprtju borz (angl. after-hours). Zaradi teh značilnosti so začela omrežja ECN hitro pridobivati na popularnosti, kar je močno poseglo v duopol borz NYSE

in Nasdaq in začelo zmanjševati njun vpliv. Minimalni korak kotacije delnic je bil spremenjen leta 2001, 2 leti po sprejetju zakona Reg ATS o alternativnih sistemih za trgovanje. S to spremembo so začele cene delnic kotirati v decimalnem sistemu, namesto v ulomkih (šestnajstinah USD) – minimalni korak kotacije se je tako znižal iz 6,25 centa na 1 cent. Ta sprememba je bistveno zmanjšala tudi minimalno razliko med nakupno in prodajno kotacijo (angl. bid-ask spread) za ustvarjalca trga (angl. market-maker), kar je povečalo likvidnost trga in še dodatno spodbudilo razvoj algoritemskega trgovanja (McGowan, 2010, str. 5–8).

Do še ene pomembne spremembe regulacij, ki je pospešila razvoj AT, je prišlo leta 2005, ko je SEC sprejel zakon o nacionalnem sistemu trga (angl. Regulation National Market System, v nadaljevanju Reg NMS). Njegov namen je bil krepitev in modernizacija ameriškega delniškega trga. Zakon je prinesel številne spremembe, na primer »Sub-Penny Rule«, »Access Rule« in »Market Data Rule«, ena od pomembnejših izboljšav tega zakona pa je bil »Trade-Through Rule«, ki zapoveduje, da morajo vsa naročila biti poslana elektronsko in takoj izvedena po najboljši ceni na nacionalni ravni. Tako so precej omejili posrednike, ki so na škodo investorjev ustvarjali visoke dodatne dobičke iz cenovnih razlik pri usklajevanju naročil nakupa in prodaje delnic (McGowan, 2010, str. 7). To pravilo v praksi pomeni, da se za delnice, ki kotirajo na več kot eni borzi, transakcija po višji ceni ne sme izvesti na neki borzi, če v istem trenutku za to delnico obstaja nižja cena na neki drugi borzi (Jickling, 2004, str. 3).

Do pomembnih prebojev je v tem času prišlo tudi na raziskovalnem področju. Leta 2001 so raziskovalci podjetja International Business Machines Corporation (v nadaljevanju IBM) predstavili rezultate raziskave dveh algoritmov za avtomatsko trgovanje, »Gjerstad-Dickhaut« in »Zero-Intelligence-Plus«, ki sta pri trgovanju konsistentno dosegala bistveno višje dobičke od ljudi. Ta rezultat je bil nekoliko nepričakovan, saj so starejši eksperimenti kazali na to, da so tako ljudje kot algoritmi dosegli teoretično popolno učinkovitost pri trgovanju. Rezultati IBM-ovih raziskovalcev so bili zelo vzpodbudni za nadaljnji razvoj AT, sploh upoštevajoč dejstvo, da so algoritmi za trgovanje zgoraj opisane rezultate dosegli z relativno preprostimi strategijami. Pri tej raziskavi sicer opozarjajo, da rezultatov algoritmov niso primerjali z rezultati profesionalnih trgovalcev, temveč z nestrokovnjaki na področju trgovanja. Vendar pa ugotavljajo tudi, da bi primerjava s profesionalnimi trgovalci razkrila nekatere slabosti njihovih algoritmov, kar bi omogočilo nadaljnji razvoj in izboljšave. V poročilu predvidevajo tudi, da bi lahko izboljšave teh algoritmov relativno hitro rezultirale v algoritmih, katerih rezultati bi konsistentno presegali tudi profesionalne trgovalce. O teh rezultatih so obsežno poročali tudi mediji, kar je še dodatno pripomoglo k popularizaciji AT (Das, Hanson, Kephart & Tesauro, 2001, str. 6–7).

Po letu 2000 so se zaradi zgoraj opisanih sprememb regulacij, razvoja tehnologije in tehnološkega preboja AT začele pospešeno pojavljati nove elektronske borze, hkrati z njimi pa so se začele razvijati tudi nove strategije AT, ki so začele izkoriščati spremenjeno stanje na trgu. AT se je začelo pospešeno spreminjati iz panoge v domeni raziskovalnih inštitutov

v panogo, ki je vse bolj razširjena tudi v praksi. Finančne institucije so začele hitro razvijati svoje algoritme, na primer »Stealth«, ki ga je razvila Deutsche Bank (Deutsche Bank Equities, 2012, str. 1–2; Leshik & Cralle, 2011), »Sniper« in »Guerilla«, ki ju je razvilo podjetje Credit Suisse in drugi (Ablan, 2007). Številni izmed teh algoritmov so se osredotočali predvsem na arbitražo, saj so računalniki sposobni naenkrat spremljati več trgov, v trenutku zaznati napačno vrednotenje (angl. mispricing) in takoj izkoristiti arbitražno priložnost.

### 1.2.3 Algoritemsko trgovanje danes

V zadnjem desetletju so se računalniški algoritmi izpopolnili v upravljanju portfeljev. Algoritemski skladi, s katerimi se trguje na borzi (angl. exchange-traded funds, v nadaljevanju ETF) in vzajemni skladi (angl. mutual funds) danes avtomatsko sledijo indeksom delnic in obveznic ter na podlagi tega sami sprejemajo odločitve. Septembra 2019 je bila skupna vrednost algoritemskih investicij v ameriški kapital kar 4,3 bilijone USD, s čimer so prvič preseгли skupno vrednost investicij skladov, ki jih aktivno upravljajo ljudje. AT vse bolj prodira tudi na področje investiranja v kapital, področje izvedenih finančnih instrumentov in na dolžniški trg. Glede na podatke Deutsche Bank je trenutno 90 % vseh transakcij nakupa in prodaje standardiziranih terminskih pogodb na lastniške vrednostne papirje (angl. equity-futures) in 80 % vseh transakcij nakupa in prodaje delnic (angl. cash-equity trades) izvedenih povsem avtomatsko, brez kakršnegakoli posredovanja, odobritve ali kontrole ljudi. Algoritemsko upravljani skladi trenutno po skupni vrednosti predstavljajo 35 % ameriškega delniškega trga in 60 % trga institucionalnih vlagateljev v kapital. Poleg tega so računalniško vodeni skladi tudi bistveno zmanjšali stroške transakcij in s tem povečali dostopnost investiranja (The Economist Newspaper Limited, 2019b, str. 18–21).

## 2 STRATEGIJE ALGORITEMSKEGA TRGOVANJA

V tem poglavju so opisane nekatere glavne skupine strategij, na katerih temeljijo algoritmi za AT, njihove osnovne ekonometrične značilnosti in glavni koncepti nekaterih algoritmov na osnovi teh strategij. Poudarek na splošnih principih AT je v tem poglavju iz dveh razlogov. Prvi razlog je, da so ti pristopi v veliki meri splošno znani, skozi čas relativno nespremenljivi in predstavljajo osnovo za večino algoritmov za trgovanje, ki jih finančne institucije uporabljajo v praksi. Drugi razlog za to odločitev pa je, da posamezne izvedbe algoritmov, ki jih uporabljajo finančne institucije in podrobnosti implementacij niso javno dostopne, saj so strogo varovana poslovna skrivnost, ki odloča o tem, kako uspešna bo določena institucija pri trgovanju.

## 2.1 Strategije povratka k povprečju

Osnovna ideja pri strategijah povratka k povprečju<sup>1</sup> (angl. mean-reverting strategies) je relativno preprosta – temelji na ideji, da se bo cena nekega finančnega sredstva oziroma kombinacije le-teh, po določenem času vrnila nazaj k svoji lastni povprečni ceni. Ta pojav lahko izkoristimo na način, da vstopimo v pozicijo, ko je cena stran od povprečja in z dobičkom zapremo pozicijo, ko se cena pomakne bliže povprečju.

### 2.1.1 Intuicija za algoritmi vračanja k povprečju

V naravi zelo pogosto naletimo na primere vračanja k povprečju. Na primer temperatura v nekem kraju ali višina vodostaja neke reke sta tipična primera stacionarne časovne vrste – časovne vrste, ki se vrača k povprečju. V obeh primerih sta temperatura in višina vodostaja relativno naključno razporejena okrog povprečja. Če imamo nek dan z izjemno nizko ali visoko temperaturo oziroma vodostajem, lahko s precej veliko verjetnostjo predvidevamo, da se bo v naslednjih dneh temperatura oziroma vodostaj premaknil bliže povprečni vrednosti. Pri cenah posameznih vrednostnih papirjev je situacija manj preprosta. Če bi veljalo, da se cena nekega vrednostnega papirja giba kot stacionarna časovna vrsta, potem bi morali vedeti le, ali je trenutna cena pod (nad) povprečjem, takrat odpreti dolgo (kratko) pozicijo, počakati, da se cena vrne k povprečju in nato z dobičkom zapreti pozicijo. Večina časovnih vrst cen finančnih sredstev pa se v praksi obnaša kot geometrijski naključni hod (angl. geometric random walk) in ne kot stacionarna časovna vrsta (Chan, 2013, str. 39).

Čeprav časovne vrste cen individualnih vrednostnih papirjev v veliki večini primerov niso stacionarne časovne vrste, pa lahko investitorji z nakupom portfelja različnih vrednostnih papirjev sami ustvarijo stacionarno časovno vrsto cene. Za ustvarjanje portfeljev, ki imajo določeno stopnjo verjetnosti, da imajo lastnosti stacionarne časovne vrste, obstajajo različne strategije, na primer strategija trgovanja v parih in različne izpeljave te strategije (Caldeira & Moura, 2013, str. 49).

Za pravilno izbrane portfelje vrednostnih papirjev je bolj verjetno, da je njegova skupna neto tržna vrednost časovna vrsta, ki se vrača k povprečju – portfelji, ki jih lahko ustvarimo na ta način, so kointegrirani. Lastnost korelacije med več časovnimi vrstami cene v daljšem časovnem obdobju (določene časovne vrste namreč ne korelirajo na dolgi rok) lahko preverjamo s statističnimi testi za kointegracijo, kot sta na primer razširjeni Dickey-Fullerjev test kointegracije (angl. Cointegrated Augmented Dickey Fuller Test, v nadaljevanju CADF test) in Johansonov test. V primeru ustvarjanja portfeljev so zelo uporaben stranski produkt Johansonovega testa za kointegracijo tudi uteži za vsako komponento nekega portfelja vrednostnih papirjev. Na ta način lahko trgovalci relativno enostavno ustvarijo stacionarne

---

<sup>1</sup> Za te strategije se uporablja tudi izraz »strategije na osnovi statistične arbitraže« (angl. statistical arbitrage strategies).

portfelje, s tem pa se pojavijo tudi številne priložnosti za trgovalce, ki uporabljajo strategije vračanja k povprečju (Chan, 2013, str. 40).

## 2.1.2 Osnovne ekonometrične značilnosti algoritmov vračanja k povprečju

Vračanje k povprečju in stacionarnost sta dva ekvivalentna načina pogleda na časovno vrsto cene, a kljub temu obstajata dva različna statistična testa za preverjanje teh značilnosti.

Vračanje k povprečju pri časovni vrsti preverjamo z razširjenim Dickey-Fullerjevim statističnim testom (angl. Augmented Dickey-Fuller test, v nadaljevanju ADF test). Matematična definicija **lastnosti vračanja k povprečju** je, da je sprememba časovne vrste cene v naslednjem časovnem obdobju proporcionalna razliki med trenutno ceno in povprečno ceno. ADF test preverja, če lahko zavrnilo ničelno domnevo, da je proporcionalna konstanta enaka 0. Matematična definicija **stacionarnosti časovne vrste** cene pa je, da se varianca logaritma cen pri stacionarni časovni vrsti povečuje počasneje, kot pri geometričnem naključnem hod. To pomeni, da je varianca stacionarne časovne vrste sublinearna funkcija časa in ne linearna funkcija, kar bi veljalo za geometrijski naključni hod. Sublinearna funkcija se lahko aproksimira z izrazom  $\tau^{2H}$ , kjer je  $\tau$  čas med dvema meritvama cene,  $H$  pa Hurstov eksponent, katerega vrednost je manj kot 0,5 v primeru, da je časovna vrsta stacionarna, oziroma enaka 0,5 v primeru, da je časovna vrsta geometrijski naključni hod. Stacionarnost lahko preverjamo s testom razmerja varianc (angl. variance ratio test), kjer poskušamo zavreči ničelno domnevo, da je vrednost  $H$  enaka 0,5 (Chan, 2013, str. 41).

S testi kointegracije ugotavljamo, ali obstaja korelacija med dvema ali več časovnimi vrstami na dolgi rok. Kointegracijski testi poskušajo najti primere linearnih kombinacij dveh ali več nestacionarnih časovnih vrst cene, za katere velja, da na dolgi rok njihova skupna cena bistveno ne odstopa od povprečja. Uporaba testov za kointegracijo je pri algoritmičnih povratka k povprečju precej pogosta, saj redko naletimo na časovno vrsto cene enega samega finančnega sredstva, ki je sama po sebi stacionarna. Če lahko najdemo linearno kombinacijo več posamezno nestacionarnih časovnih vrst cene, ki je stacionarna, potem je ta linearna kombinacija časovnih vrst cene kointegrirana (Corporate Finance Institute, brez datuma a).

V praksi se je pogosto uporabljala že omenjena strategija trgovanja v parih (angl. pairs trading), kjer gre za kointegracijo dveh finančnih sredstev – določeno razmerje alokacije kapitala med dolgo pozicijo enega sredstva in kratko pozicijo drugega sredstva (glej poglavje 2.1.4.1). Trgovanje v parih izkorišča kratkoročna odstopanja v bolj dolgoročnem ravnovesju med cenama dveh finančnih sredstev (Caldeira & Moura, 2013, str. 50–51)

Pri kointegraciji pa seveda nismo omejeni le na dve sredstvi (dve časovni vrsti cene), temveč lahko brez težav kointegriramo tudi več sredstev. Kointegracijo lahko preverjamo s CADF testom, ki se uporablja le za dve časovni vrsti in Johansonovim testom, ki se lahko uporablja za katerokoli število časovnih vrst. Ta testa potrebujemo, saj ne vemo vnaprej, kakšne uteži

potrebujemo v portfelju, da ustvarimo linearno kombinacijo sredstev, ki je stacionarna. Če najdemo linearno kombinacijo časovnih vrst cene sredstev portfelja, ki se lahko kointegrira, to seveda ne velja za katerokoli naključno linearno kombinacijo teh sredstev. Pomemben koncept pri algoritmičnih povratkih k povprečju je tudi polovica življenjske dobe vračanja k povprečju (angl. half-life of mean reversion). Ta lastnost nam pove, koliko časa potrebuje portfelj za povratek od trenutne cene nazaj k povprečju. Načeloma si pri večini strategij želimo čim krajše čase vračanja k povprečju, saj je dobičkonosnost strategije v veliki meri odvisna tudi od števila transakcij, ki ga lahko opravimo v določenem času. Pri časovnih vrstah s kratkim časom vračanja k povprečju (na primer nekaj dni) lahko v nekem časovnem obdobju izvedemo več bistveno več ciklov dobičkonosnih transakcij, kot pri časovnih vrstah z dolgim (na primer večletnim) časom vračanja k povprečju (Chan, 2013, str. 42–44).

### 2.1.3 Splošne strategije povratka k povprečju

Med splošne strategije povratka k povprečju med drugim sodijo linearna strategija in Bollinger Bands strategija, opisani v tem poglavju. Splošnost se v tem kontekstu nanaša na to, da se te strategije lahko uporabljajo pri širokem naboru različnih finančnih sredstev.

V praksi ni nujno, da za posamezno finančno sredstvo, ali portfelj le-teh, velja prava (dolgoročna) stacionarnost ali kointegracija, da lahko uporabimo strategijo povratka k povprečju. V nekaterih primerih je dovolj že kratkoročni trend vračanja k povprečju, saj je mogoče izkoristiti tudi kratkoročno gibanje cene stran od povprečja in likvidirati sredstva, preden se cena vrne nazaj v ravnovesje. Tem strategijam pravimo sezonske strategije vračanja k povprečju (angl. seasonal mean reversion strategies). Uporaba sezonske strategije zaradi specifik neke časovne vrste cene ni nujno slabša od ne-sezonskih. Sezonska strategija lahko prinese bistveno večji dobiček, kot ne-sezonska strategija nad stacionarno časovno vrsto z 10 letnim ciklom vračanja k povprečju (Chan, 2013, str. 63).

**Linearna strategija** povratka k povprečju je verjetno najbolj očitna, a v praksi ne dosega najboljših rezultatov. Ta temelji na preprosti ideji, da mora biti investicija v nek stacionarni portfelj proporcionalna razliki med trenutno ceno portfelja in gibajočim povprečjem njegove cene. V praksi sta največji slabosti te strategije potreba po konstantnem uravnoteževanju portfelja (že ob najmanjši spremembi cene) in dejstvo, da ne moremo vnaprej vedeti potrebe po maksimalni alokaciji kapitala za uspešno izvedbo strategije, saj je odstopanje cene portfelja od povprečja teoretično neomejeno (Chan, 2013, str. 63–64).

**Bollinger Bands strategija** je v praksi bolj uporabna kot v prejšnjem podpoglavju opisana linearna strategija. Chan (2013, str. 70–72) predlaga naslednjo implementacijo te strategije. V pozicijo vstopimo le v primeru, da cena odstopa več kot  $vZv$  vrednost (v nadaljevanju  $vZv$ ) standardnih odklonov od povprečja. Vrednost parametra  $vZv$  določimo sami oziroma ga optimiziramo na testni množici podatkov (angl. training set), glede na naše preference in specifične časovne vrste cene, s katerimi trgujemo. Tako standardni odklon, kot povprečje izračunamo glede na obdobje pogleda nazaj (angl. look-back period), ki je

parameter, ki ga optimiziramo na testni množici podatkov ali pa ga nastavimo na polovico življenjske dobe vračanja k povprečju. Pozicijo zapremo v primeru, ko cena doseže *izstopno\_Z\_vrednost* (v nadaljevanju *iZv*) standardnih odklonov od povprečja. Pogosto velja, da je  $iZv < vZv$ . Tudi parameter *iZv* določimo sami oziroma ga optimiziramo na testni množici. Pri tej strategiji imamo lahko v vsakem trenutku investiranih v določen stacionarni portfelj (bodisi v dolgo ali kratko pozicijo) eno ali nič enot, zato je tudi obvladovanje tveganj pri tej strategiji relativno enostavno. V primeru, da glede na testno množico in naše preference izberemo kratko obdobje pogleda nazaj (angl. lookback-period) in majhno razliko med parametroma *vZv* in *iZv*, bo obdobje držanja neke pozicije relativno kratko in bomo v nekem časovnem obdobju izvedli več trgovalnih ciklov s pogosto večjim skupnim dobičkom, kot bi jih z dolgim obdobjem pogleda nazaj in večjo razliko med *vZv* in *iZv*.

Uspešnost te strategije je v veliki meri odvisna od uspešnosti investorjev pri optimizaciji posameznih parametrov glede na lastnosti finančnih sredstev in primernosti določenega pristopa za izbrana finančna sredstva. V praksi se uporabljajo različni pristopi pri uporabi te strategije. Nekateri investorji se na primer osredotočajo le na tako imenovani spodnji pas (angl. lower band), ko je cena vrednostnih papirjev *vZv* standardnih odklonov pod povprečjem, pozicijo pa zaprejo, ko cena preseže gibajoče povprečje. Drugi v pozicije vstopajo, ko cena preseže zgornji pas (angl. upper band) – ko je cena *vZv* standardnih odklonov nad povprečjem, pozicije pa zaprejo, ko cena pade pod spodnji pas (Kabasinkas & Macys, 2010, str. 244–247).

Ni, Day, Huang in Yu (2020, str. 3–4) ugotavljajo, da se Bollinger Bands strategija v zadnjih dveh desetletjih relativno pogosto uporablja. V pregledu člankov ostalih avtorjev navajajo, da je le-ta v zadnjem času ena izmed najbolj uporabljenih strategij na osnovi tehnične analize. Prav tako na primeru tajvanskega trga pokažejo, da lahko ta strategija v praksi dosega dobre rezultate in da lahko investorji v praksi, z nekaterimi implementacijami te strategije, premagajo trg (angl. beat the market) (Ni, Day, Huang & Yu, 2020, str. 19–21).

#### 2.1.4 Algoritmi vračanja k povprečju pri trgovanju z delnicami in skladi ETF

Delniški trg je zaradi velikega števila različnih delnic in posledično preproste diverzifikacije eden od najbolj primernih za trgovanje z algoritmi vračanja k povprečju. Vsaj v teoriji je relativno preprosto najti pare delnic iz kateregakoli sektorja, ki se kointegrirajo, saj so izpostavljene številnim skupnim ekonomskim vplivom. Poleg tega se pri trgovanju z delnicami ne rabimo omejiti le na strategije, opisane v poglavju 2.1.3.

Pri delnicah lahko pogosto uspešno izkoristimo sezonske strategije vračanja k povprečju, ki izkoriščajo kratkoročne trende gibanja cene. Kljub dejstvu, da je na dolgi rok časovna vrsta cene večine posameznih delnic geometrijski naključni hod, ima v praksi v normalnih pogojih kratkoročno gledano časovna vrsta cene večine delnic lastnost vračanja k povprečju. Normalni pogoji v tem kontekstu pomenijo, da ne pride do večjih sprememb na trgu in da ni novih temeljnih informacij o podjetju, ki bi bile v nasprotju s trenutnim prepričanjem trga.



Za stacionarne časovne vrste cene velja, da se cene portfelja vračajo k svojemu zgodovinskemu povprečju. Pri trgovanju s portfelji, sestavljenimi iz več delnic (angl. basket of stocks), pa se pogosto pojavi tudi presečno vračanje k povprečju (angl. cross-sectional mean reversion). Pri tem se kumulativni donosi na delnice v košarici vračajo k kumulativnim donosom celotne košarice. Zaradi dodatnih pojavov vzorca vračanja k povprečju je pri delnicah implementacija teh strategij še enostavnejša, zato privlači večjo množico investorjev, kar povečuje tudi konkurenco na tem področju in v splošnem znižuje dobičke. Seveda pa trgovanje s strategijo vračanja k povprečju na delniškem trgu s seboj ne prinaša le prednosti, ampak tudi precej specifičnih izzivov (Chan, 2013, str. 88).

**Strategija trgovanja v parih** (angl. pairs trading) je ena izmed preprostejših strategij na osnovi povratka k povprečju. V preteklosti je bila ena izmed popularnejših strategij, saj je bila relativno preprosta in izredno dobičkonosna, danes pa se pri trgovanju z delnicami zelo redko uporablja, saj je na osnovi te strategije izjemno težko dolgoročno dobičkonosno trgovati. Strategija trgovanja v parih temelji na naslednjem mehanizmu. Najdemo par finančnih sredstev s čim bolj podobnim gibanjem cene v opazovanem obdobju. Ko ceni finančnih sredstev zadostno divergirata (ko je med njima zadostna razlika) vstopimo v dolgo pozicijo pri sredstvu z nižjo ceno ter kratko pozicijo pri sredstvu z višjo ceno, nato čakamo, da ceni ponovno konvergirata in z dobičkom zapremo poziciji (Pole, 2007, str. 3).

Potrebno je poudariti, da v nadaljevanju opisana dejstva o nedobičkonosnosti strategije trgovanja v parih veljajo le za visoko učinkovite delniške trge, kakršen je na primer ameriški delniški trg. To vsekakor ne pomeni, da strategija trgovanja v parih ni dobičkonosna na manj učinkovitih trgih ali da ni bila nikoli učinkovita na ameriškem trgu. Prav tako to tudi ni splošen argument proti uporabi strategije trgovanja v parih, saj trenutno v praksi le-ta zelo dobro deluje pri trgovanju s skladi ETF. Kot je bilo že omenjeno, so časovne vrste cene posameznih delnic večinoma razporejene kot geometrijski naključni hod in ne kot stacionarna časovna vrsta, zato pride do potrebe po ustvarjanju parov oziroma večjih množic delnic, katerih skupna časovna vrsta cene je stacionarna. Vendar pa je v praksi že ustvarjanje pravih stacionarnih parov precej zahtevno. Tudi če delnice kombiniramo v pare, za katere je teoretično velika možnost, da se bosta časovni vrsti cene kointegrirali – recimo delnici dveh podjetij iz iste panoge, ki imata soroden poslovni model in sta izpostavljeni podobnim vplivom trga, se pogosto zgodi, da se časovni vrsti cene delnic v opazovanem obdobju (angl. in-sample period) lepo kointegrirata in je skupna časovna vrsta cene stacionarna. Vendar pa to relativno malo pove o obnašanju tega para v prihodnosti – stacionarnost lahko hitro izgine v kasnejšem obdobju, ki ni bilo zajeto v vzorec (angl. out-of-sample period). Načeloma je razlog za ta pojav dejstvo, da je vrednost delnic nekega podjetja precej odvisna od odločitev vodstva, specifik samega podjetja in konkurence na trgu. Iz tega bi lahko zaključili, da je izredno težko uporabiti strategijo trgovanja v parih s trgovanjem enega para delnic, ki je dobičkonosna v daljšem obdobju, razen če imamo notranje informacije ali temeljno razumemo delovanje obeh podjetij v paru (Chan, 2013, str. 89–91).

Strategija trgovanja v parih danes v praksi na visoko učinkovitih delniških trgih nima najboljših rezultatov, vendar je bila v preteklosti (v poznih 80. in v 90. letih) izredno dobičkonosna. Implementacije te strategije so v preteklosti uporabljali številni investicijski skladi, na primer banka Morgan Stanley, investicijsko podjetje The D. E. Shaw Group in drugi. Glavni razlog za visoko dobičkonosnost je bil, da je bil trg v preteklosti precej bolj neučinkovit in tako so bili dobički parov, ki so se vračali k povprečju dovolj veliki, da so pokrili izgube parov, ki se niso obnašali po pričakovanjih. Strategija trgovanja v parih je v začetku 90. let zaradi svoje dobičkonosnosti hitro vzbudila zanimanje tudi v akademskih krogih, na to temo se je objavljalo veliko člankov, kar je vzbudilo zanimanje za to strategijo tudi pri širši javnosti. Istočasno z naraščanjem poznavanja te strategije so na začetku 90. let računalniki postajali vse zmogljivejši in dostopnejši širšim množicam. Posledično se je hitro povečalo število investitorjev, ki so imeli tehnične zmožnosti za uporabo te strategije – večje števila uporabnikov pa je povečalo tudi konkurenco in znižalo dobičke (Pole, 2007, str. 4).

Podobne ugotovitve glede trgovanja v parih navajajta tudi Do in Faff (2010, str. 92–94). Ugotavljata, da je bila strategija trgovanja v parih pri delnicah dobičkonosna v daljšem časovnem obdobju, vendar pa je njen nivo dobičkonosnosti skozi čas konstantno padal. Poleg tega pa ugotavljata tudi, da ta strategija v času upada trga, recimo v obdobju finančne krize med letoma 2007–2009, dosega boljše rezultate kot v obdobju rasti.

Kot je bilo že omenjeno, strategija trgovanja v parih še danes dobro deluje pri skladih ETF. Mehanizem trgovanja pri skladih ETF je identičen kot pri trgovanju z delnicami, vendar pa imajo skladi ETF zelo dobrodošlo lastnost za strategijo trgovanja v parih, saj je njihova cena vezana na več sredstev. Ko najdemo dva sklada ETF, ki se kointegrirata, obstaja dosti večja verjetnost kot pri paru delnic, da se bosta kointegrirala tudi po koncu obdobja, zajetega v vzorec (angl. out-of-sample period). Ker je cena sklada ETF vezana na več sredstev, recimo na delnice več podjetij istega sektorja, je manj verjetno, da se bodo temeljni dejavniki, na katerih temelji cena sklada, hitro spremenili. Zato je v tem primeru tudi lažje najti dobre pare, ki se kointegrirajo na dolgi rok, saj moramo le najti pare, ki so dolgoročno izpostavljeni skupnim ekonomskim vplivom. Zaradi ugodnejših lastnosti skladov ETF za trgovanje v parih so pričakovani dobički bistveno večji kot pri delnicah, ta strategija pa se v praksi uporablja tudi na učinkovitih trgih (Chan, 2013, str. 89–92).

Panagiotis, Thomakos in Wang (2011, str. 24) skladno z ugotovitvami ostalih avtorjev v tem poglavju zaključujejo, da v praksi pri skladih ETF strategija trgovanja v parih še vedno dosega dobre rezultate. Ugotavljajo, da dobičkonosnost strategije trgovanja v parih celo presega rezultate indeksa S&P 500, ki so ga vzeli za primerjalno meritev (angl. benchmark). Poleg tega zaključujejo, da je ta strategija dobičkonosna v različnih časovnih obdobjih in na različnih podvzorcih skladov ETF, ki so bili zajeti v raziskavo.

### 2.1.5 Zaključek o algoritmih vračanja k povprečju

Strategije povratka k povprečju so relativno preproste za praktično uporabo, saj pri njih investitorji niso omejeni na časovne vrste cen sredstev, ki so same po sebi stacionarne, temveč lahko izbirajo iz velikega nabora kointegriranih vrednostnih papirjev in tako sami ustvarijo svoje stacionarne portfelje, katerih cena se vrača nazaj k povprečni vrednosti. Še ena od prednosti strategij, ki se vračajo k povprečju je, da delujejo na zelo različno dolgih časovnih intervalih. Na eni strani se strategije ustvarjanja trga (angl. market-making) zanašajo na vračanje cen k povprečju v nekaj sekundah. Na drugi strani pa nekateri investitorji investirajo v delnice podjetij, za katere verjamejo, da so podcenjene in čakajo nekaj let, da se njihove cene povrnejo na pravi nivo.

V zadnjem času strategije na osnovi povratka k povprečju pri delnicah v praksi ne dosegajo najboljših rezultatov. To pa nikakor ne pomeni, da te strategije niso uporabne v praksi, saj, kot ugotavljajo nekateri avtorji, še vedno lahko dosegajo konsistentno dobre rezultate pri skladih ETF.

## 2.2 Strategije na osnovi momenta

To poglavje obravnava strategije algoritemskega trgovanja, ki temeljijo na momentu (angl. momentum). Moment je mera pospeševanja cene ali količine nekega vrednostnega papirja. Moment pove, kako hitro se spreminja cena nekega vrednostnega papirja (Dhir, 2019). Vrednostni papirji s trenutno pozitivnim momentom imajo tendenco, da se njihova cena še naprej dviguje, prav tako imajo tisti s trenutno negativnim momentom tendenco, da njihova cena še naprej pada (Jagadeesh & Titman, 2001, str. 700).

Glavni razlogi za pojav momenta so počasno razširjanje, analiza in sprejemanje novih informacij; prisilna prodaja ali nakupi sredstev s strani različnih skladov; in posledica manipulacije trga s strani visokofrekvenčnega trgovanja (angl. high-frequency trading, v nadaljevanju HFT). Pri standardiziranih terminskih pogodbah (angl. futures) pa je glavni vzrok momenta obstojnost kotalečih donosov (angl. roll return), predvsem obstojnost njihovih predznakov (Chan, 2013, str. 133). Moskowitz, Ooi in Pedersen (2012, str. 2) navajajo, da je moment časovne vrste izredno konsistenten pojav pri zelo širokem naboru skupin sredstev (angl. asset classes) in trgov. Zaznali so močno korelacijo in posledično visoko predvidljivost prihodnjih donosov terminskih pogodb glede na pretekle donose nekega vrednostnega papirja. V raziskavo so zajeli širok nabor standardiziranih in nestandardiziranih terminskih pogodb (več kot 50) – državne delniške indekse, surovine, valute in državne obveznice za obdobje 25 let. Ugotovili so, da so presežni donosi zadnjih 12 mesecev dober kazalnik za prihodnje donose. Poleg tega navajajo, da so bili ti rezultati konsistentni pri številnih podvzorcih, obdobjih pogleda nazaj in obdobjih posedovanja. 12-mesečni donosi momenta časovne vrste niso bili pozitivni le v povprečju, temveč tudi posamezno za vseh 58 sredstev, ki so bila zajeta v raziskavo.

Kotaleči donos (angl. roll-return ali roll-yield) je eden izmed tipov donosa pri investiranju v standardizirane terminske pogodbe. Je razlika med ceno terminskih pogodb s krajšim rokom zapadlosti in tistih z daljšim rokom zapadlosti. Kotaleči donos je lahko pozitiven ali negativen, odvisno od krivulje cen standardiziranih terminskih pogodb. Če je krivulja cene terminskih pogodb v odvisnosti od časa naraščajoča (cene terminskih pogodb s krajšim rokom zapadlosti so nižje od tistih z daljšim rokom zapadlosti) (angl. contango), potem je kotaleči donos negativen. Če je krivulja cene terminskih pogodb padajoča (angl. backwardation), potem je kotaleči donos pozitiven (Corporate Finance Institute, brez datuma b).

### 2.2.1 Osnovne ekonometrične značilnosti algoritmov na osnovi momenta

O momentu časovne vrste govorimo, če so pretekli in prihodnji donosi v pozitivni korelaciji. Iz tega sledi, da lahko za vsako časovno vrsto izračunamo koeficient, ki opisuje korelacijo med posameznimi donosi in njegovo p-vrednost, ki opisuje njegovo stopnjo značilnosti. Pomembna lastnost pri računanju korelacije so tudi časovni zamiki (angl. time lags) donosov. Nekateri pari časovnih zamikov ene časovne vrste so lahko negativno korelirani, spet drugi pa pozitivno – naš cilj je, da najdemo pare preteklih in prihodnjih donosov, ki imajo čim boljši kompromis med koeficientom korelacije ter p-vrednostjo. Tako definiramo obdobje pogleda nazaj (angl. lookback period) in obdobje posedovanja (angl. holding period). Če na primer ugotovimo, da obstaja visok koeficient korelacije z zadostno nizko p-vrednostjo med donosi prejšnjih 60 dni in prihodnjih 25 dni, potem izberemo 60-dnevno obdobje pogleda nazaj in 25-dnevno obdobje posedovanja (Chan, 2013, str. 134–137).

Te pare dobimo z regresijsko analizo, kot je razvidno iz enačbe (1). Izračunamo odvisnost presežnega donosa  $r_t^s$  za finančni instrument  $s$  v času  $t$ , glede na njegov donos izpred  $h$  časovnih enot. Glede na to, da se lahko posamezni donosi bistveno razlikujejo v nestanovitnosti (angl. volatility), jih delimo z njihovim preteklim (angl. ex-ante) standardnim odklonom, s tem jih dobimo na isto razmernostno lestvico in jih posledično lahko primerjamo med seboj (Moskowitz, Ooi & Pedersen, 2012, str. 12).

$$\frac{r_t^s}{\sigma_{t-1}^s} = \alpha + \frac{\beta_h r_{t-h}^s}{\sigma_{t-h}^s} + \varepsilon_t^s \quad (1)$$

V primeru, da nas pri naši strategiji zanima le smer, ne pa tudi velikost premika – torej, če nas zanima le, ali bo nekemu obdobju rasti cene sledilo še naslednje obdobje rasti, pa lahko izračunamo tako imenovano korelacijo predznakov. Kot je razvidno iz enačbe (2), je izračun zelo podoben enačbi (1), le da nas zanima samo predznak posameznih preteklih donosov (ima le vrednosti +1 ali -1), ne pa tudi njihova velikost. V tem primeru moramo s standardnim odklonom deliti le levo stran enačbe, saj je desna stran regresijske enačbe že sama po sebi skalirana zaradi predznaka (Moskowitz, Ooi & Pedersen, 2012, str. 13).

$$\frac{r_t^S}{\sigma_{t-1}^S} = \alpha + \beta_h \cdot \text{predznak}(r_{t-h}^S) + \varepsilon_t^S \quad (2)$$

Prav tako pa nam lahko pri strategijah na osnovi momenta pomaga test razmerja varianc (angl. variance ratio test), s pomočjo katerega izračunamo Hurstov eksponent, ki je bil omenjen že pri strategijah povratka k povprečju (glej poglavje 2.1.2). Hurstov eksponent nam pove, ali za časovno vrsto cene obstaja nek dolgoročni trend in ima časovna vrsta potencial za strategijo na osnovi momenta ali gre le za naključni hod in je časovna vrsta neprimerna za strategije na osnovi momenta (Chan, 2013, str. 136).

## 2.2.2 Strategije na osnovi večdnevnega momenta

Strategije na osnovi momenta lahko delimo v dve glavni skupini: strategije na osnovi momenta časovne vrste (angl. time-series strategies) in strategije na osnovi presečnega momenta (angl. cross-sectional momentum strategies). Koncept momenta časovne vrste je relativno enostaven, saj temelji na predpostavki, da obstaja pozitivna korelacija med preteklimi in prihodnjimi donosi nekega sredstva. Presečni moment temelji na relativnem donosu nekega sredstva glede na ostale – če donosi časovne vrste nekega sredstva v nekem časovnem obdobju presegajo donose ostalih časovnih vrst, obstaja večja verjetnost, da se bo ta trend nadaljeval tudi v prihodnosti.

### 2.2.2.1 Strategije na osnovi momenta (ene) časovne vrste

Če za neko terminsko pogodbo izračunamo par z visokim koeficientom korelacije med preteklimi donosi določenega obdobja pogleda nazaj (angl. lookback period) in prihodnjim donosom določenega obdobja posedovanja (angl. holding period) ter dovolj nizko p-vrednostjo, potem je ta par obdobja pogleda nazaj in obdobja posedovanja dober kandidat za strategijo na osnovi momenta časovne vrste.

Strategija avtorjev Moskowitz, Ooi in Pedersen (2012, str. 16), ki se zanaša na serijsko korelacijo donosov, je naslednja: kupimo standardizirano terminsko pogodbo s pozitivnim donosom preteklih 12 mesecev (pozitiven donos prejšnjih 250 trgovalnih dni) in držimo pozicijo mesec dni (25 trgovalnih dni). Za pogodbe z negativnim preteklim 12-mesečnim donosom velja ravno obratno – pogodbe prodamo (kratka pozicija) in prav tako držimo pozicijo mesec dni. Avtorji zaključujejo, da je moment časovne vrste pojav, ki se izredno konsistentno pojavlja pri njihovem vzorcu več kot 50 standardiziranih terminskih pogodb in pri nekaterih glavnih skupinah finančnih instrumentov, ki so jih preučevali v 30-letnem obdobju (Moskowitz, Ooi & Pedersen, 2012, str. 37).

Tudi drugi avtorji, na primer Chan (2013, str. 138–141) ugotavljajo, da zgoraj omenjena strategija dosega dobre rezultate. Kot je omenjeno že v uvodu v poglavje 2.2, je glavni razlog za serijsko korelacijo predvsem relativna obstojnost kotalečih donosov (angl. roll returns), saj se njihov predznak le redko spreminja. To posledično pomeni, da krivulja cen

standardizirane terminske pogodbe v odvisnosti od časa načeloma ne spreminja oblike, torej je dlje časa naraščajoča (angl. contango) ali padajoča (angl. backwardation). Po drugi strani pa lahko donosi iz trenutnih cen (angl. spot returns) relativno hitro spreminjajo tako predznak kot velikost. Vendar v primeru, da je obdobje posedovanja terminskih pogodb dovolj dolgo, kotaleči donosi prevladajo nad ostalimi donosi pri skupnem donosu terminske pogodbe. Ta trend pa lahko izkoristimo za strategije na osnovi momenta časovne vrste.

Poleg pristopov, opisanih v tem podpoglavju, obstajajo še številni drugi pristopi, ki izkoriščajo moment časovne vrste. Nekateri pristopi celo združujejo strategiji povratka k povprečju in momenta časovne vrste. Poleg tega obstajajo tudi indeksi, ki temeljijo na momentu časovne vrste, na primer »S&P Diversified Trends Indicator« (S&P DTI). Ta indeks je sestavljen iz 24 standardiziranih terminskih pogodb, strategija pri tem indeksu pa je dolga pozicija pri terminski pogodbi, če je njena vrednost nad njenim eksponentnim gibajočim povprečjem, oziroma kratka pozicija pri terminski pogodbi, če je vrednost pod eksponentnim gibajočim povprečjem, portfelj pa se uravnoveša enkrat mesečno (Standard & Poor's, 2004; ETFdb, brez datuma).

#### 2.2.2.2 *Strategije na osnovi presečnega momenta*

Najbolj osnovna strategija na osnovi presečnega momenta (angl. cross-sectional strategies) pri standardiziranih terminskih pogodbah je precej očitna. Kupimo (dolga pozicija) portfelj standardiziranih terminskih pogodb, katerih krivulja cene je padajoča (angl. backwardation) in istočasno prodamo (kratka pozicija) portfelj standardiziranih terminskih pogodb, katerih krivulja cene je naraščajoča (angl. contango). Ta strategija temelji na predpostavki, da se bodo pozitivni in negativni donosi iz trenutnih cen (angl. spot prices) v povprečju medsebojno izničili, ostali pa bodo pozitivni kotaleči donosi. Predpostavka izničenja donosa iz trenutnih cen temelji na dejstvu, da so trenutne cene surovin (angl. commodities) v pozitivni korelaciji z ekonomsko rastjo in nekaterimi makroekonomskimi indeksi (Chan, 2013, str. 144–148).

Daniel in Moskowitz (2013, str. 6–7) za trgovanje z delnicami predlagata naslednjo praktično implementacijo v prejšnjem odstavku opisane ideje. Za izbrane delnice najprej izračunamo njihove pretekle kumulativne donose od meseca » $t-12$ « do » $t-2$ «. Nato jih na podlagi preteklega kumulativnega donosa razvrstimo na 10 decilov, ki tvorijo portfelje. Delnice z najvišjim donosom razvrstimo v portfelj 10 – zmagovalni portfelj, delnice z najnižjim donosom pa v portfelj 1 – portfelj poražencev. Investiramo v dolgo pozicijo v portfelj zmagovalcev in kratko pozicijo v portfelj poražencev. Obdobje držanja pozicij je 1 mesec, med tem ne spreminjamo samih portfeljev. Donos v času držanja pozicije vsakega portfelja je utežen donos posameznih delnic v portfelju. Ta se računa kot razlika med zaključnim tečajem neke delnice v portfelju ob koncu prejšnjega meseca in zaključnim tečajem ob koncu tekočega meseca. Ta strategija je glede na rezultate, ki jih opisujeta Daniel

in Moskowitz (2013, str. 42) zelo široko uporabna, saj ni delovala le pri delnicah, temveč tudi pri portfeljih, sestavljenih iz standardiziranih terminskih pogodb, valut in delnic.

Čeprav Daniel in Moskowitz (2013, str. 42–43) nista navedla jasnih razlogov za tako konsistentne rezultate pri tako širokem naboru finančnih sredstev, pa Chan (2013, str. 147), ki mu je uspelo rezultate nekoliko prilagojene strategije iz prejšnjega odstavka uspešno ponoviti, navaja razloge za delovanje te strategije pri delnicah. Ugotavlja, da so razlogi za delovanje strategije pri delnicah v osnovi podobni kot pri standardiziranih terminskih pogodbah. Tako kot lahko pri standardiziranih terminskih pogodbah skupni donos razdelimo na donos iz trenutnih cen (angl. spot prices) in kotaleči donos, lahko donos pri delnicah razdelimo na tržni donos in faktorski donos. Podobno kot pri donosih iz trenutnih cen pri standardiziranih terminskih pogodbah lahko pri delnicah pričakujemo, da se bodo tržni donosi različnih delnic v portfelju medsebojno izničili, tako da bo naš skupni donos na koncu odvisen od faktorskega donosa. Le-ta je sestavljen iz kombinacije različnih faktorjev, kot so recimo rast dobička na delnico ter razmerje med knjigovodsko in tržno vrednostjo podjetja. Faktorji, ki sestavljajo faktorski donos so povezani s ključnimi kazalniki posameznih podjetij, ki se, podobno kot kotaleči donos, spreminjajo relativno počasi, zato se lahko zanašamo na uporabnost preteklih podatkov pri predvidevanju trendov v bližnji prihodnosti.

### 2.2.3 Strategije na osnovi enodnevnega momenta

Strategije na osnovi enodnevnega momenta v veliki meri odpravljajo največje slabosti strategij večdnevnega momenta, ki so nizek kazalnik Sharpe<sup>2</sup> zaradi dolgega držanja pozicij in maloštevilnih neodvisnih tržnih signalov<sup>3</sup> ter daljša (večletna) obdobja slabših rezultatov po večjih finančnih krizah. Tudi za pojav enodnevnega momenta so odgovorni podobni razlogi, kot za pojav večdnevnega momenta, z izjemo kotalečih donosov. Kotalečih donosov ne štejemo med razloge enodnevnega momenta, saj je njihova velikost in spremenljivost na dnevni ravni premajhna, da bi zaznavno vplivali na enodnevni moment. Enodnevni moment lahko poleg zgornjih razlogov sprožijo tudi številni dogodki, kot so na primer novice o podjetjih, ki trgujejo na borzi, spremembe v napovedih analitikov, makroekonomski dogodki, ponovna uravnoteženja naložb (angl. rebalancing) večjih skladov ... V zelo kratkih intervalih je lahko razlog momenta tudi neravnovesje med nakupno in prodajno količino določenih finančnih sredstev (Chan, 2013, str. 155). Kratkoročni moment izkoriščajo tudi nekatere pogoste tehnike visokofrekvenčnega trgovanja (glej poglavje 2.3.2).

---

<sup>2</sup> Kazalnik Sharpe (angl. Sharpe ratio) je razmerje med donosom in tveganjem določene investicije. Izračuna se kot količnik med pričakovano vrednostjo razlike med donosnostjo portfelja in netvegano naložbo ter standardnim odklonom te razlike (Bodie, Kane & Marcus, 2018).

<sup>3</sup> Tržni signali so smernice in informacije, pridobljene z analizo trga oziroma posameznih vrednostnih papirjev, ki investitorje usmerjajo k nakupu, prodaji oziroma ponovnem uravnovešanju sredstev (Downey, 2019).

## 2.2.4 Strategije na osnovi momenta, povzročena s strani novic

Kot je bilo v tem poglavju že omenjeno, je eden izmed razlogov momenta počasno razširjanje in analiza informacij. Če uspemo informacije prej pridobiti, jih analizirati in se nanje odzvati, lahko izkoristimo moment, povzročen s strani novic. Eden od dogodkov, ki ima precejšen vpliv na ceno delnic, je objava poslovnih rezultatov, na podlagi tega pojava so se razvili tudi modeli na osnovi gibanja cene po objavi poslovnih rezultatov (angl. post-earnings announcement drift, v nadaljevanju PEAD). Efekt objave poslovnih rezultatov je v povprečju zaznaven še nekaj časa po sami objavi (nekaj ur ali celo dni), zato je mogoče izkoristiti moment po tej objavi. Nekoliko presenetljivo je dejstvo, da je pojav momenta po objavi poslovnih rezultatov med investitorji splošno znan in preučevan že nekaj desetletij, a ga je še vedno mogoče izkoriščati. Prva sta ta pojav že več kot 50 let nazaj zaznala in natančno opisala Ball in Brown (1968, str. 168–171). Ista avtorja sta 50 let kasneje ponovno prišla do enakega zaključka, saj jima je uspelo rezultate prve raziskave iz leta 1968 uspešno replicirati na novih (sodobnih) podatkih (Ball & Brown, 2019, str. 430).

Chan (2013, str. 158–162) predlaga naslednji pristop za izkoriščanje momenta po objavi poslovnih rezultatov: poiščemo podjetja, ki so objavila svoje poslovne rezultate v času, ko je bila borza zaprta. Pozicijo odpremo takoj ob odprtju borze. V primeru, da je odpiralni tečaj ustrezno večji (manjši) od zaključnega tečaja prejšnjega dne, vstopimo v dolgo (kratko) pozicijo. Če je odpiralni tečaj ustrezno večji oziroma manjši od zaključnega tečaja, se odločamo na podlagi 90-dnevnega gibajočega standardnega odklona donosov med zaključnim in odpiralnim tečajem. S tem dobimo izhodišče za primerjavo, glede na katerega se odločimo, ali je efekt objave poslovnih rezultatov dovolj velik, da lahko predvidevamo, da bo sprožil moment. V obeh primerih pozicijo zapremo na koncu dneva, saj so donosi čez noč (angl. overnight returns) v povprečju negativni – to pomeni, da se moment ob objavi poslovnih rezultatov v povprečju izčrpa v roku enega trgovalnega dne. Ena od prednosti te strategije je, da ni potrebe po tem, da analiziramo poslovne rezultate posameznih podjetij, prav tako niti ne rabimo primerjati objavljenih rezultatov s pričakovanji analitikov. Že sam trg nam s cenovno razliko med zaključnim in odpiralnim tečajem pove, ali so bili poslovni rezultati nekega podjetja nad ali pod pričakovanji. Zanimivo je še dejstvo, da ugotovitev, da so povprečni donosi čez noč negativni, v preteklosti ni držala. V številnih raziskavah, starejših od 15 let, se je izkazalo, da je moment po objavi poslovnih rezultatov trajal več kot en dan. Trajanje tega momenta se je torej v zadnjem času skrajšalo zaradi povečanega poznavanja te strategije in posledično več trgovalcev, ki izkoriščajo ta moment.

Ke in Ramalingegowda (2005, str. 35–36) skladno z ugotovitvami zgoraj navedenih avtorjev ugotavljata, da institucionalni investitorji v praksi pogosto izkoriščajo moment po objavi poslovnih rezultatov. Ocenjujeta, da v povprečju institucionalni investitorji, ki želijo maksimizirati kratkoročni dobiček, pri izkoriščanju tega pojava ustvarijo 5,1 % presežnega donosa (angl. abnormal returns), po že vključenih stroških transakcij. Skladno s prej omenjenimi avtorji prav tako navajata, da nista uspela najti indikatorjev, da bi imeli institucionalni investitorji, ki izkoriščajo ta pojav, kakršnekoli notranje informacije o



poslovnih rezultatih podjetij, preden so le-ti prišli v javnost – torej dajo že javno dostopni podatki dovolj informacij za uspešno izkoriščanje momenta po objavi poslovnih rezultatov.

### 2.2.5 Zaključek o strategijah na osnovi momenta

Čeprav v prejšnjih podpoglavjih opisane večdnevne strategije na osnovi momenta v teoriji delujejo relativno preprosto in zanesljivo ter morda nekateri članki, na primer Antoniou, Lam in Paudyal (2007, str. 956–957) ter Griffin, Ji in Martin (2005, str. 23–24) na prvi pogled ustvarijo vtis, da je moment relativno enostavno izkoriščati, pa Chan (2013, str. 151) ugotavlja, da je v praksi težje ustvariti dobičkonosno strategijo na osnovi momenta kot strategijo na osnovi povratka k povprečju. Poleg tega imajo strategije na osnovi večdnevnega momenta v splošnem precej nižji kazalnik Sharpe kot strategije na osnovi enodnevnega momenta ali strategije povratka k povprečju. Razlog za nižje vrednosti kazalnika Sharpe pri večdnevnih strategijah na osnovi momenta je, da se zanašajo na relativno dolgo obdobje pogleda nazaj in dolga obdobja držanja pozicije, posledično pa je manjše tudi število neodvisnih tržnih signalov. Za strategije z več neodvisnimi tržnimi signali so v splošnem značilne višje vrednosti kazalnika Sharpe, saj omogočajo hitrejšo odzive na spremembe na trgu in posledično boljše razmerje med donosom in tveganjem.

Dodatna težava strategij na osnovi večdnevnega momenta je njihov odziv na obdobja finančnih kriz, saj v obdobjih večjih finančnih kriz in po njih pride do zloma momenta in te strategije še več let po krizi dosegajo zelo slabe rezultate. V teh obdobjih pride tudi do bistvene spremembe v dobičkonosnosti posameznih sredstev v portfelju (Daniel & Moskowitz, 2013, str. 9–13).

Zadnja od nekoliko neugodnih lastnosti strategij na osnovi momenta pa so vse krajša obdobja, ko lahko izkoriščamo moment. V uvodu tega poglavja je bilo navedeno, da je eden izmed razlogov momenta počasno razširjanje in analiza informacij – vendar je v zadnjem času razširjanje informacij vse hitrejšo. Poleg tega je večje tudi splošno poznavanje strategij na osnovi momenta med trgovalci, zato je konkurenca vse večja. Posledično je tudi reakcija na nove informacije hitrejša, moment se hitreje izčrpa in obdobja, ko je mogoče izkoriščati moment, so vse krajša (Chan, 2013, str. 154).

Imajo pa strategije na osnovi momenta (tako enodnevnih kot večdnevnih) tudi precej dobrih lastnosti. Griffin, Ji in Martin (2005, str. 37–38) kot eno izmed glavnih prednosti strategij na osnovi momenta navajajo diverzifikacijo – ker lahko moment izkoriščamo na številnih trgih, je diverzifikacija precej enostavna. Poleg tega je tudi korelacija med strategijami na osnovi momenta med trgi različnih držav (na primer korelacija med ameriškim trgom in drugimi trgi) precej manjša, kot na primer pri delniških indeksih, kar še razširja možnosti diverzifikacije. Še ena prednost je, da je moment precej pogost pojav, saj ga lahko sprožijo številni dogodki, prisoten je tako v fazi rasti kot krčenja gospodarstva, zato je vedno na voljo dovolj sredstev za njegovo izkoriščanje. Zaključujejo, da so strategije na osnovi momenta zaradi vseh svojih prednosti nedvomno zanimive za aktivne upravljalce portfeljev.

Moment je zaradi vse večje dostopnosti informacij na visoko učinkovitih trgih tako vse težje izkoriščati. Vendar pa to ne velja za visokofrekvenčno trgovanje, kjer je moment ena izmed bistvenih značilnosti, ki jo izkoriščajo visokofrekvenčni algoritmi (glej poglavje 2.3.2).

### 2.3 Visokofrekvenčne strategije

HFT je eden izmed načinov AT, ima pa nekaj pomembnih dodatnih lastnosti, po katerih se razlikuje od ostalih tehnik AT. Glavna razlika je, da je HFT bistveno hitrejša od ostalih načinov AT. Časi izvedbe naročil se merijo v mikrosekundah, prav tako je za HFT značilno tudi veliko število novih naročil in njihovih preklicev, ko se pojavijo nove informacije. Časi držanja pozicij (angl. holding periods) so večinoma bistveno krajši od enega dne, poleg tega si trgovalci prizadevajo, da trgovalni dan zaključijo brez odprtih pozicij (angl. flat). Dobički pri HFT so izjemno časovno občutljivi in v veliki meri odvisni od latence pri trgovanju (Orcun, 2016, str. 1–2).

Podjetja, ki se ukvarjajo s HFT, zato veliko vlagajo v čim hitrejša povezava z borzami in pogosto plačujejo visoke najemnine za prostore za visokozmogljive strežnike, ki so fizično čim bližje borzam, da bi tako čim bolj zmanjšali latenco pri trgovanju. Za doseganje dobička se morajo namreč na zaznane priložnosti odzvati hitreje kot njihova konkurenca, saj priložnosti za dobičkonosne transakcije trajajo le toliko časa, dokler jih ne izkoristi kdo od konkurentov. Transakcije na tem področju so lahko izvedene v nekaj mikrosekundah, kar je stotisočkrat hitreje kot pomežik očesa (ki traja med 100 in 400 milisekund) – to v praksi pomeni, da le nekaj dodatnih mikrosekund latence za trgovalca pomeni razliko med dobičkonosno in nedobičkonosno transakcijo. HFT se zaradi potrebe po čim manjši latenci in čim hitrejši izvedbi naročil osredotoča le na sredstva, ki so visoko likvidna in enostavna za trgovanje, na primer prvorazredne delnice (angl. blue-chip stocks), izogibajo pa se na primer izvedenim finančnim instrumentom (angl. derivatives) in obveznicam, saj le-ti niso dovolj likvidni, da bi dopuščali dovolj kratek čas izvedbe naročil (Orcun, 2016, str. 1–2).

Narang (2013, str. 240) ugotavlja, da je dobiček na opravljeno transakcijo pri HFT zelo majhen – v povprečju se na ameriškem trgu giba okrog 0,001 USD. Nekateri drugi avtorji navajajo še manjše dobičke na transakcijo. Philips (2013) za leto 2009 prav tako navaja dobičke okrog 0,001 USD na transakcijo, vendar pa naj bi dobički do leta 2012 močno upadli in leta 2012 v povprečju znašali le še 0,0005 USD. Zato je za ustvarjanje zadostnega dobička potrebno ogromno število izvedenih transakcij. To je tudi glavni razlog, zakaj je delež transakcij HFT podjetij pri trgovanju z lastniškim kapitalom tako velik. Vendar pa dobička na transakcijo vsekakor ne smemo enačiti z dobičkom HFT podjetja. Dobiček na transakcijo predstavlja le prihodke podjetja, temu pa moramo odšteti še relativno visoke stroške same tehnologije, regulative in investicij v človeški kapital, ki so nujni za zagotavljanje konkurenčnosti podjetja na trgu (Philips, 2013).

HFT se je začelo v Združenih državah Amerike (v nadaljevanju ZDA) v praksi pojavljati po letu 2000, v Evropi pa po letu 2005. Nato je sledilo obdobje izjemno hitre rasti, saj je HFT

leta 2010 v ZDA predstavljalo več kot 60 %, v Evropi pa 40 % trgovanja z lastniškim kapitalom (angl. equity) in standardiziranimi terminskimi pogodbami ter 40 % svetovnega trgovanja z valutami. V zadnjem času se je ta odstotek sicer nekoliko zmanjšal, saj HFT predstavlja v ZDA 50 %, v Evropi pa 35 % celotnega trga lastniških vrednostnih papirjev. Glavni razlogi za zmanjšanje obsega HFT so predvsem hitro naraščajoči stroški računalniške infrastrukture zaradi naraščajočih potreb po zmogljivosti za doseganje čim manjših latenc, močno povečane konkurence z vse boljšo infrastrukturo za trgovanje, razvoju same panoge in posledični nedobičkonosnosti nekaterih preprostejših (v preteklosti dobičkonosnih) strategij ter vse več dodatnih regulativnih omejitvah. Poleg tega so se v zadnjem času bistveno znižali tudi prihodki podjetij, ki se ukvarjajo s HFT (Orcun, 2016, str. 2).

Hiter izračun nam pove, da bi podjetje, ki bi obvladovalo 2 % celotnega ameriškega trga z lastniškim kapitalom (kar je povprečno okrog 200 milijonov transakcij na dan<sup>4</sup>) ustvarilo 100.000 USD prihodkov na dan<sup>5</sup>, kar bi na letni ravni skupno zneslo 25 milijonov USD prihodkov. Relativno gledano ta številka niti ni tako visoka, upoštevajoč dejstvo, da bi šlo v tem primeru po obsegu trgovanja za eno izmed večjih HFT podjetij na trgu, saj bi bil tržni delež tega podjetja 4 % celotnega HFT trga z lastniškimi vrednostnimi papirji<sup>6</sup>. Ta rezultat tudi relativno gledano glede na prihodke podjetij v drugih panogah ali ostalimi investicijskimi podjetji vsekakor ni izstopajoč. Pri tem pa je potrebno poudariti še, da so dobički HFT podjetij mnogo manjši od njihovih prihodkov, saj so njihovi stroški v primerjavi z drugimi investicijskimi podjetji relativno visoki (Narang, 2013, str. 237).

### 2.3.1 Visokohitrostno trgovanje

Kot je bilo opisano že v uvodu tega poglavja, je za dobičkonosnost transakcij pri HFT, še bolj kot pri ostalih načinih trgovanja, bistvena hitrost. Zagotavljanje visoke hitrosti naročil pa predstavlja svojevrsten izziv, tako iz vidika izvedbe samih transakcij kot tudi iz tehnološkega vidika. Zato se je za podporo HFT razvilo področje visokohitrostnega trgovanja (angl. high-speed trading). Področje visokohitrostnega trgovanja se ukvarja z mehanizmi za zagotavljanje čim manjše latence, čim hitrejšega dostopa do borz in čim krajšega časa izvedbe naročil. Potrebno je poudariti, da visokofrekvenčno in visokohitrostno trgovanje nista sopomenki – obstoj rešitev s področja visokohitrostnega trgovanja (zagotavljanje hitre izvedbe naročil) je nujni predpogoj za obstoj HFT. Osnova za razumevanje potrebe po hitrosti je poznavanje različnih tipov naročil in njihovih specifik.

Aldridge (2013, str. 43) navaja delitev naročil na agresivna (angl. aggressive orders) in pasivna (angl. passive orders) naročila. Podobno delitev navaja tudi Narang (2013, str. 245–

---

<sup>4</sup> Glede na podatke za julij 2020 se je v ZDA povprečno izvedlo približno 10 milijard transakcij z lastniškimi vrednostnimi papirji na dan (angl. U.S. equities total market volume) (Cboe Exchange, Inc., brez datuma).

<sup>5</sup> Ob upoštevanju predpostavke, da je dobiček na transakcijo 0,0005 USD.

<sup>6</sup> Ob upoštevanju predpostavke, da HFT v ZDA predstavlja 50 % celotnega trga lastniških vrednostnih papirjev.

246). Agresivnost oziroma pasivnost naročila se nanaša na oddaljenost cene naročila od trenutno prevladujoče cene na trgu.

**Pasivna naročila** so naročila, oddana po ceni, ki je relativno daleč od trenutne tržne cene, zato se ne morejo izvesti takoj ob oddaji. Primer takega naročila je **cenovno omejeno naročilo** (angl. limit order) za nakup (prodajo) neke količine delnic nekega podjetja, ki je nekaj odstotkov nižja (višja) kot trenutna tržna cena, zato izvedba naročila ni mogoča v trenutku oddaje. Cenovno omejena naročila imajo definirano količino in ceno, pri kateri se lahko naročilo izvede. Ta naročila se zbirajo v knjigi cenovno omejenih naročil (angl. limit order book) in čakajo na primeren čas za njihovo izvedbo – na trenutek, ko bo tržna cena enaka ceni, ki je bila definirana pri oddaji samega naročila (Aldridge, 2013, str. 43–44).

Pomembno je tudi razvrščanje naročil v knjigi cenovno omejenih naročil, saj vpliva na vrstni red njihove izvedbe, ko se pojavi povpraševanje. Prvi atribut, po katerem se naročila razvrščajo, je cena, v primeru večih naročil z isto ceno pa se dodatno sortirajo še po drugih atributih, na primer po času vpisa v knjigo cenovno omejenih naročil ali po velikosti naročila. Pri razvrščanju po dodatnih atributih obstajajo določene razlike glede na finančni instrument in pravila posameznih borz (Narang, 2013, str. 244).

**Agresivna naročila** so naročila, oddana po ceni, ki je relativno blizu trenutne tržne cene, zato se lahko izvedejo relativno hitro. **Tržna naročila** (angl. market order) so primer agresivnih naročil, ki se lahko izvedejo takoj – ta naročila premostijo razliko med nakupno in prodajno kotacijo (angl. bid-ask spread), da se lahko takoj ujamejo z naročilom na nasprotni strani knjige naročil in izvedejo. Pri tržnih naročilih je tako definirana le količina zelenih enot za nakup ali prodajo, ne pa tudi njihova cena. Njihova takojšnja izvedba je skoraj garantirana, vendar pa so večji tudi stroški, saj mora trgovelec premostiti razliko med nakupno in prodajno kotacijo. Poleg tega je z njimi povezana tudi določena mera negotovosti, saj cena, po kateri se bo izvedla transakcija, ni natančno določena. Cena se lahko v času od oddaje naročila do njegove izvedbe že spremeni – bodisi v trgovalčevo škodo ali korist. Čeprav so **cenovno omejena naročila** že omenjena pri pasivnih naročilih, pa jih, če so oddana po ceni, ki v trenutku oddaje naročila premosti razliko med nakupno in prodajno kotacijo, prištevamo med agresivna naročila. Z vidika cene so ta naročila povezana z večjo mero gotovosti, saj se bo, če do izvedbe pride, to naročilo izvedlo po definirani ali celo ugodnejši ceni. Z vidika izvedbe pa so povezana z večjo mero negotovosti, saj lahko med oddajo naročila in trenutkom izvedbe pride do spremembe cene na trgu v trgovalčevo škodo in se to naročilo sploh ne izvede (Aldridge, 2013, str. 43–44).

Na tej točki je potrebna tudi razlaga glede likvidnosti in velikosti knjige naročil. Nivo likvidnosti nekateri avtorji, na primer Menkveld (2013, str. 6), enačijo s številom naročil v knjigi naročil (angl. order book). Posledično se pasivna naročila včasih napačno povezujejo z zagotavljanjem (povečevanjem) likvidnosti, saj dodajajo nova naročila v knjigo naročil, agresivna naročila pa z zmanjševanjem likvidnosti, saj odvezemajo naročila iz nje. Vendar, kot se je izkazalo že pri nekaj hipnih zlomih trga, to v praksi, predvsem v stresnih situacijah,

nikakor ne drži. U.S. Securities and Exchange Commission (v nadaljevanju SEC) in U.S. Commodity Futures Trading Commission (v nadaljevanju CFTC) ugotavljajo, da je pri hipnem zlomu leta 2010 (glej poglavje 3.2.1) prišlo do situacije, ko je bilo skupno število naročil veliko, vendar je bilo razmerje med ponudbo in povpraševanjem močno porušeno (SEC in CFTC, 2010, str. 6–7). Z ugotovitvami SEC in CFTC (2010) se v svoji raziskavi strinjajo tudi Easley, Lopez de Prado in O'Hara (2011, str. 127). Rezultat te situacije je bila izredno nizka likvidnost (kljub velikemu skupnemu številu naročil), le-ta pa je bila eden izmed dejavnikov, ki so vodili v tržni zlom leta 2010. V takih situacijah lahko agresivna naročila, če so oddana na tisti strani nesorazmerja, kjer primanjkuje naročil, močno pripomorejo k povečanju likvidnosti (čeprav dejansko zmanjšajo število naročil v knjigi naročil) in pomiku cene nazaj na ravnovesni nivo. Skladno z ugotovitvami SEC in CFTC (2010) ter Easley, Lopez de Prado in O'Hara (2011) tudi Narang (2013, str. 247) likvidnost definira kot »takojšnjo dostopnost enot za izvedbo transakcije po pošteni ceni v vsakem trenutku«. Poleg tega tudi Benos in Sagade (2016, str. 22) na primeru britanskega kapitalskega trga ugotavljata, da agresivna naročila v povprečju pozitivno vplivajo na proces oblikovanja cene, kar pomaga pri vzpostavljanju in vzdrževanju ravnotežja na trgu (glej poglavje 4.2).

V naslednjih podpoglavjih je za vsakega izmed zgornjih tipov naročil podrobneje opisano, zakaj v želji po čim bolj dobičkonosnih transakcijah pride pri HFT do potrebe po čim hitrejšem sistemu za dodajanje naročil.

### *2.3.1.1 Potreba po hitrosti pri pasivnih naročilih*

Pri pasivnih naročilih lahko vrstni red le-teh v knjigi naročil bistveno vpliva na dobičkonosnost same transakcije. Iz želje vsakega trgovalca po čim boljši poziciji njegovega naročila v seznamu časovno omejenih naročil, ki je predpogoj za uspešno izvedbo transakcije, izvira potreba po hitrosti pri pasivnih naročilih.

Če predpostavimo, da v knjigo naročil dodamo novo pasivno naročilo za nakup (angl. bid) 1.000 delnic nekega podjetja po ceni 100,00 USD in nam uspe doseči prvo pozicijo v seznamu naročil, za nami pa so v knjigi naročil še ostala pasivna naročila za nakup delnic tega podjetja po ceni 100,00 USD in druge ponudbe za nakup, ki imajo nižje cene. Nato se pojavi agresivno naročilo za prodajo 1.000 delnic tega podjetja, ki izpolni naše naročilo nakupa 1.000 delnic. Ker so po našem naročilu v knjigi naročil še ostala naročila po ceni 100,00 USD, smo (gledano v izredno kratkem časovnem intervalu) dosegli dobro ceno za nakup delnic, saj se takoj po izvedbi naše transakcije najboljša ponudba za to delnico (angl. best bid) ne spremeni. Če bi predpostavili podoben scenarij kot v prejšnjem primeru, z edino razliko, da je naše naročilo za nakup 1.000 delnic zadnje na seznamu med naročili po ceni 100,00 USD, za našim naročilom pa so ostale ponudbe za nakup, ki imajo nižje cene. Naše naročilo se na neki točki izvede, najvišja ponudba (angl. best bid) pa takoj po našem naročilu pade, recimo na ceno 99,99 USD. Naše naročilo se je sicer tehnično gledano izvedlo po ceni

najvišje ponudbe, vendar je cena delnice takoj za tem padla, naš nakup pa ni bil opravljen po najboljši možni ceni (Narang, 2013, str. 248–250).

Narang (2013, str. 249) navaja, da je v povprečju razlika v dobičkonosnosti transakcije med prvim in zadnjim naročilom po isti ceni kar 0,017 USD na delnico, kar je pri HFT zaradi velikega števila transakcij in majhnega dobička na transakcijo bistvena razlika. Ker se v knjigi naročil naročila z isto ceno najpogosteje razvrščajo po času vnosa, v tem primeru pride do potrebe po dodajanju novih naročil s čim manjšo latenco, saj je od hitrosti dodajanja močno odvisna pozicija naročila in dobičkonosnost transakcije. V splošnem velja, da večji, kot je trgovelec in krajši, kot je čas držanja pozicij, večja je njegova potreba po hitrosti oziroma več lahko pridobi z investicijo v povečanje hitrosti vnosa naročil.

Aldridge (2013, str. 41) ugotavlja, da večina borz za izvedbo cenovno omejenih naročil uporablja metodo »prvi noter, prvi ven« (angl. first-in-first-out, v nadaljevanju FIFO), kjer je hitrost izvedbe naročil, zaradi razlogov navedenih zgoraj, še posebej pomembna. Nekateri avtorji, na primer Jain (2005, str. 2982–2983) ter Pagano in Röell (1996, str. 597–598) ugotavljajo, da ima transparentno elektronsko trgovanje v kombinaciji z metodo FIFO številne pozitivne vplive na trgovanje – zmanjšuje asimetrijo informacij, ker imajo vsi trgovci dostop do podatkov o knjigi cenovno omejenih naročil; povečuje likvidnost, saj spodbuja trgovce, da dodajajo nova naročila in ponuja enotna pravila ter učinkovit sistem za hitro in pravično ujemanje naročil.

Hitrost je bistvenega pomena tudi pri preklicu pasivnih naročil. Če pride do večjih nihanj v ceni, na primer do hitre rasti cene delnice (angl. rally), želimo naše naročilo prodaje karseda hitro preklicati in ga nadomestiti z naročilom po višji ceni. V primeru, da ima naš preklic visoko latenco in prispe prepočasi, pa obstaja velika verjetnost, da je v trenutku, ko preklic prispe na borzo, naše naročilo že izvedeno in delnico prodamo pod ceno, ki se nekaj trenutkov kasneje vzpostavi na trgu. Čeprav gre absolutno gledano pri enem naročilu za majhno razliko, pa je razlika precej bolj opazna na dolgi rok pri večjem številu naročil in ima lahko bistven vpliv na skupno dobičkonosnost transakcij (Narang, 2013, str. 252).

### *2.3.1.2 Potreba po hitrosti pri agresivnih naročilih*

Aldridge (2013, str. 44) ugotavlja, da je pri cenovno omejenih agresivnih naročilih (angl. limit orders) hitrost pomembna predvsem zaradi tveganja, da ne pride do izvedbe naročila. Mejna cena, po kateri se lahko izvede cenovno omejeno naročilo, je namreč določena v trenutku, ko pride do oddaje naročila. Tudi če je cena ob oddaji premostila razliko med nakupno in prodajno kotacijo, pa se lahko do trenutka, ko je naročilo pripravljeno za izvedbo, spremeni, do njegove izvedbe ne pride, naročilo pa se doda v knjigo cenovno omejenih naročil. To je problematično predvsem v situacijah, ko pride do bolj dolgoročnih nihanj cene ali pa v situacijah, ko želimo zmanjšati tveganje in zapreti pozicijo.

Narang (2013, str. 251) navaja primer pomena hitrosti pri agresivnih naročilih. Če želita dva trgovalca kupiti vsak 1.000 delnic nekega podjetja po mejni ceni 100,00 USD (ki je v tistem trenutku najboljša ponudba), za nakup pa je na voljo le 1.000 delnic tega podjetja po ceni 100,00 USD, se lahko takoj izvede le prvo izmed teh dveh naročil – prvo naročilo je tisto, ki prispe prej. Z drugim naročilom pa se lahko zgodijo trije scenariji: lahko se izvede po višji ceni, če ga trgovelec prekliče in zamenja z naročilom z višjo mejno ceno; lahko se vpiše v knjigo naročil in čaka na potencialno izvedbo; lahko se sploh ne izvede. V vsakem primeru je končni rezultat za drugega trgovalca slabši in njegov dobiček manjši, kot če bi se njegovo naročilo izvedlo pred konkurenčnim naročilom.

Aldridge (2013, str. 43) poudarja tudi pomembnost hitrosti pri tržnih naročilih (angl. market orders). Pri tržnih naročilih je izvedba praktično takojšnja in zagotovljena, vendar pa je povezana z veliko mero potencialne cenovne spremenljivosti. Večji, kot je čas med oddajo in izvedbo naročila, večja je verjetnost, da zaradi naročil ostalih trgovalcev, ki se izvedejo v tem času, cena »zdrsne« (angl. slip) za trgovalca v neugodno smer. Posledica tega pa je izvedba naročila po manj ugodni ceni, kot jo je trgovelec pričakoval v trenutku, ko je oddal naročilo. Do takih situacij še posebej pogosto pride, ko v javnost pridejo nove informacije ali novice in število veliko trgovalcev ter njihovih algoritmov analizira vpliv novic na ceno in istočasno oddaja veliko število naročil v isti smeri.

Če izvedemo malo naročil in v povprečju dolgo držimo pozicije, potem so opisane razlike zanemarljive. Precej bolj pa pridejo do izraza, ko se poveča količina naročil in skrajša čas držanja pozicij, saj bistveno vplivajo na dobičkonosnost transakcij (Narang, 2013, str. 252).

### *2.3.1.3 Razlogi za pojav latence*

Latenca je pojav, ki se mu želimo pri HFT karseda izogniti, saj ima ogromen vpliv na HFT in v veliki meri ločuje uspešne trgovalce od neuspešnih. Do latence pride zaradi kombinacije mnogih vzrokov, za njeno zmanjševanje pa je potrebno rešiti številne tehnične izzive. V tem poglavju je opisanih nekaj glavnih izzivov, ki se pojavljajo na področju HFT in pristopov, ki se uporabljajo za njihovo reševanje.

Prvi razlog za latenco je čas, ki ga potrebuje informacija, da pripotuje od trgovalčevega računalniškega sistema do borze. Prva omejitev je povsem fizikalne narave. Trenutno najvišja hitrost potovanja signala po optičnem kablu je za slabo tretjino nižja od svetlobne in znaša približno 200.000 km/s, kar v praksi pomeni slabih 50 ms zakasnitve med San Franciscu in New Yorkom že zaradi potovanja signala po optičnem kablu. Temu času moramo dodati še nekaj milisekund za procesiranje informacije in potovanje signala nazaj do borze. Čas od pojava nove informacije do trenutka, ko naročilo prispe na borzo, je za trgovalca v San Franciscu, ki želi trgovati z borzo v New Yorku tako v najboljšem primeru okrog 100 ms. Za potrebe HFT je 100 ms bistveno preveč, trgovalci s tako latenco pa so že vnaprej obsojeni na propad, saj se v najboljšem primeru na nove informacije odzovejo nekajkrat počasneje kot njihovi najhitrejši konkurenti. Da bi se latenci zaradi časa širjenja

signala po kablu čim bolj izognili, podjetja, ki se ukvarjajo s HFT, zahajajo v nasprotno skrajnosti. Plačujejo ogromne najemnine za kolokacijo, da so njihovi strežniki čim bližje borzam, da s tem čim bolj zmanjšajo latenco. Večji hedge skladi ocenjujejo, da vsaka dodatna milisekunda latence v primerjavi s konkurenco na letni ravni stane kar 100 milijonov USD oportunitetne izgube zaradi manjšega dobička, zato je vsekakor vredno investirati v kolokacijo strežnikov in v najem čim hitrejših optičnih povezav za zmanjšanje latence (Huš, 2012, str. 62–64).

Zaradi fizikalnih omejitev, ki jih ima potovanje signala po optičnih vlaknih<sup>7</sup> se v zadnjem času precej vloga v še hitrejših sisteme prenosa podatkov. V času pisanja tega magistrskega dela se precej vloga v rešitve, ki za prenos signala uporabljajo mikrovalovno valovanje med dvema oddajnikoma. Te rešitve lahko imajo potencial, da še za nekaj dodatnih odstotkov znižajo zakasnitve, saj se mikrovalovi po zraku širijo hitreje, kot se signal širi po optičnem vlaknu. Vseeno pa imajo te rešitve trenutno še nekaj tehničnih težav, saj so bolj podvržene vremenskim vplivom in ostalim motnjam, kar zmanjšuje njihovo zanesljivost in splošno uporabnost v primerjavi z optičnim kablom (Bloomberg Businessweek, 2019).

Izgradnja knjige naročil pri trgovalcih je še eden izmed pojavov, ki pripomore k povečanju skupne latence. Podatki, ki jih borze posredujejo trgovalcem namreč v večini primerov niso v obliki knjige naročil, temveč jih borze trgovalcem posredujejo v obliki sporočil (sporočil, ki vsebujejo podatke o novih, spremenjenih in preklicanih naročilih ter izvedenih transakcijah). Nato mora za razumevanje dogajanja na borzi iz teh sporočil vsak trgovelec ustvariti svojo knjigo naročil, kar je relativno kompleksno opravilo. Količina prejetih informacij je ogromna, algoritem pa mora brez izjem in izpadlih naročil po vrsti v realnem času obdelati vsa naročila, da je trgovačeva knjiga naročil v vsakem trenutku identična knjigi naročil na borzi, saj lahko le tako dobi realno sliko o trenutnem dogajanju in sprejema pravilne odločitve. Tudi pri generiranju knjige naročil se za zmanjšanje latence pojavi nekaj svojevrstnih izzivov, saj morajo trgovalci v večini primerov sprejeti kompromis med hitrostjo in natančnostjo algoritma. Cilj je, da pri tem procesu čim bolj zmanjšajo latenco, hkrati pa še vedno dobijo zadovoljivo natančne izračune (Narang, 2013, str. 254–257).

Naslednji izvor latence je čas, ki je potreben za agregacijo podatkov iz različnih borz, saj se z številnimi finančnimi sredstvi trguje na več trgovalnih mestih. Informacije iz večih trgovalnih mest je treba zbrati v skupni bazi podatkov in obdelati. Eden od zelo pomembnih podatkov za trgovalce, ki bistveno vplivajo na dobičkonosnost transakcije, je likvidnost posameznih borz v nekem trenutku za neko finančno sredstvo. Že sama obdelava vzame nekaj časa, temu pa moramo prišteti še čas, ki ga potrebujemo, da pridobimo informacije iz različnih trgovalnih mest. Tudi ta vidik povečuje potrebo po visokozmogljivih računalniških sistemih in povečuje stroške, povezane s HFT (Aldridge, 2013, str. 249).

---

<sup>7</sup> Lomni količnik optičnih vlaken je približno 1,5, kar zmanjšuje maksimalno hitrost potovanja signala (svetlobe) po optičnem kablu in povečuje zakasnitve.



Še ena težava, ki pripomore k latenci in je precej specifična za HFT, so eksplozije podatkov (angl. data burst). Pri večini ostalih primerov neenakomernega prometa, na primer pri številu medsebojno neodvisnih telefonskih klicev pri enem operaterju, se klici, če gledamo dovolj kratke intervale (recimo minute ali sekunde), znotraj teh intervalov razvrščajo relativno enakomerno po Poissonovi distribuciji, zato je razmeroma enostavno predvideti, kakšna je maksimalna potrebna zmogljivost sistema. Pri HFT pa dogodki med seboj niso neodvisni, ampak lahko en dogodek (recimo preklic naročila) sproži množico odzivov drugih trgovalcev, ti odzivi pa nadaljnje odzive – le en dogodek sproži pozitivno povratno zanko, posledično pa so sporočila tekom trgovalnega dne zelo neenakomerno porazdeljena (tudi znotraj izredno kratkih časovnih intervalov). To pomeni, da nam povprečno število sporočil v eni sekundi pove zelo malo o razporeditvi sporočil v 1 ms dolgih intervalih znotraj te sekunde. V nekaj milisekundnih intervalih znotraj te sekunde lahko namreč pride do bistvenih zgostitev števila sporočil. To predstavlja dodaten problem, saj mora biti trgovalčev računalniški sistem sposoben v določenih trenutkih obdelati ogromne količine podatkov praktično brez zakasnitve. Nekoliko neekonomično bi bilo ogromno investirati v zmanjšanje latence pri potovanju signala za nekaj milisekund, hkrati pa imeti računalniški sistem, ki doda več milisekund latence zaradi obdelave sporočil, ko pride do večjih zgostitev števila sporočil. Ta pojav še dodatno povečuje kompleksnost ter stroške pri visokohitrostnem trgovanju in ločuje bolj uspešne trgovalce od manj uspešnih (Narang, 2013, str. 259–261).

#### *2.3.1.4 Zaključek o visokohitrostnem trgovanju*

HFT večino svojega dobička ustvarja na zelo majhnih razlikah v ceni finančnih sredstev. Posledično so zaslužki na transakcijo majhni, zato morajo za ustvarjanje želenega zaslužka izvesti ogromno število transakcij. Ker se razmere na trgu izredno hitro spreminjajo, se morajo trgovalci nanje tudi izredno hitro odzvati (hitreje kot njihova konkurenca), da lahko z dobičkom zaključijo neko transakcijo preden priložnost na trgu izgine (oziroma priložnost pred njimi izkoristijo drugi in se cena povrne nazaj k ravnovesni ceni). Pri zagotavljanju hitrega odziva na spremembe na trgu in omogočanju trgovanja v želenem obsegu pa so ključne rešitve iz področja visokohitrostnega trgovanja. Ker je HFT odvisno od možnosti izredno hitre izvedbe transakcij, se področje visokohitrostnega trgovanja ukvarja predvsem z zmanjševanjem latence. Do pojava latence pride zaradi številnih vzrokov, njeno zmanjševanje pa je precej kompleksen tehnični izziv. Zaradi interesa podjetij, ki se ukvarjajo z HFT in velikih investicij v rešitve s področja visokohitrostnega trgovanja je v zadnjih dveh desetletjih prišlo do ogromnega napredka na tem področju.

Področje visokohitrostnega trgovanja se absolutno gledano ukvarja z zelo majhnimi izboljšavami. Vendar pa je skrajšanje latence za milisekundo ali dve, gledano z vidika HFT, ogromen napredek – te izboljšave v praksi nikakor niso minimalne, saj so podjetja, ki se ukvarjajo z HFT, pripravljena ogromno investirati v zmanjšanje latence za nekaj dodatnih odstotkov. Če je obseg trgovanja majhen in časi držanja pozicij dolgi, potem ni smiselno investirati v rešitve s področja visokohitrostnega trgovanja, saj bo strošek investicije

bistveno večji od minimalnega dodatnega dobička na transakcijo, ki ga lahko dosežemo s temi rešitvami. Če pa je obseg trgovanja velik, časi držanja pozicij pa kratki, pa se dodatni dobički zaradi krajših latenc in posledično hitrejših odzivov pri trgovanju seštejejo. Rešitve s tega področja, ki so hitrejše od konkurentov, zagotavljajo pomembno konkurenčno prednost, ki je bistvena za ustvarjanje dobička pri HFT.

### 2.3.2 Visokofrekvenčno trgovanje

Infrastruktura, ki omogoča visokohitrostno trgovanje, opisana v prejšnjem poglavju se večinoma uporablja za potrebe HFT. Obstaja več delitev strategij HFT, Narang (2013, str. 265) jih deli v 4 kategorije: strategije pogodbenega ustvarjanja trga (angl. contractual market making), strategije nepogodbenega ustvarjanja trga (angl. noncontractual market making), arbitražne strategije (angl. arbitrage) in strategije hitre alfe (angl. fast alpha). Čeprav obstaja nekaj razlik pri poimenovanju med različnimi avtorji, podobno delitev opisuje tudi McGowan (2010, str. 11). Strategije deli na strategije avtomatiziranega ustvarjanja trga<sup>8</sup> (angl. automated market making), strategije na osnovi povračila za zagotavljanje likvidnosti<sup>9</sup> (angl. liquidity rebate trading) in strategije na osnovi nizko-latenčne arbitraže<sup>10</sup> (angl. low latency arbitrage). Edina bistvena razlika je, da McGowan (2010) ne omenja strategij hitre alfe. Podobno delitev kot zgoraj omenjena avtorja navaja tudi Aldridge (2013, str. 16).

V tem poglavju so podpoglavja sicer poimenovana skladno s kategorijami, ki jih opisuje Narang (2013, str. 265), vendar so v posameznih podpoglavjih navedene tudi ugotovitve drugih avtorjev, ki jih opisujejo pri primerljivih kategorijah.

#### 2.3.2.1 *Strategije pogodbenega ustvarjanja trga*

Strategije pogodbenega ustvarjanja trga (angl. contractual market making) so tip HFT, ki je najbližje tradicionalnemu (ne-visokofrekvenčnemu) pristopu. Slabih 40 let nazaj so bili trgovalni pristopi, opisani v tem podpoglavju, povsem v domeni ljudi. Danes pa HFT algoritmi, ki temeljijo na strategijah pogodbenega ustvarjanja trga, predstavljajo alternativo človeškemu trgovalcu in jih tudi skoraj v celoti nadomeščajo – algoritmi so namreč precej natančnejši, bistveno cenejši in zanesljivejši kot ljudje (Aldridge, 2013, str. 17–18, 165).

Za razumevanje strategij pogodbenega ustvarjanja trga je treba najprej razumeti koncept ustvarjanja trga (angl. market making). Verjetnost, da se bosta v nekem trenutku popolnoma ujela ponudba in povpraševanje, torej da bosta v istem trenutku obstajala 2 trgovalca, ki bosta želela izvesti ravno nasprotno transakcijo po popolnoma enaki ceni, je zelo majhna. Za likvidna sredstva je sicer precej verjetno, da bodo obstajale posamezne nasprotno transakcije, ki se po velikosti ne bodo popolnoma ujemale. Na primer, da želi prvi trgovalec

---

<sup>8</sup> Zajema praktično iste pristope kot strategije pogodbenega ustvarjanja trga, ki jih opisuje Narang (2013).

<sup>9</sup> Zajema praktično iste pristope kot strategije nepogodbenega ustvarjanja trga, ki jih opisuje Narang (2013).

<sup>10</sup> Zajema praktično iste pristope kot arbitražne strategije, ki jih opisuje Narang (2013).

kupiti 1.000 delnic nekega podjetja po ceni 100,00 USD, drugi trgovelec pa prodati 2.500 delnic tega istega podjetja po ceni 100,00 USD. Naročilo prvega trgovalca je lahko izpolnjeno v celoti, naročilo drugega trgovalca pa se lahko izvede le delno. Za preostanek naročila drugega trgovalca (prodaja preostalih 1.500 delnic) pa obstajata 2 možnosti – naročilo lahko neizpolnjeno čaka na trenutek, ko bo na trgu povpraševanje za nakup dodatnih 1.500 delnic (kar gre večinoma na škodo trgovalca) ali pa lahko to naročilo izpolni posrednik, ki je pripravljen kupiti 1.500 delnic drugega trgovalca in s tem prevzeti tudi tveganje. Ustvarjalci trga se ukvarjajo prav s takim posredovanjem – zagotavljajo likvidnost tistim, ki jo v nekem trenutku potrebujejo. Pogodbeni ustvarjalci trga (angl. contractual market makers, v nadaljevanju CMM) so v pravnih razmerjih z več borzno posredniškimi podjetji, katerih stranke želijo trgovati. Borzno posredniška podjetja nato posredujejo naročila svojih strank CMM, ki dejansko izvedejo naročila. Dogovor za posredovanje naročil iz borzno posredniškega podjetja k CMM v večini primerov temelji na dveh pogojih. CMM mora za posredovana naročila plačati provizijo borzno posredniškemu podjetju, hkrati pa CMM zagotavlja, da bo izvedel 100 % prejetih naročil (Narang, 2013, str. 265–266).

CMM morajo biti pri trgovanju kar se da hitri. Sicer ne rabijo tekmovati z njihovimi konkurenti za čim boljšo pozicijo v vrsti za izvedbo samih naročil, morajo pa reševati drugačne izzive. Imeti morajo zelo ažurno sliko o dogajanju in trenutnih cenah na trgu, da izpolnijo vsa naročila po pravih cenah – pri tem bi jim že minimalno povečanje zakasnitve lahko prineslo velike izgube. CMM morajo ves čas skrbeti, da izvajajo naročila blizu trenutne tržne cene in s tem ostajajo pri »vrhu« knjige naročil, saj lahko le tako z dovolj visoko verjetnostjo v povprečju z dobičkom zapirajo transakcije. V primeru, da se trg začne premikati v njim neugodno smer, morajo izredno hitro preklicati obstoječa naročila in dodati nova naročila po trenutnih tržnih cenah (Aldridge, 2013, str. 32).

Pri manjših naročilih pogodbeni ustvarjalci trga avtomatizirano izpolnijo vsa naročila (angl. autofill) po najboljši ceni na trgu in vstopijo v nasprotno pozicijo kot trgovalci, ki opravijo transakcijo. V primeru večjih naročil pa pride do zanimive dinamike – v teh primerih pogodbeni ustvarjalci trga lahko prevzamejo tudi vlogo agenta in ne vstopijo v nasprotno pozicijo za celotno naročilo. Če predpostavimo, da želi trgovelec kupiti 10.000 delnic nekega podjetja, na trgu pa je trenutno na voljo 4.000 delnic tega podjetja po ceni 100,01 USD, 4.000 delnic po ceni 100,02 USD in 4.000 delnic po ceni 100,03 USD. CMM je v tem primeru v veliki prednosti, saj lahko že vnaprej vidi, da bo to naročilo kratkoročno dvignilo ceno najboljše ponudbe na trgu za 2 centa na 100,03 USD. Naročilo lahko CMM izpolni na naslednji način – posreduje pri nakupu vseh 4.000 delnic po ceni 100,01 USD, vseh 4.000 delnic po ceni 100,02 USD in 1.500 delnic po ceni 100,03 USD, preostalih 500 delnic pa CMM, prav tako po ceni 100,03 USD, trgovalcu proda iz svojega lastnega nabora delnic. Če po pravkar opravljenem naročilu ni takoj novih naročil, se bo cena zelo verjetno pomaknila bliže začetnemu nivoju (nazaj proti 100,01 USD). CMM bo tako lastnih 500 delnic prodal po kratkoročno najboljši ceni, ki se je vzpostavila na trgu – s tem bo CMM ustvaril dobiček pri tej transakciji na škodo trgovalcev z naročili za prodajo po ceni 100,01 USD in

100,02 USD. V takih situacijah ima CMM iniciativo, da čim dlje odlaša s prodajo lastnih delnic, saj mu je v interesu, da pred prodajo lastnih delnic cena na trgu čim bolj naraste, saj si s tem poveča dobiček (Narang, 2013, str. 267–268).

### 2.3.2.2 *Strategije nepogodbenega ustvarjanja trga*

Nepogodbeni ustvarjalci trga (angl. noncontractual market makers, v nadaljevanju NCMM) oziroma trgovalci na osnovi povračil za zagotavljanje likvidnosti (angl. liquidity rebate traders), kot jih definira McGowan (2010, str. 13), prav tako kot CMM vstopajo v nasprotno pozicijo aktivnih naročil kot trgovalci, ki z njihovo pomočjo izvajajo naročila. NCMM ustvarjajo dobiček tako, da kreirajo svoja pasivna naročila in čakajo, da se na trgu pojavi povpraševanje in se naročilo izvede. Nato aktivno ali pasivno zaprejo svojo pozicijo – odvisno od tega, v katero smer se v tistem trenutku premika trg in odvisno od prejete kompenzacije za zagotavljanje likvidnosti (Narang, 2013, str. 269).

Strategije nepogodbenega ustvarjanja trga so v veliki meri odvisne od povračil za zagotavljanje likvidnosti (angl. liquidity provision rebate), ki jih nekatere borze ponujajo trgovalnim podjetjem v zameno za zagotavljanje likvidnosti. Borze trgovalnim podjetjem izplačujejo ta povračila, saj se zaradi povečane likvidnosti poveča tudi celoten obseg trgovanja, kar je ugodno tudi za same borze (McGowan, 2010, str. 13).

Povračila za zagotavljanje likvidnosti v večini primerov znašajo od 0,002 USD do 0,003 USD na posamezno delnico. Na ameriškem trgu so povračila z zakonom Reg NMS celo navzgor omejena na 0,30 USD na 100 delnic oziroma 0,003 USD na delnico (Essvale Corporation Ltd, 2011, str. 140; Cardella, Hao & Kalcheva, 2013, str. 1).

NCMM se zanašajo na pasivna naročila, zato so izpostavljeni problemu negativne selekcije. Ko se pojavi novo agresivno naročilo, ki izpolni pasivno naročilo iz knjige cenovno omejenih naročil, je najbolj idealen scenarij za NCMM, da se takoj za tem pojavi še enako veliko nasprotno naročilo, NCMM pa pri tem ustvari dobiček iz razlike med nakupno in prodajno kotacijo (angl. bid-ask spread). Če pa se trg premika v pravo smer, je možen tudi drug scenarij. NCMM pozicije ne zapre takoj, ampak počaka kratek čas in jo nato sam aktivno zapre z dobičkom. Na primer, da kupi delnico, katere cena trenutno raste, počaka nekaj trenutkov in jo nato proda. V tem primeru NCMM izkorišča še kratkoročni moment, saj ustvarja dobiček iz razlike med nakupno in prodajno kotacijo ter iz spremembe cene delnice. NCMM imajo še bolj izrazito potrebo po hitri izvedbi oziroma preklicu transakcij, saj večino najboljšega prometa za ustvarjanje dobička prevzamejo CMM in mesta prikritega trgovanja (angl. dark pools). NCMM večino svojih poslov opravijo s profesionalnimi investitorji in borzami, ki so zaradi prav tako hitrih sistemov manj ugoden nasprotnik za trgovanje. Še eden od izzivov NCMM pa je upravljanje z večjimi odprtimi pozicijami, ki nastanejo ob prodaji pasivnih naročil. V normalnih situacijah s tem načeloma ni težav, saj sta ponudba in povpraševanje relativno usklajena. V primeru izrazitega trenda pri nekem finančnem sredstvu pa se lahko NCMM pozicija (v neugodni smeri) hitro poveča, kar

predstavlja večje tveganje. Zato se trudijo tveganje zmanjšati z odpiranjem nasprotnih pozicij pri finančnih sredstvih, ki se obnašajo podobno kot problematično sredstvo ali z zapiranjem takih pozicij, tudi v primeru, da to zanje pomeni dodatne stroške, recimo kazni za zmanjšanje likvidnosti (angl. liquidity taking fee) (Narang, 2013, str. 270–271). Prav tehnike zmanjševanja tveganja ustvarjalcev trga ob tržnih nesorazmerjih so eden izmed glavnih dejavnikov, ki vplivajo na poslabšanje situacij ob zlomih trga (glej poglavje 3.2).

Kljub temu, da NCMM za povečevanje dobička uporabljajo zgoraj opisane pristope, raziskave nekaterih avtorjev kažejo, da so prav nadomestila za zagotavljanje likvidnosti tista, ki NCMM omogočajo, da so na dolgi rok dobičkonosni. Poleg tega se vsaj del nadomestil za zagotavljanje likvidnosti prenese tudi na povpraševalce po likvidnosti (angl. liquidity demanders) v obliki manjše razlike med nakupno in prodajno kotacijo (Brogaard, Hendershott & Riordan, 2014, str. 26).

Nepogodbni ustvarjalci trga torej svoj dobiček ustvarjajo iz treh glavnih virov – razlike med nakupno in prodajno kotacijo, kompenzacijami za zagotavljanje likvidnosti in ustvarjanje dodatnega dobička iz kratkoročnega momenta. Še bolj kot pri ostalih načinih HFT je pri tem načinu bistvena hitrost, saj mora biti NCMM sposoben dovolj hitro zapirati zanj neugodne pozicije, poleg tega pa mora biti sposoben dovolj hitro preklicati določena naročila.

### 2.3.2.3 Arbitražni algoritmi

Visokofrekvenčni arbitražni algoritmi se osredotočajo na netvegana izkoriščanja odmikov cene nekega finančnega sredstva od njegovega dolgoročnega ravnovesja ali na kratkoročna napačna relativna vrednotenja nekega finančnega sredstva. HFT arbitražni algoritmi se v večini primerov hkrati osredotočajo na več finančnih sredstev, številne med njimi celo na več različnih borz, kjer iščejo arbitražne priložnosti (Aldridge, 2013, str. 16).

Arbitražne priložnosti za potrebe tega podpoglavja zahtevajo nekoliko bolj natančno definicijo. Narang (2013, str. 271) jih definira na naslednji način: »Arbitražne priložnosti obstajajo, ko se finančni instrumenti, ki so *strukturno povezani*, v nekem trenutku začnejo obnašati drugače«. Strukturno povezanost pa definira kot povezanost, ki obstaja, zato ker mora obstajati zaradi osnovnih lastnosti samih finančnih sredstev. Dober primer strukturne povezanosti so finančni instrumenti, ki sledijo istemu indeksu, recimo borznemu indeksu S&P 500 – temu indeksu na primer sledijo in so z njim strukturno povezane standardizirane terminske pogodbe »E-mini S&P 500 futures« (trgovalna koda ES, v nadaljevanju ES) in sklad ETF »SPDR S&P 500 ETF Trust« (trgovalna koda SPY, v nadaljevanju SPY). Eden od pristopov, ki bi ga lahko izkoriščali v tem primeru, je arbitražna indeksa (angl. index arbitrage). Če se na primer cena ES zaradi večje spremembe povpraševanja spremeni, v povprečju traja nekaj milisekund, da pride do preklica starih pasivnih naročil (naročil, dodanih pred spremembo cene) za SPY, dodajanja novih naročil za SPY ter povratka cene ES in SPY na ravnovesni nivo. V vmesnem času pa lahko izkoristimo arbitražno priložnost.

Zelo podoben pristop, kjer je prav tako ključna hitrost, je tudi latenčna arbitražna (angl. latency arbitrage), ki jo na primeru delnic opisuje Aldridge (2013, str. 196). Pravilo ene cene namreč določa, da mora biti na dobro delujočih trgih cena nekega finančnega sredstva na vseh borzah v vsakem trenutku enaka. To pravilo nizkofrekvenčnim trgovalcem zagotavlja, da bodo lahko transakcijo opravili po pošteni ceni, ne glede na to, kje opravijo transakcijo. Vendar v visokofrekvenčnem kontekstu to pravilo ne drži vedno popolnoma – v nekem trenutku lahko pride do manjših odstopanj v ceni iste delnice med različnimi borzami. Če na primer pride do odstopanja cene neke delnice med londonsko in newyorško borzo, lahko visokofrekvenčni trgovalci (v nadaljevanju HFT trgovalci) prodajo to delnico na borzi, kjer je trenutno precenjena in jo hkrati kupijo na borzi, kjer je trenutno podcenjena in tako izkoristijo arbitražno priložnost. To dogajanje je ključno tudi za povratek cene nazaj na ravnovesni nivo in vzdrževanje pravila ene cene, saj zagotavlja, da bodo razlike med cenami nekega finančnega sredstva na globalnem nivoju hitro odpravljene in bodo ostali trgovalci lahko v vsakem trenutku opravili transakcije po pošteni ceni.

Na ameriškem delniškem trgu interno izkoriščanje latenčne arbitraže zaradi zakona Reg NMS (glej poglavje 1.2.2) ni več možno. Ta zakon zapoveduje, da morajo biti vsa naročila poslana elektronsko in takoj izvedena po najboljši ceni na nacionalni ravni. Torej se za finančne instrumente, ki kotirajo na več ameriških borzah, transakcija po višji ceni ne sme izvesti na eni borzi, če v istem trenutku za ta finančni instrument obstaja boljša ponudba na neki drugi ameriški borzi. Je pa izkoriščanje latenčne arbitraže še vedno mogoče na manj učinkovitih trgih in trgih, ki nimajo zakonu Reg NMS podobnih omejitev (Jickling, 2004).

Za izkoriščanje arbitražnih priložnosti je torej bistven predvsem hiter odziv, saj lahko trgovalci arbitražne priložnosti izkoristijo le, če so njihovi odzivi na spremembe hitrejši od odzivov njihovih konkurentov, ki želijo izvesti spremembo pri pasivnem naročilu. Čeprav se pojem arbitražna priložnost povezuje z ustvarjanjem dobička brez tveganja, v tem poglavju opisane strategije v praksi niso tako dobičkonosne in ne tvegane, kot morda delujejo na prvi pogled. Ohranjanje konkurenčne prednosti namreč zahteva velike investicije (glej poglavje 2.3.1), ki s seboj prinašajo tudi precejšnje tveganje, kar precej zmanjšuje privlačnost tega tipa trgovanja (Narang, 2013, str. 272).

Aldridge (2013, str. 197) ugotavlja, da lahko v naslednjih nekaj letih pričakujemo nadaljnji napredek na tem področju v obliki še višjih hitrosti in manjših latenc. Gledano z ekonomskega vidika se bo tekma na tem področju končala, ko bo doseženo ravnovesje med povečevanjem zmogljivosti tehnologije in dobičkonosnostjo trgovanja – torej, ko dodatna investicija v zmogljivejšo tehnologijo ne bo več prinesla dodatnega dobička pri trgovanju. Do takrat pa lahko pričakujemo, da bo konkurenca med HFT trgovalci še naprej spodbujala inovacije.

#### 2.3.2.4 *Strategije hitre alfe*

S pojmom strategije hitre alfe (angl. fast alpha) opisujemo HFT strategije, ki za ustvarjanje dobička izkoriščajo mehanizme, ki so bili že omenjeni v prejšnjih poglavjih – recimo povratak k povprečju (glej poglavje 2.1), moment (glej poglavje 2.2) in lastnosti na osnovi tehnične analize. Večina strategij hitre alfe izkorišča informacije, ki se tekom trgovalnega dne pogosto spreminjajo, na primer cena, promet (angl. trading volume) in informacije iz knjige cenovno omejenih naročil. Glavna razlika med strategijami hitre alfe in ostalimi strategijami, ki uporabljajo mehanizme na osnovi momenta ali povratka k povprečju, je v tem, da strategije hitre alfe temeljijo na izkoriščanju teh lastnosti v izredno kratkih časovnih intervalih. Predpogoj za izvedbo dobičkonosnih transakcij na tem področju je zelo majhna latenca, zato jih prištevamo k področju HFT. Strategije hitre alfe je najlažje razložiti, če jih primerjamo z arbitražnimi strategijami (glej poglavje 2.3.2.3). Arbitražne strategije izkoriščajo cenovne razlike med finančnimi instrumenti, ki so strukturno povezani, strategije hitre alfe pa izkoriščajo statistična odstopanja pri ceni enega ali več finančnih sredstev. Ker gre pri arbitražnih strategijah za strukturno povezanost finančnih sredstev, lahko arbitražne priložnosti izkoriščamo brez tveganja (če zanemarimo tveganje investicije v nizkolatenčno infrastrukturo). Pri strategijah hitre alfe pa gre za izkoriščanje na preteklih podatkih opaženih statističnih značilnosti, le-te pa že po definiciji vključujejo tveganje (Narang, 2013, str. 273).

Tudi Aldridge (2013, str. 8) ugotavlja, da se že prej (pred pojavom HFT) znane strategije na osnovi tehnične analize, kot so na primer strategije na osnovi momenta (glej poglavje 2.2) in Bollinger bands strategija (glej poglavje 2.1.3) z manjšimi prilagoditvami uspešno uporabljajo tudi v kontekstu HFT.

Primer strategije hitre alfe je strategija povratka k povprečju, ki je v ideji podobna kot HFT arbitraža med dvema strukturno povezanima finančnima sredstvom. Za implementacijo strategije hitre alfe bi izkoriščali razlike v cenah dveh finančnih sredstev, ki se kointegrirata – na primer ceni delnic dveh podjetij, ki delujeta v isti industriji in sta primerljivi po velikosti, tržni kapitalizaciji in ključnih značilnostih. Če sta se časovni vrsti cene teh dveh podjetij kointegrirali v preteklosti in ni prišlo do večjih sprememb v enem izmed podjetij, lahko predvidevamo, da se bosta kointegrirali še naprej. Če bosta ceni delnic v nekem trenutku divergirali, lahko glede na obnašanje v preteklosti predvidevamo, da bosta v kratkem ponovno konvergirali. To statistično razmerje (konvergenca časovnih vrst cene) lahko izkoriščamo za strategijo hitre alfe na zelo podoben način, kot pri zgoraj opisanemu izkoriščanju arbitraže med ES in SPY (glej poglavje 2.3.2.3). Ta strategija pa je seveda bolj tvegana kot izkoriščanje arbitražne priložnosti, saj lahko ceni teh dveh podjetij v kateremkoli trenutku prenehata konvergirati, saj se v tem primeru zanašamo le na opaženo statistično razmerje in ne na strukturni razlog, ki bi nam garantiral konvergenco časovnih vrst cene teh dveh podjetij tudi v prihodnje (Narang, 2013, str. 274; Chan, 2013, str. 89).

Ena od strategij hitre alfe, ki v HFT kontekstu izkoriščajo moment, je tudi arbitraža dogodkov (angl. event arbitrage). Ta strategija izkorišča moment, ki se pojavi ob

spreminjanju oziroma prilagoditvi cene finančnega sredstva na nove temeljne informacije. Številni nizkofrekvenčni ekonomski modeli nekoliko idealizirajo odziv trga na pojav novih temeljnih informacij – odziv trga naj bi bil takojšen, vse relevantne informacije naj bi se takoj odrazile v ceni. V praksi pa je odziv bolj podoben procesu poskusov in napak. Ob izidu novih informacij namreč pride do pojava momenta in nestanovitnih nihanj cene, dokler se le-ta ne ustali znotraj določenega intervala. Ta pojav lahko z dobičkom izkoristijo HFT trgovalci. Ker nekatere informacije v enaki obliki redno izhajajo<sup>11</sup>, lahko trgovalci glede na pretekle izide ocenijo pričakovane odzive cene na nove izide in smer momenta. Hitrejši, kot je odziv trgovalcev, dlje lahko izkoriščajo moment – vse dokler se cena ne ustali na ravnovesni ceni, ki dokončno odraža vpliv novih informacij. S tem pomembno pripomorejo k vzpostavitvi nove ravnovesne cene in tako približajo dejanski odziv trga prej omenjenemu idealiziranemu modelu takojšnjega odziva trga na nove informacije (Aldridge, 2013, str. 147–150).

Primer strategije hitre alfe je tudi strategija na osnovi kratkoročnega momenta, ki na podlagi preteklega gibanja cene nekega finančnega sredstva predvideva njegove premike v bližnji prihodnosti. Če na primer cena nekega finančnega sredstva v nekem kratkem časovnem intervalu (recimo v intervalu nekaj sekund) večkrat zapored doseže novo najvišjo ceno tega trgovalnega dne (angl. intraday high), potem je precej verjetno, da bo cena kmalu po teh dogodkih nekoliko padla. Izkoriščanje te značilnosti je prav tako tvegano, saj se zanašamo na statistično analizo časovne vrste cene in ne na strukturno razmerje, ki bi nam garantiralo tako razmerje med donosi (Narang, 2013, str. 274).

Strategije hitre alfe torej zajemajo uporabo nekaterih strategij, ki se uporabljajo tudi na drugih, s HFT nepovezanih področjih. Vendar pa se od drugih implementacij teh strategij razlikujejo predvsem zaradi potrebe po hitrosti – bodisi zaradi potrebe po zelo hitrem odzivu na določeno spremembo na trgu, bodisi zaradi izkoriščanja določenih lastnosti v zelo kratkih časovnih intervalih. Te strategije v primerjavi z arbitražnimi strategijami, poleg tveganega vlaganja v tehnologijo, vključujejo še dodatno tveganje, saj dobiček ni zagotovljen tudi v primeru, da je naš odziv dovolj hiter, saj se zanašamo na statistične značilnosti in ne na strukturna razmerja med določenimi finančnimi sredstvi.

### 2.3.3 Zaključek o visokofrekvenčnem trgovanju

Visokofrekvenčno trgovanje je področje, kjer sta najbolj tesno povezani področji tehnologije in financ. Če v tem poglavju opisane visokofrekvenčne strategije primerjamo z ostalimi, nizkofrekvenčnimi strategijami, opazimo, da pri visokofrekvenčnih strategijah fokus ni izključno na finančnem področju. Gledano s finančnega vidika so HFT strategije relativno trivialne oziroma izkoriščajo precej očitne in enostavno izračunljive trende v gibanju cen finančnih sredstev, njihovega prometa ali informacij iz knjige cenovno omejenih naročil –

---

<sup>11</sup> Na primer podatki o brezposelnosti v ZDA (angl. U.S. unemployment announcement), poslovni rezultati (angl. earnings announcement).



vse te poenostavitve pa se uporabljajo zgolj zaradi lažjega doseganja čim manjših latenc. HFT strategije torej ne izkoriščajo zmogljivosti računalniške infrastrukture za kompleksno temeljno analizo finančnih sredstev, temveč se osredotočajo predvsem na hitrost izvedbe ogromnega števila posamezno razmeroma trivialnih transakcij.

Relativno enostavno je ugotoviti, da se bo pri dveh strukturo povezanah finančnih sredstvih strukturalna povezanost nadaljevala tudi v prihodnosti in opaziti potencial za arbitražno priložnost ali zaznati kointegracijo med časovnim vrstama cene dveh finančnih sredstev ter opaziti potencial za uporabo strategije povratka k povprečju. Dosti bolj kompleksen in precej dražji problem pa je to priložnost izkoristiti v praksi, preden le-ta izgine oziroma jo pred nami izkoristijo drugi. Pri praktičnem izkoriščanju teh pojavov pa je ključen predvsem tehnološki vidik trgovanja. Za HFT trgovalce je torej glavno tveganje predvsem povečanje latence ali zmanjšanje latence pri njihovih konkurentih in s tem izguba konkurenčne prednosti.

Poleg tega, kot je opisano v uvodu, v zadnjih nekaj letih opažamo zmanjšanje obsega visokofrekvenčnega trgovanja. Do pojava tega trenda je prišlo zaradi zaostrene konkurence na tem področju in regulacij, ki so omejile nekatere visokofrekvenčne strategije (recimo arbitražo trgovalnih mest). Posledica zaostrene konkurence je predvsem povečanje stroška za tehnologijo, ki zagotavlja konkurenčno prednost – le nekaj trgovalnih podjetij ima namreč lahko boljšo tehnologijo in manjšo latenco od večine konkurentov, podjetja z najmanjšo latenco pa so zelo verjetno tista, ki so bila zmožna v tehnologijo največ investirati. Ker so se stroški tehnologije, ki je eden izmed glavnih stroškov HFT, z razvojem panoge bistveno povečali, so se posledično dobički na transakcijo in tudi končni dobički močno zmanjšali. Previsok strošek za tehnologijo je iz trga izrinil tudi številna manjša podjetja, ki niso imela zadostnega obsega trgovanja, oziroma so bila kako drugače manj učinkovita.

S tem bi lahko zaključili, da je področje HFT že v zreli fazi svojega razvoja. Začetno obdobje hitrega razvoja in rasti ter hkrati obdobje, ko je bilo relativno enostavno s tem načinom trgovanja ustvarjati visoke dobičke se je končalo pred slabim desetletjem (kot je omenjeno že v uvodu, je v »zlati dobi« HFT obsegalo kar 2/3 vseh transakcij z lastniškim kapitalom na ameriškem trgu), v zadnjih nekaj letih pa se je obseg visokofrekvenčnega trgovanja še nekoliko dodatno zmanjšal. Če v bližnji prihodnosti ne bo prišlo do sprememb, ki bi bile zelo v prid HFT (kar je glede na trende v zadnjih letih bolj malo verjetno), bo obseg HFT verjetno ostal na podobnem nivoju ali pa bo še nekoliko upadal. Konkurenca na tem področju je velika, glavna podjetja so izkušena in uveljavljena v poslu, zaslužki pa v zadnjem času relativno majhni, kar precej otežuje pogoje za vstop novih podjetij v panogo. Trgovalna podjetja, za katere pa HFT ne bo več dobičkonosno, pa se bodo verjetno preusmerila na druga, manj zasičena področja.

HFT ima zaradi velikega obsega tudi številne vplive na ključne parametre trga, kot so na primer likvidnost, tržna učinkovitost, stabilnost ... Poleg tega pa naj bi bilo prav HFT eden

od glavnih krivcev za hipne zlome trga. Tem vidikom HFT sem se v tem poglavju namenoma nekoliko izognil, saj so podrobneje obravnavani v naslednjih poglavjih (glej poglavje 3).

### **3 ZLOMI TRGA ZARADI ALGORITEMSKEGA TRGOVANJA**

Zlomi trga so zanimiv fenomen v ekonomiji, saj vsaj iz akademskega vidika velja hipoteza učinkovitega trga kapitala. Ta trdi, da so trgi informacijsko učinkoviti, kar pomeni, da se v trenutnih tržnih cenah finančnih sredstev že odražajo vse razpoložljive informacije. Tržne cene v vsakem trenutku predstavljajo najboljšo oceno vrednosti finančnih sredstev, sprememba le-teh pa je posledica novih informacij. V tem primeru bi lahko le razkritje »dramatične« informacije, ki je v popolnem nasprotju s trenutnim prepričanjem, povzročilo zlom trga. V praksi se je izkazalo, da do zlomov trga večinoma pride iz drugih razlogov – tudi najbolj celovite analize nekega zloma trga večinoma ne znajo opredeliti, katera »dramatična« informacija naj bi bila vzrok zanj. V večini raziskav so enotni, da je do nekega zloma trga prišlo zaradi sovpliva večih dejavnikov v nekem trenutku in specifične situacije na trgu, ki se je postopoma ustvarjala dalj časa (lahko tudi več mesecev ali let). Z naraščajočo popularnostjo AT pa je le-to pogosto znatno prispevalo k dejavnikom v nekem trenutku in pri bolj dolgoročnem ustvarjanju situacije, ki je na koncu vodila v zlom (Sornette, 2003, str. 5).

#### **3.1 Hipni zlomi trga in mali hipni zlomi**

**Hipni zlomi trga** (angl. flash-crash) se od zlomov trga v splošnem razlikujejo predvsem po hitrosti – tako hitrosti padca kot okrevanja. Warner (2019) jih definira kot dogodke, kjer cena finančnega sredstva zelo hitro pade, kratek čas ostane na tem nivoju, nato pa hitro vstopi v obdobje okrevanja. Padec cene pri hipnem zlomu trga po velikosti seveda bistveno presega padce cene, ki so del vsakodnevnega gibanja cene finančnega sredstva. Potrebno pa je poudariti, da pri hipnih zlomih ni nekega temeljnega razloga (na primer gospodarske ali politične spremembe) za izredna nihanja cene (Easley, Lopez de Prado & O'Hara, 2011, str. 118). Do večjih hipnih zlomov trga v zadnjem času pride vsakih nekaj let. Zanje pogosto ne moremo kriviti le enega dejavnika ali dogodka – večinoma gre za sovpliv večih dejavnikov, ki na koncu vodijo v zlom. Ti dejavniki so lahko človeške napake, spremenjena struktura trga ali nepričakovan odziv algoritemskih trgovalcev na nek dogodek (Warner, 2019).

Vzrok za povečanje nestanovitnosti je lahko človeška napaka, na primer tako imenovana »napaka debelega prsta« (angl. fat-finger error), ko pride do napake pri ročnem vnosu naročila. Tako naročilo se lahko na primer izvede ali po napačni ceni, ali v bistveno večjem obsegu od zelenega, ali pa vsebuje druge napake, te napake pa vodijo v porušenje ravnovesja na trgu, saj pride do dogodka, ki je v neskladju s pričakovanji trga (Chen, 2019a). Ostali trgovalci (predvsem HFT trgovalci), ki so ustvarjeni za delovanje v normalnih razmerah, pa se lahko na tak dogodek odzovejo na nepričakovan način – če se na podoben način odzove

veliko algoritmov, pa se lahko ravnovesje na trgu hitro poruši (Easley, Lopez de Prado & O'Hara, 2011, str. 120).

Drugi možni razlog za povečanje nestanovitnosti so namerni poskusi manipulacije trga s strani trgovalcev. Primer take (sicer nedovoljene) prakse je recimo slepljenje (angl. spoofing). Pri tem pristopu trgovelec odda veliko naročilo za prodajo vrednostnih papirjev po ceni, ki je bistveno nižja od trenutne cene na trgu, nekaj časa počaka, nato pa, preden cena doseže nižji nivo (cena, po kateri je trgovelec oddal naročilo za prodajo), hitro prekliče naročilo za prodajo. S tem na trgu ustvari občutek, da gre za veliko odprodajo nekega vrednostnega papirja, ostali trgovalci (predvsem algoritemski) pa tako dobijo signal, da bo cena še naprej padala in začnejo ta vrednostni papir v strahu pred izgubo množično prodajati. Tako se na trgu poruši razmerje med nakupno in prodajno količino, kar še dodatno potencira padec cene. Vendar pa trgovelec, ki s slepljenjem povzroči padec cene ne odda le naročil za prodajo nekega vrednostnega papirja, temveč tudi za njegov nakup. Naročila za nakup pa so bila oddana po ceni, ki je bila pred tem dogodkom (pred oddajo naročila za prodajo) bistveno pod tržno ceno. S tem lahko trgovelec kupi vrednostni papir na najnižji točki zloma trga in ga kmalu za tem, ko si trg opomore, proda po bistveno višji ceni. S tem lahko trgovelec ustvari ogromen dobiček, ki ga doseže v nekaj minutah ali celo sekundah (Warner, 2019).

Kot je bilo že omenjeno, je za zlome trga večinoma odgovornih več dejavnikov. Poleg človeških napak so predvsem računalniški sistemi za HFT eni izmed glavnih dejavnikov, ki so soodgovorni za zlome trga. Glavni razlog za to je prav hitrost, saj algoritmi bistveno poslabšajo oziroma močno potencirajo nastalo situacijo, ki na koncu vodi v hipni zlom (Warner, 2019). Hiter, avtomatski odziv algoritmov je v kombinaciji z veliko povezanostjo finančnega trga lahko hitro vzrok za zlom. Že napaka debelega prsta, ki vpliva na skok cene, lahko v trenutku sproži kaskado mehanizmov za preprečevanje izgube (angl. stop-loss), ki lahko izredno hitro porušijo ravnovesje na trgu. Tudi oddaja zelo velikega naročila lahko ob nepravem trenutku močno zmanjša likvidnost (glej poglavje 2.3.2), le-ta pa lahko povzroči negotovost glede dogajanja na trgu (Easley, Lopez de Prado & O'Hara, 2011, str. 118–121).

Zaradi izredno visoke hitrosti, s katero se danes odvija trgovanje, in še vedno precej slabega razumevanja, zakaj do hipnih zlomov trga sploh pride in kako jih preprečiti, tudi človeški nadzor trgovanja ne bi bil koristen za preprečevanje teh situacij, kar vsaj za bližnjo prihodnost pomeni, da bo do malih in večjih hipnih zlomov še naprej prihajalo (Golub, Keane & Poon, 2012, str. 16–19). Zanimivo pa je, da so isti sistemi za trgovanje, ki so v veliki meri odgovorni za pojav hipnih zlomov trga, večinoma odgovorni tudi za hitro okrevanje trga po teh dogodkih, saj se zaradi povezanosti finančnega trga, hitrosti izvedbe transakcij in priložnosti za hiter dobiček, kot posledici hipnega zloma trga, likvidnost po hipnem zlomu praviloma hitro povrne, cena pa se začne vračati na raven pred padcem (Warner, 2019).

**Mali hipni zlomi** (angl. mini flash crashes) so dogodki, ko pride do nihanj pri enem oziroma manjšem številu vrednostnih papirjev, ki močno presegajo normalna vsakodnevna nihanja

in trajajo manj časa kot hipni zlomi trga (Golub, Keane & Poon, 2012, str. 3–4). Ti so v zadnjem času precej pogosti – Johnson in drugi (2013, str. 3) navajajo, da je med letoma 2006 in 2011 na večih opazovanih borzah skupno prišlo do kar 18.520 malih hipnih zlomov – to povprečno znese kar 10 malih hipnih zlomov na dan. Male hipne zlome so definirali kot vsaj 10 zaporednih skokov cene vrednostnega papirja, ki so ceno spremenili za več kot 0,8 % in so trajali manj kot 1,5 sekunde. Potrebno pa je poudariti, da ti dogodki večinoma (a ne vedno) ostanejo lokalizirani in le redko vodijo v večje hipne zlome.

### **3.2 Analiza zlomov trga, povezanih z algoritemskim trgovanjem**

V tem poglavju so podrobneje analizirani trije večji hipni zlomi, do katerih je prišlo v zadnjem desetletju – hipni zlom 6. maja 2010, zlom cen obveznic 15. oktobra 2014 in sesutje cene britanskega funta 7. oktobra 2016.

#### **3.2.1 Hipni zlom trga 6. maja 2010**

Na newyorški borzi je 6. maja 2010 prišlo do izrednega dogodka – hipnega zloma trga, ki je v praksi pokazal nevarnosti algoritemskega trgovanja brez nadzora človeških trgovalcev. Indeks »Dow Jones Industrial Average« (v nadaljevanju DJIA) je v desetih minutah izgubil skoraj 1.000 točk oziroma 9,2 % svoje vrednosti, nato pa je indeks večinoma nadoknadil to izgubo v naslednjih petnajstih minutah, trgovalni dan pa je indeks zaključil z razmeroma zmerno izgubo. Če ta hipni zlom trga ovrednotimo v denarju, je, brez da bi bil za to kriv kakšen večji gospodarski ali politični pretres, v pol ure začasno »izginilo« in se v velikem delu ponovno pojavilo za približno 1.000 milijard USD. To je bilo (do takrat) drugo najvišje enodnevno nihanje cene (angl. intraday point swing) v zgodovini tega indeksa (Whitman, 2010).

##### *3.2.1.1 Časovnica dogodkov*

O vzrokih oziroma krivcih za ta dogodek obstajajo številne razlage. V tem podpoglavju so, kolikor je to le mogoče, podana dejstva o tem dogodku.

Hipni zlom se je pojavil na dan, ko je bilo na trgu veliko negotovosti glede evropske dolžniške krize, predvsem glede situacije v Grčiji. 6. maja 2010 ob 14:32 je, v trenutku, ko je bil trg že relativno nestanovit in manj likviden, eden izmed večjih trgovalcev zagnal program za prodajo 75.000 E-mini S&P 500 standardiziranih terminskih pogodb v skupni vrednosti 4,1 milijarde USD. Prodaja je bila izvedena s hitrim algoritmom, ki je naročilo izvedel ne glede na trenutno ceno na trgu ali čas<sup>12</sup> (Kirilenko, Kyle, Samadi & Tuzun, 2017,

---

<sup>12</sup> Pri oddaji večjih naročil, ki bi lahko vplivala na (za trgovalca, ki odda večje naročilo) neugodno spremembo cene nekega vrednostnega papirja zaradi spremembe ponudbe/povpraševanja ali na skupni strošek transakcije, se v praksi uporabljajo posebne tehnike oddaje naročil. Cilj teh pristopov je, da se večja naročila čim bolj

str. 2–3), hitrost naročila se je prilagajala le trenutnemu prometu. Prodaja take količine terminskih pogodb, ki bi še nekaj let pred tem trajala več ur ali celo dni in najverjetneje imela s tem tudi bistveno manjši vpliv na trg, saj bi se transakcija bolj enakomerno razporedila, je algoritem zaključil v zgolj 20 minutah (Lin, 2012, str. 704).

Narang (2013, str. 295–296) navaja, da je bil trg že pred oddajo tega naročila za terminske pogodbe precej nestanovit, to naročilo pa na trgu je sprožilo paniko. Njegova izvedba je vodila v nadaljnje trgovanje s standardiziranimi terminskimi pogodbami in lastniškimi instrumenti. Številni avtomatski trgovalni algoritmi so začeli (kot posledica padca cene zaradi zgoraj opisanega naročila) zaradi mehanizmov za preprečevanje izgube (angl. stop-loss) prodajati velike količine terminskih pogodb, vezanih na indeks S&P 500. Te transakcije so znašale kar 33 % celotnega obsega trgovanja. Ob 14:41, slabih 10 minut po začetku prodaje 75.000 E-mini S&P 500 terminskih pogodb, je cena standardiziranih terminskih pogodb vezanih na S&P 500 začela hitro padati in je v nadaljnjih 3 minutah (med 14:41 in 14:44) padla za kar 3 %, borzni indeks DJIA pa je do 14:42 padel za 3,9 %. Ob 14:45 so se na borzi Chicago Mercantile Exchange (v nadaljevanju CME) sprožili sistemi za prekinitve trgovanja<sup>13</sup> (angl. circuit breakers) in za nekaj sekund zaustavili trgovanje s terminskimi pogodbami, da bi upočasnili padec njihove cene. Trgovanje se je nadaljevalo po 5 sekundni prekinitvi, cena S&P 500 standardiziranih terminskih pogodb se je stabilizirala in začela kmalu po prekinitvi okrevati (Lin, 2012, str. 704–705). Čeprav je cena E-mini S&P 500 začela kmalu okrevati, pa to ni veljalo za vse ostale vrednostne papirje. Nekaterim vrednostnim papirjem in skladom ETF je cena še naprej padala. Zaradi hipnega zloma se je ravnovesje začasno porušilo, prišlo je do zmanjšane povpraševanja in večje ponudbe, saj so se zaradi hipnega zloma sprožili številni mehanizmi za preprečevanje izgub (angl. stop-loss), ki so sprožili prodajo teh finančnih instrumentov, posledično pa jim je cena še naprej padala (Kirilenko, Kyle, Samadi & Tuzun, 2017, str. 3–4).

Padec cene se je (po zgoraj opisani prekinitvi trgovanja) nadaljeval tudi pri indeksu DJIA. Le-ta je padel za kar 9,16 % glede na zaključni tečaj prejšnjega dne, nato pa začel okrevati in v naslednjih 10 minutah (do 15:00) nadoknadil večino izgub, ki so bile posledica hipnega zloma. Med padcem indeksa DJIA se je zgodila tudi kaskada drugih izrednih dogodkov. Delnice številnih, drugače stabilnih podjetij, na primer The Procter & Gamble Company (v nadaljevanju PG) in The 3M Company so v nekaj minutah padle za več kot 18 %. Če to ovrednotimo v denarju, je v vsega nekaj minutah začasno izginilo več milijard USD lastniškega kapitala. Delnice podjetja Accenture Plc so na primer padle za več kot 99 %, iz 40 USD na le 0,01 USD. Do konca trgovalnega dne je večina glavnih standardiziranih terminskih pogodb in indeksov nadoknadila večji del izgub, v povprečju pa so bili zaključni tečaji tega trgovalnega dne za 3 % nižji od zaključnih tečajev prejšnjega dne. Indeks DJIA

---

optimalno razporedijo po času in s tem čim manj vplivajo na morebitno spremembo cene na trgu ter dosežejo čim manjši strošek izvedbe transakcij (glej Johnson (2010, str. 83-217) in SEC & CFTC (2010, str. 2)).

<sup>13</sup> Sistemi za prekinitve trgovanja (angl. circuit breakers) so mehanizmi, ki v primeru prehitrih padcev cene začasno zaustavijo vso trgovanje na borzi in preprečijo prodajo v paniki (Fernando, 2020).

je trgovalni dan zaključil z razmeroma zmerno 3,2 % izgubo (Kirilenko, Kyle, Samadi & Tuzun, 2017, str. 4; Lin, 2012, str. 704).

### *3.2.1.2 Razlage hipnega zloma trga*

Ta dogodek je sprožil veliko zanimanja tako pri regulatorjih trga kot tudi v akademskih krogih in pri širši javnosti. O razlogih in krivcih za ta dogodek še vedno obstajajo številne razlage, celo različne uradne preiskave dogodka so pripeljale do drugačnih rezultatov. Dogodek se je formalno sicer zaključil januarja 2020, ko je bil za manipulacijo trga obsojen britanski trgovelec Navinder Singh Sarao (Tarm, 2020). Se pa tudi glede pravilnosti te odločitve že od same obtožbe leta 2015 naprej pojavljajo številni dvomi (Bates, 2015).

Že takoj po dogodku se je pojavilo precej teorij o vzrokih le-tega. Ena izmed prvih je bila razlaga o napaki debelega prsta, saj naj bi prišlo do napake pri naročilu delnic s trgovalno kodo PG, ki je sprožila zaporedje mehanizmov za preprečevanje izgube. To razlago je kmalu zavrnil Phillips (2010), saj je pokazal, da je bil padec delnice PG posledica drugih dogodkov in ne vzrok celotne situacije, saj so začeli indeksi padati že pred padcem cene te delnice. Nekateri analitiki, na primer Krasting (2010) vzroke za hipni zlom vidijo v gibanju valutnih tečajev, natančneje v tečaju med USD in japonskim jenom (v nadaljevanju JPY). Flood (2010) kot vzrok za zlom navaja tehnične težave, saj je na dan zloma prihajalo do večjih zamud pri poročanju cen. Težave s tehničnim poročanjem so se pojavile predvsem na NYSE ter NYSE Arca. Prav tako naj bi bile za zlom soodgovorne zamude v sistemu stalnih informacij (angl. consolidated tape). Patterson in Lauricella (2010) pa menita, da je bil glavni vzrok zloma večji nakup prodajnih opcij (angl. put options) enega izmed hedge skladov.

Ker je šlo za enega bolj turbulentnih dogodkov v zgodovini in je situacija nakazovala na namerno manipulacijo trga sta U.S. Securities and Exchange Commission (v nadaljevanju SEC) in U.S. Commodity Futures Trading Commission (v nadaljevanju CFTC) po dogodku sprožila obsežno preiskavo, saj so želeli čim prej najti glavne dejavnike, ki so vplivali na hipni zlom in preprečiti podobne dogodke v prihodnosti.

V nadaljevanju tega podpoglavja so zaradi večje preglednosti strnjeno opisani rezultati preiskave SEC in CFTC (2010), nato pa so podana tudi mnenja ostalih avtorjev glede tega dogodka in njihovi odzivi na rezultate te preiskave.

SEC in CFTC (2010) v poročilu bistveno vlogo za ta hipni zlom trga pripisujeta prav algoritmu za prodajo 75.000 E-mini S&P 500 standardiziranih terminskih pogodb (glej poglavje 3.2.1.1). Ta algoritem je imel količino prodaje pogodb na minuto nastavljenih na 9 % prometa prejšnje minute. Prodajni pritisk tega naročila so na začetku še lahko absorbirali HFT trgovalci, različni posredniki in ključni kupci na trgu standardiziranih terminskih pogodb in trgovalci, ki se ukvarjajo z arbitražo med različnimi finančnimi instrumenti. Značilnost HFT strategij je, da trgovalci daljši čas ne držijo večjih pozicij, zato so začeli HFT algoritmi te pogodbe sčasoma prodajati. Količina prometa z E-Mini pogodbami se je

zato povečala, algoritem za prodajo, ki je bil nastavljen na 9 % prometa prejšnje minute, pa je zaradi povečanega prometa tudi sam povečal hitrost prodaje pogodb (glej Priloga 1). Hitrost prodaje je algoritem povečal kljub temu, da prejšnjih naročil trg ni v celoti absorbiral. Čeprav je bilo takrat v knjigi naročil veliko naročil, pa je bila likvidnost trga v tistem trenutku zelo nizka, saj je bilo zaradi prodajnega pritiska povsem porušeno razmerje med nakupno in prodajno količino (glej poglavje 2.3.2). Zaradi porušenega razmerja med nakupno in prodajno količino in visoke nestanovitnosti je prišlo do dveh likvidnostnih kriz – pri E-Mini terminskih pogodbah in pri posameznih delnicah (SEC & CFTC, 2010, str. 3).

Do prve likvidnostne krize je prišlo pri E-Mini pogodbah. SEC in CFTC (2010, str. 4) ugotavljata, da je do nje prišlo zaradi prodajnega pritiska zaradi zgoraj opisanega algoritma. V časovnem intervalu med 14:41 in 14:44 (glej poglavje 3.2.1.1), ko je prišlo do največjega prodajnega pritiska, je cena E-Mini pogodb padla za več kot 3 %. Istočasno so trgovalci, ki se ukvarjajo z arbitražo med različnimi finančnimi instrumenti (angl. cross-sectional arbitrageurs), kupovali E-Mini pogodbe in hkrati prodajali primerljivo količino lastniških vrednostnih papirjev, vezanih na S&P 500. S tem je tudi cena ETF sklada SPY padla za približno 3 %. Ker je bilo povpraševanja po standardiziranih terminskih pogodbah še vedno premalo, so si jih HFT trgovalci začeli preprodajati med seboj, vendar s tem niso pripomogli k povečanju likvidnosti, saj so v nekaj sekundah preprodali po več deset tisoč pogodb, neto pa skupno kupili le 200 pogodb. Ob 14:45 je bilo povpraševanje za nakup E-Mini pogodb skoraj ničelno, znašalo je manj kot 1 % povpraševanja glede na začetek trgovalnega dne. Tudi likvidnost je bila v tistem trenutku praktično ničelna, cena E-Mini pogodb pa je v naslednjih 15 sekundah padla za dodatnih 1,7 % in s tem dosegla tudi dno tega trgovalnega dne. Cena E-Mini pogodb je tako v 4 minutah in pol upadla za več kot 5 %, padec cene pa se je prenesel tudi na SPY, ki je upadel za več kot 6 %. Ta likvidnostna kriza se je končala s proženjem sistema za prekinitev trgovanja (angl. circuit breaker), ki je za 5 sekund ustavil trgovanje. Ta kratka prekinitev je zmanjšala pritisk na strani prodaje in povečala povpraševanje za nakup, posledično se je vzpostavilo tudi bolj uravnoteženo razmerje med ponudbo in povpraševanjem. Cena E-Mini pogodb je začela okrevati, kmalu za tem pa jim je sledil še SPY (glej Priloga 2). S tem je bila prva likvidnostna kriza končana.

Do druge likvidnostne krize je prišlo pri posameznih delnicah. SEC in CFTC (2010, str. 5) navajata začetek druge likvidnostne krize ob 14:45, na vrhuncu (v prejšnjem odstavku opisane) prve likvidnostne krize. Druga likvidnostna kriza se je začela z začasno zaustavitvijo avtomatiziranih trgovalnih sistemov, ki jih uporabljajo zagotovitelji likvidnosti (angl. liquidity providers). Namen teh zaustavitev je, da se v primeru zelo visokih nihanj zaustavi trgovanje, da bi s tem preprečili avtomatsko trgovanje ter napačne in nepredvidljive odločitve algoritmov v času izrednih razmer. Z zaustavitvijo trgovalci pridobijo nekaj dodatnega časa, da ocenijo tveganje in razmere na trgu, preden trgovanje ponovno steče. Ko so trgovalci med prekinitvijo ocenili tveganje, so večinoma prišli do ugotovitve, da ne vedo, kaj je izvor visokih nihanj, poleg tega tudi niso bili prepričani, da so njihove trgovalne strategije sposobne učinkovito trgovati v takih razmerah. Na izredne razmere so se različni

udeleženci trga odzvali na različne načine: nekateri ustvarjalci trga so povečali razliko med nakupno in prodajno ceno, drugi so zmanjšali ponujeno količino in s tem zmanjšali likvidnost, del trgovalcev je iz algoritemskega začasno prešel le na ročno trgovanje, velik delež pa se jih je začasno popolnoma umaknil s trga. HFT trgovalci so v času prve likvidnostne krize proporcionalno s povečanim obsegom trgovanja tudi sami povečali svoj obseg trgovanja. Ko pa so cene nekaterih posameznih vrednostnih papirjev začele preveč nihati, so nekateri zmanjšali obseg trgovanja, drugi pa popolnoma prenehali trgovati. Ustvarjalci trga, ki trgujejo zunaj organiziranega trga (angl. over-the-counter) pa so skoraj vsa naročila, namesto da bi jih večino absorbirali interno (kar je stalna praksa v normalnih razmerah), preusmerili na druge organizirane borze (angl. public exchanges). Vsi v tem odstavku opisani odzivi udeležencev trga pa so bistveno zmanjšali likvidnost in s tem povzročili drugo likvidnostno krizo (SEC & CFTC, 2010, str. 5).

Čeprav so cene E-Mini in SPY po prvi likvidnostni krizi (od 14:45 naprej) začele okrevati, je bilo povpraševanje po nekaterih posameznih vrednostnih papirjih in skladih ETF še vedno relativno majhno, kar je še dodatno znižalo njihove cene. Temu pa se je pridružila še skoraj popolnoma ničelna likvidnost pri nekaterih vrednostnih papirjih in skladih ETF. Vendar so nekateri udeleženci vseeno želeli izpeljati transakcije nakupa ali prodaje, kar je vodilo v posle, izvedene po povsem iracionalnih cenah, ki so bile daleč od cen še nekaj minut pred in po tem. Ta odstopanja cen so bila relativno kratkotrajna, saj so trgovalci hitro reagirali na nastalo situacijo. Ko so preverili integriteto trgovalnih sistemov in podatkov, se je povpraševanje vrnilo, posledično je začelo kmalu normalno delovati tudi oblikovanje cen (angl. price discovery). Do 15:00 je bila tudi druga likvidnostna kriza končana, saj se je likvidnost vrnila, cene pa stabilizirale. Kljub temu pa je bilo kar 20.000 poslov v obdobju med 14:40 in 15:00 sklenjenih po cenah, ki so se za več kot 60 % razlikovale od cen ob 14:40. Vendar so po zaprtju trga borze in Financial Industry Regulatory Authority (v nadaljevanju FINRA) sprejeli odločitev, da se posli z več kot 60 % odstopanjem cen (glede na cene ob 14:40) prekličejo, saj je pri njih prišlo do napak (SEC & CFTC, 2010, str. 5–6).

Raziskava s strani SEC in CFTC tako združuje in bistveno razširja nekatere od teorij, ki so opisane na začetku tega podpoglavja. Ugotovitve preiskave SEC in CFTC (2010, str. 6–7) so bile naslednje. Velika avtomatska naročila, sploh če algoritem pri izvedbi ne upošteva trenutne cene, lahko v določenih situacijah sprožijo ekstremna cenovna nihanja. Ugotovili so tudi, da lahko zaradi velike povezanosti trgovalnih algoritmov v izrednih razmerah likvidnost zelo hitro izgine, saj le-ta ni odvisna le od števila naročil, temveč tudi od uravnovešenosti povpraševanja in ponudbe. Ta hipni zlom je v praksi pokazal tudi veliko povezanost med trgoma izvedenih finančnih instrumentov (angl. derivatives) in vrednostnih papirjev (angl. securities), sploh v povezavi s produkti, ki sledijo indeksom. Nadalje ugotavljajo, da imajo različni udeleženci trga drugače implementirano začasno ustavitev trgovanja (ustavitev se sproži ob drugih tržnih signalih), kar je lahko problematično, saj prihaja do ustavitve trgovanja ob različnih trenutkih. To lahko hitro poruši ravnovesje na trgu ter vodi do likvidnostnih kriz in močno onemogoči normalno delovanje mehanizma



oblikovanja cen. Izkazalo se je tudi, da so lahko včasih ustavitve trgovanja, recimo 5-sekundna ustavitev trgovanja na CME zelo učinkovito orodje za normalizacijo razmer.

Preiskava je pokazala tudi, da je nestanovitnost in padec DJIA posledica nestanovitnosti in padca cen standardiziranih terminskih pogodb vezanih na S&P 500. Sklep preiskave je bil, da ni šlo za tržno manipulacijo ali tehnično težavo, temveč za avtomatiziran odziv trgovalnih algoritmov, ki so se odzivali na izredne razmere. Do izrednih razmer pa je prišlo predvsem zaradi nakupa 75.000 E-Mini pogodb in širše situacije na trgu. Ugotovili so tudi, da so HFT in avtomatski algoritmi bistveno poslabšali stanje, oziroma imeli bistven vpliv pri nastanku tržnega zloma. Kmalu po zlomu je SEC v izogib podobnim dogodkom v prihodnje implementiral novo pravilo prekinitve trgovanja – prekinitvev trgovanja za 5 minut, če cena v 5 minutah pade za več kot 10 %. Mesec po zlomu so to pravilo uvedli za indeks S&P 500, septembra 2010 pa še za indeks Russell 1000 in nekatere sklade ETF (Lin, 2012, str. 705).

Poročilo SEC in CFTC (2010) je bilo deležno tudi nemalo kritik, predvsem glede vzroka za hipni zlom. S hipotezo dveh likvidnostnih kriz se sicer delno strinjajo tudi Easley, Lopez de Prado in O'Hara (2011, str. 127), vendar se ne strinjajo glede glavnih razlogov za ti dve likvidnostni krizi. SEC in CFTC v poročilu kot glavni vzrok za likvidnostno krizo navajata predvsem naročilo 75.000 E-Mini pogodb, Easley, Lopez de Prado in O'Hara (2011) pa ugotavljajo, da bi to naročilo sicer lahko prispevalo k hipnemu zlomu, vendar pa se je situacija, ki je vodila v likvidnostno krizo in kasneje v hipni zlom, razvijala dlje časa (več dni pred hipnim zlomom). Že pred tem naročilom je bilo število naročil zelo veliko, a neuravnovešeno, posledično je bila nizka tudi likvidnost. V času pred tem zlomom je prišlo do visoke toksičnosti toka naročil (angl. order flow toxicity). Po definiciji Easley, Lopez de Prado in O'Hara (2012, str. 2) je tok naročil toksičen takrat, ko pride do negativne selekcije ustvarjalcev trga, ki se lahko ne zavedajo, da pri zagotavljanju likvidnosti ustvarjajo izgubo. Informirani trgovalci s tem izkoriščajo manj informirane trgovalce (tj. ustvarjalce trga) in s tem ustvarjajo dobiček. Toksičnost toka naročil je ena izmed bistvenih metrik za ustvarjalce trga – če ugotovijo, da je toksičnost v nekem trenutku previsoka (da je pričakovana izguba pri trgovanju z njihovimi bolj informiranimi nasprotniki previsoka), bodo zmanjšali ali celo likvidirali svoje pozicije in zapustili trg. Glede na metriko »Volume Synchronized Probability of Informed Trading« (v nadaljevanju VPIN), ki so jo avtorji razvili za merjenje toksičnosti toka naročil, je ta 2 minuti pred zlomom (14:30) dosegla najvišjo točko v zgodovini E-Mini S&P 500 pogodb. V svoji raziskavi zaključijo, da je bil vzrok likvidnostnih kriz in kasneje hipnega zloma v strukturnih značilnostih trga, na katerem je vse bolj prisotno HFT. Na tem trgu likvidnost zagotavljajo algoritmični ustvarjalci trga, ob tem pa se poskušajo izogibati vstopanja v večje pozicije. Ko toksičnost toka naročil zanje postane previsoka, zmanjšajo ali likvidirajo svoje pozicije – to se je zgodilo tudi v primeru tega zloma. Posledica tega je bila huda nelikvidnost, ki je imela velik vpliv na neravnovesje na trgu in je vodila v hipni zlom. Avtorji ugotavljajo, da se je tržna struktura s pojavom vse več AT in predvsem HFT precej spremenila, zato pozivajo k boljšemu prepoznavanju in

obvladovanju tveganj, ki so se pojavila s spremembo strukture trga (Easley, Lopez de Prado & O'Hara. 2011, str. 120–127).

Ugotovitve SEC in CFTC v javni izjavi kritizira tudi borza CME Group (2010). Kritizirajo predvsem dejstvo, da so kot krivca za celoten hipni zlom navedli naročilo 75.000 E-Mini pogodb. V javni izjavi navajajo, da je bilo to naročilo, relativno glede na število E-Mini pogodb, še vedno razmeroma majhno – 75.000 pogodb je predstavljalo le 1,3 % vseh E-Mini pogodb na dan, ko je prišlo do zloma, poleg tega je naročilo v času izvedbe predstavljalo maksimalno 9 % celotnega obsega trgovanja v tem časovnem obdobju. Poudarjajo tudi, da je bilo naročilo popolnoma legitimno in konsistentno z ustaljeno prakso. Izpostavljajo dejstvo, da je bila več kot polovica naročila izvedena v času hitre rasti trga (angl. market rally), v obdobju najhitrejšega padca (od 14:41 do 14:45) pa je to naročilo predstavljalo manj kot 5 % celotnega prometa. Naročilo, ki ga SEC in CFTC krivita za zlom, je imelo po mnenju CME Group bistveno premajhen vpliv, tako zaradi relativne velikosti kot načina izvedbe, da bi lahko povzročilo hipni zlom takih razsežnosti.

Ugotovitve uradne preiskave zavrača tudi Rose (2011, str. 88–89), saj trdi, da je do hipnega zloma prišlo zaradi zakasnitev in da je bil zlom povzročen namenoma. Nekateri trgovalci naj bi namenoma dodajali dodatna naročila, ki so povzročala zakasnitve – s tem so ostali trgovalci dobivali informacije z zamudo, kar so lahko trgovalci, ki so povzročili zakasnitve, izkoristili za izkoriščanje arbitražnih priložnosti pri trgovanju med različnimi borzami.

Tudi raziskava avtorjev Easley, Lopez de Prado in O'Hara (2011), ki delno podpira ugotovitve SEC in CFTC, je bila kritizirana, predvsem glede hipoteze o toksičnosti toka naročil. Easley, Lopez de Prado in O'Hara (2011) navajajo, da je toksičnost toka naročil tik pred zlomom dosegla najvišjo točko v zgodovini E-Mini S&P 500 pogodb in da je bil to vzrok za hipni zlom trga. Andersen in Bondarenko (2014, str. 3–4) ugotavljata, da je VPIN (ki meri toksičnost toka naročil) slab prediktor kratkoročne nestanovitnosti. Poleg tega trdita, da toksičnost toka naročil najvišje točke v zgodovini ni dosegla pred zlomom, temveč po zlomu, zato se ne strinjata z ugotovitvami avtorjev, da je bila visoka toksičnost toka naročil vzrok za hipni zlom.

Se pa nekateri še vedno strinjajo z rezultati SEC in CFTC (2010), saj so do podobnega zaključka prišli tudi Kirilenko, Kyle, Samadi in Tuzun (2017, str. 24). Ugotavljajo, da je na dan zloma prišlo do velikega avtomatiziranega naročila E-Mini pogodb, kar je povzročilo velik prodajni pritisk. Z analizo podatkov pred in med zlomom so prišli do zaključka, da se vzorci trgovanja HFT trgovalcev med zlomom niso spremenili. Njihova strategija je, da imajo zaradi manjšega tveganja naenkrat odprtih čim manj pozicij – na enak način so trgovali tudi med hipnim zlomom. S svojim trgovanjem niso uspeli zmanjšati prodajnega pritiska, kar je še povečalo nesorazmerje na trgu in vodilo v zlom. Avtorji poudarjajo tudi, da ni šlo za enkraten dogodek, saj je do podobnega dogodka prišlo na ameriškem trgu državnih obveznic (angl. U.S. Treasury Market) leta 2014, kar kaže na ranljivosti in nestabilnost nove strukture trga, v kateri imajo veliko vlogo avtomatizirani trgovalni sistemi.

Aprila 2015, po skoraj 5 letih od hipnega zloma, je bil s strani U.S. Department of Justice (v nadaljevanju DOJ) za goljufijo in manipulacijo trga, ki so pripomogle k hipnemu zlomu, obtožen britanski trgovelec Navinder Singh Sarao. Ta obtožba je v precejšnjem nasprotju s prejšnjimi razlagami dogodka s strani regulatorjev finančnega trga (glede na ugotovitve SEC in CFTC (2010)), saj za hipni zlom namesto naključja oziroma nesrečnega sosledja dogodkov krivijo manipulacijo trga in nedovoljene prakse pri trgovanju. Sarao je bil obtožen uporabe algoritma, ki je uporabljal nedovoljene metode trgovanja, predvsem metodo slepljenja (angl. spoofing) (za opis glej poglavje 3.1). General je velika naročila za prodajo E-Mini S&P 500 pogodb, za katera je vedel, da ne bodo nikoli izvedena – njegova naročila naj bi predstavljala od 20 do 29 % vseh prodajnih naročil. Naročila naj bi v tem dnevu spreminjal kar 19.000-krat, preden jih je dokončno preklical. S temi naročili je ustvaril vtis, da je veliko interesa za prodajo E-Mini pogodb s strani različnih trgovalcev. Povečan interes za prodajo je vplival na padec cene, kar mu je omogočilo nakup po nižji ceni in ustvarjanje dobička ob ponovnem dvigu cene. Njegova dejanja so po mnenju CFTC imela vsaj bistven vpliv na neravnovesje naročil, kar je bil eden od dejavnikov, ki so vodili v likvidnostno krizo in hipni zlom trga (Miedema & Lynch, 2015; Brush, Schoenberg & Ring, 2015).

Navinder Singh Sarao je bil januarja 2020 tudi pravnomočno obsojen kot krivec za ta hipni zlom trga (Tarm, 2020). Vendar pa se že od obtožbe naprej pojavljajo mnoge kritike na zaključke DOJ in CFTC, predvsem glede dejstva, da je bil edini, ki je bil spoznan za krivega in kakorkoli odgovarjal za ta hipni zlom. Miedema in Lynch (2015) ter Whipp in Scannel (2016) navajata, da so bili že takoj po obtožbi številni skeptični, da bi lahko dejanja le enega trgovalca povzročila hipni zlom takih razsežnosti. Tudi metoda slepljenja naj bi se (kljub temu, da ni dovoljena) rutinsko uporabljala pri trgovanju – uporaba te strategije na dan zloma torej ni bila nobena izjema, zato nekateri trgovalci dvomijo, da bi lahko bil to razlog tržnega zloma.

### 3.2.2 Zlom cen obveznic (15. oktober 2014)

Pri državnih obveznicah ZDA je 15. oktobra 2014 prišlo do enega največjih nihanj v donosih v preteklih 25 letih. Hipni zlom je, vključno z okrevanjem, trajal le 15 minut. Donosi na 10 letne obveznice so, brez da bi prišlo do kakih izrednih novic, v manj kot 10 minutah padli za 37 bazičnih točk (v nadaljevanju b.t.) glede na prejšnji dan. Nestanovitnost se je prenesla tudi na nekatere druge trge, na primer na trg zamenjav v USD (angl. U.S. dollar swaps) in z zamudo tudi na kapitalski trg. Tako državne obveznice kot ostali finančni trgi, na katere je hipni tržni zlom vplival, so si opomogli v nekaj minutah. Pri tem zlomu je najbolj problematičen trg, kjer se je le-ta zgodil. Trg ameriških državnih obveznic je namreč eden za največjih, najvarnejših in najbolj likvidnih, poleg tega pa so ameriške državne obveznice globalno bolj razširjene kot katerikoli drugi vrednostni papir (Levine, Halle & Floridi, 2017, str. 2). Relativno gledano je šlo glede na stabilnost donosov državnih obveznic za ogromno spremembo v izredno kratkem času. Sprememba je bila kar dobrih 7 standardnih odklonov stran od aritmetične sredine – torej naj bi bil to dogodek, ki bi se glede na statistično

distribucijo lahko zgodil enkrat na 3 milijarde let. Ta padec donosa je bil celo večji kot 15. septembra 2008, ko je prišlo do bankrota banke Lehman Brothers Holdings Inc. Tudi pri tem zlomu so ameriške institucije, ki nadzirajo trgovanje z državnimi obveznicami, izvedle obsežno preiskavo, vendar tudi v tem primeru ni bilo doseženega širšega konsenza glede glavnih vzrokov in krivcev za ta hipni zlom (Keohane, 2015; Udland, 2015).

### 3.2.2.1 Časovnica dogodkov

U.S. Department of the Treasury, Board of Governors of the Federal Reserve System, Federal Reserve Bank of New York, U.S. Securities and Exchange Commission in U.S. Commodity Futures Trading Commission (2015, str. 19) (v nadaljevanju USDT, FRB, New York Fed, SEC & CFTC, 2015) v obsežnem skupnem poročilu navajajo naslednje zaporedje dogodkov:

Na začetku trgovalnega dne 15. oktobra 2014 so donosi na državne obveznice ZDA in standardizirane termenske pogodbe nekoliko upadali. Ob 8:30 so bili objavljeni rezultati prodaje na drobno (angl. retail sales), ki so bili nekoliko nižji od pričakovanih<sup>14</sup>. V 25 minutah po objavi rezultatov je prišlo do padca donosov na 10 letne državne obveznice za 11 b.t.. Padec donosa na državne obveznice je sicer pričakovan ob objavi rezultatov, ki so slabši od pričakovanih, vendar je bil ta odziv precej močnejši od preteklih odzivov na primerljive dogodke. Skupaj s padcem donosov so se začele spreminjati tudi razmere na trgu obveznic (angl. fixed income markets) – obseg trgovanja s standardiziranimi termenskimi pogodbami je močno narasel, globina trga (angl. market depth) pa je precej padla. Globina trga je pomemben indikator likvidnosti in se meri kot količina naročil na voljo za izvedbo v centralni knjigi cenovno omejenih naročil. Donosi na državne obveznice so med 8:30 in 9:30 minimalno padali, saj je cena obveznic rasla. Ob 9:30, uro po objavi rezultatov, pa so donosi, brez objave kakršnihkoli pomembnejših novic, začeli strmo padati. V času med 9:33 in 9:39 so donosi na 10 letne državne obveznice padli še za 16 b.t.. Ob 9:39 so donosi padli za 37 b.t. glede na zaključni tečaj prejšnjega trgovalnega dne. Med 9:39 in 9:45 pa so donosi na 10 letne državne obveznice, ponovno brez nekega očitnega vzroka, začeli naraščati in skoraj dosegli raven pred padcem. Likvidnost se je med zlomom močno zmanjšala, saj je bila globina trga za 10 letne obveznice med 9:30 in 9:45 le 20 % povprečne vrednosti do tega datuma v tistem letu za ta 15 minutni interval. Ob 9:45 se je z vrnitvijo donosa obveznic blizu ravni pred padcem in vrnitvijo globine trga na normalen nivo ta hipni zlom končal (glej Priloga 3 in Priloga 4) (USDT, FRB, New York Fed, SEC & CFTC, 2015, str. 19).

Obseg trgovanja in kontinuiteta cen kažeta na to, da navkljub velikemu padcu likvidnosti ni prišlo do nobene prekinitve trgovanja. Pri nobeni transakciji, niti v najbolj nestanovitnem obdobju med 9:33 in 9:39, ni prišlo do napak, sprememb ali nezveznih skokov cene (angl. price gapping). Edina opazna razlika je bila, da so bile individualne transakcije v povprečju nekoliko manjše. Kljub temu, da tehnično ni prišlo do prekinitve trgovanja, so številni

---

<sup>14</sup> Prodaja na drobno (brez avtomobilov) je padla za 0,2 %, predvidevala pa se je rast za 0,2 %.

trgovalci zaradi zmanjšane likvidnosti in tveganja za še večji padec likvidnosti vseeno začeli previdneje trgovati – nekateri so za zmanjšanje tveganja začasno celo prenehali trgovati z avtomatiziranimi sistemi in prešli na ročno trgovanje. Nestanovitnost se je prenesla tudi na druge trge, ki so povezani s trgom državnih obveznic. Gibanje zamenjav obrestnih mer (angl. interest rate swaps) je bilo zelo podobno kot gibanje donosov na trgu državnih obveznic. Povečala se je tudi implicitna nestanovitnost opcij vezanih na zamenjave obrestnih mer in nestanovitnost le-teh znotraj enega trgovalnega dne – za nekatere čase zapadlosti je bila nestanovitnost opcij najvišja v enem dnevu od finančne krize leta 2008 naprej. V manjši meri se je nestanovitnost prenesla tudi na ostale trge, na primer na devizni trg, kapitalski trg in na blagovni trg (angl. commodities market), so pa bili premiki na teh trgih relativno gledano precej manjši kot pri državnih obveznicah (USDT, FRB, New York Fed, SEC & CFTC, 2015, str. 17).

Kmalu po 9:45, ko se je normaliziral trg državnih obveznic, se je tudi nestanovitnost trga v splošnem zmanjšala, je pa še ves dan ostala nekoliko nad povprečjem. Tudi promet z državnimi obveznicami je na dan zloma nato še precej nihal, po zlomu je dosegel celo rekorden obseg, ki je bil kar od 6 do 10-krat večji od povprečnega nivoja prometa med zlomom. Na koncu trgovalnega dne je bil donos na 10 letne državne obveznice 2,14 %, kar je le 6 b.t. manj kot donos ob koncu prejšnjega trgovalnega dne (Keohane, 2015).

### *3.2.2.2 Razlage hipnega zloma*

To poglavje je zasnovano podobno kot poglavje razlage hipnega zloma 6. maja 2010 (glej poglavje 3.2.1.2). Na začetku so strnjeno podane ugotovitve skupne raziskave USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015), saj je bila prva odmevnejša in celovita raziskava tega dogodka, v nadaljevanju pa so opisani zaključki drugih avtorjev in njihovi odzivi na to raziskavo. Takšno sosledje je najbolj smiselno zato, ker so bile raziskave v takšnem vrstnem redu tudi objavljene in kasnejše raziskave večinoma vsebujejo odzive na ugotovitve že objavljenih raziskav drugih avtorjev.

USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015, str. 18–19) v poročilu opisujejo, da so bile oktobra 2014, v dneh pred tem zlomom, na trgu nekoliko specifične razmere. Splošni gospodarski obeti so bili precej pesimistični, investitorji pa bolj previdni. V evroobmočju je bilo nekaj negotovosti glede rezultatov gospodarske rasti in možnosti deflacije, hkrati pa tudi ni bilo najbolj jasno, kakšen bo odziv Evropske centralne banke (v nadaljevanju ECB) na zaostrene razmere. Predvidevalo se je tudi, da bodo rezultati ameriškega gospodarstva nekoliko slabši od napovedi, poleg tega so na trg vplivale skrbi glede možnosti širjenja izbruha ebole. Mnogi investitorji so posledično začeli večji delež svojega portfelja investirati v varnejša sredstva, kar je povzročilo rast cen teh sredstev ter med drugim znižalo tudi donose ameriških državnih obveznic in z njimi povezanih finančnih instrumentov. Vendar pa je bila slab mesec prej, v septembru 2014, situacija precej drugačna. Na osnovi napovedi povečanja gospodarske rasti v ZDA in posledično dvigu kratkoročnih obrestnih mer so

številni investitorji investirali v kratke pozicije v standardizirane terminske pogodbe, vezane na obrestno mero, ki so jih kupovali s precej finančnimi vzvodi. Takrat je cena ameriških državnih obveznic nekoliko padala, donosi za investitorje pa rasli. Situacija pa se je konec septembra in v prvi polovici oktobra 2014 precej spremenila in je bila bolj negotova od predvidevanj. Posledica te negotovosti je bila več investicij v varnejša sredstva (tudi v državne obveznice), ki so dvignila ceno in znižala donose le-teh. Ta sprememba splošne gospodarske situacije je bila neugodna za številne investitorje, ki so pričakovali rast obrestnih mer in imeli odprte kratke pozicije vezane na obrestno mero. Ko je obrestna mera konec septembra in v začetku oktobra začela padati, so začeli mnogi zapirati svoje kratke pozicije in s tem zmanjševati izpostavljenost tveganju. Velik delež zapiranja teh pozicij se je zgodil pred 15. oktobrom, vendar so investitorji tudi na dan zloma zaprli precej teh pozicij, kar je povzročilo še dodaten padec donosov državnih obveznic.

Zaradi drugačnih razmer od pričakovanih in izgub zaradi padca donosov so bili investitorji precej občutljivi na nove informacije, ki bi še bolj potrdile predvidevanja, da je globalna gospodarska situacija nekoliko slabša od pričakovanj. USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015, str. 20) navajajo, da bi bil lahko to eden izmed razlogov, ki so vplivali na močno pretirano reakcijo na nekoliko slabše rezultate prodaje na drobno (angl. retail sales) od pričakovanj. Vendar pa tudi sami glede na gibanje cene dvomijo, da je bil to eden izmed glavnih razlogov za hipni zlom trga.

V poročilu USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015, str. 16–18) navajajo, da je tako velik padec likvidnosti in hitro gibanje cene v tako kratkem obdobju zelo nenavadno, sploh upoštevajoč dejstvo, da za gibanje cene ni bilo nekega očitnega razloga ali kakršnekoli novice, ki bi to sprožila. Od leta 1998 do tega hipnega zloma je do večje spremembe donosa znotraj enega trgovalnega dne (angl. intraday change) prišlo le trikrat, vsa ta nihanja pa so bila posledica novih temeljnih informacij, ki so imele bistven vpliv na državne obveznice. Poleg tega je pri vseh treh prej omenjenih nihanjih na koncu trgovalnega dne, po tem ko je trg ovrednotil nove informacije, prišlo do večje neto spremembe donosa, pri dveh izmed treh nihanj pa celo do bistveno večje spremembe donosa na koncu trgovalnega dne<sup>15</sup>. Torej tudi primerjava s podobno velikimi nihanji v zadnjih dveh desetletjih kaže na to, da gre v primeru tega zloma za izreden dogodek, saj je večje nihanje donosov znotraj enega dne praviloma posledica spremembe temeljnih informacij, le-ta pa se potem odrazi tudi v večji neto spremembi ob koncu trgovalnega dne.

Za hipni zlom glede na obsežno preiskavo in rezultate USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015, str. 20) ni bil kriv le en vzrok, temveč kombinacija večjih dejavnikov, ki so pred oziroma med dogodkom sovplivali na specifičen razvoj situacije, ki je na koncu vodila v zlom. Glavni dejavniki za zlom so bile večje spremembe prometa, zmanjšanje globine trga, spremembe v toku naročil in nekateri specifični vzorci trgovanja. Poleg tega kot pomemben

---

<sup>15</sup> Spremembe donosa so bile naslednje: **8. oktobra 2008**: znotraj trgovalnega dne 43 b.t., neto ob koncu dne 13,5 b.t.; **18. marca 2009**: znotraj trgovalnega dne 55 b.t., neto ob koncu dne 47,5 b.t.; **9. avgusta 2011**: znotraj trgovalnega dne 40 b.t., neto ob koncu dne 7 b.t..

razlog za hipni zlom navajajo tudi bistvene spremembe strukture trga državnih obveznic – vse več avtomatskega (algoritemskega) trgovanja in spremembe pri zagotavljanju likvidnosti, ki naj bi, skupaj z zgoraj opisanimi dejavniki, bistveno pripomogle k hipnemu zlomu.

USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015, str. 20–23) so ugotovili, da so bili pri trgovanju na dan zloma najbolj aktivni HFT trgovalci in investicijske banke (v nadaljevanju banke), a v podobnem obsegu kot v kontrolnih dneh. Delež HFT je bil pred zlomom večji kot delež bank, tako na denarnem trgu kot pri standardiziranih terminskih pogodbah, med zlomom pa se je delež HFT še povečal, bankam pa sorazmerno zmanjšal. Vendar se je absolutno gledano med zlomom obema povečal promet, kar je precej povečalo tudi skupni promet. Tudi pri deležu sporočil<sup>16</sup> so prevladovali HFT, a je bil njihov delež le malenkost višji kot v kontrolnih dneh. Povsem povprečen je bil tudi delež koncentracije najbolj aktivnih HFT in bank<sup>17</sup>. Kljub temu, da je promet med zlomom precej narasel, se neto pozicija posameznih udeležencev v tem času ni bistveno spremenila. Vendar pa je uro pred zlomom (ob izidu informacij o gospodarski rasti ZDA) prišlo do večjih sprememb neto pozicij – upravitelji premoženja so skupno povečali svojo neto dolgo pozicijo pri standardiziranih terminskih pogodbah, banke in hedge skladi pa so povečali svojo neto kratko pozicijo pri letih. Opisane spremembe neto pozicij bi sicer lahko prispevale k pretirani reakciji in hitremu porastu cen in nestanovitnosti med zlomom, vendar pa to ne pojasni hitrega okrevanja po samem zlomu.

Tudi pri trgovalnih strategijah ni prišlo do izrednih dogodkov ali večjih odstopanj, ki bi lahko povzročili zlom. Med zlomom je, tako kot pri vseh večjih premikih na trgu, prišlo do nesorazmerja med naročili kupcev in prodajalcev. Na trgu standardiziranih terminskih pogodb (vezanih na državne obveznice) so bile v obeh delih zloma banke in predvsem HFT odgovorni za večino nesorazmerja, saj so imeli največji tržni delež. V prvem delu so bili neto agresivni kupci, v drugem delu zloma pa neto agresivni prodajalci. HFT so imeli zelo podobno strategijo tudi na denarnem trgu, banke pa so bile na denarnem trgu v prvem delu zloma neto nevtralne, v drugem delu zloma pa neto agresivni prodajalci. Pri pasivnih naročilih je bila strategija HFT ravno obratna. V prvem delu zloma so bili neto pasivni prodajalci, v drugem delu zloma pa neto pasivni kupci. Vendar pa so bila pri HFT ves čas zloma pasivna naročila skoraj popolna zrcalna slika njihovih aktivnih naročil, zato je skupna neto pozicija (aktivnih in pasivnih naročil) HFT ves čas zloma ostala skoraj nespremenjena. Razlog za tako trgovanje je najverjetneje hkratno delovanje dveh tipov trgovalnih strategij – del algoritmov HFT lahko pojasni velik delež neto pasivne aktivnosti na trgu, drug del algoritmov pa lahko pojasni večino agresivne aktivnosti na trgu, saj so ti algoritmi agresivno trgovali v smeri premikov trga (USDT, FRB, New York Fed, SEC & CFTC, 2015, str. 24).

---

<sup>16</sup> Število novih naročil, sprememb naročil in preklicev naročil.

<sup>17</sup> Delež trgovalne aktivnosti 10 najbolj aktivnih udeležencev nekega tipa glede na vse udeležence tega tipa.

USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015, str. 25–27) so izvedli tudi obsežno analizo knjige naročil, razlik med nakupno in prodajno ceno in likvidnosti v času hipnega zloma. Ugotovili so, da so bili HFT in banke, kot največji udeleženci trga, tudi glavni zagotovitelji likvidnosti v tistem času. Oboji so med samim zlomom trgovali, a so z različnimi strategijami zmanjšali njihovo izpostavljenost tveganju zaradi povečane nestanovitnosti. HFT so v času največje nestanovitnosti in največjega prometa zmanjšali globino naročil, banke pa so v tem času bistveno povečale razliko med nakupno in prodajno ceno, da bi se tako zavarovale pred večjim tveganjem, v nekaterih krajših časovnih intervalih pa so celo prenehale trgovati na prodajni strani (angl. offer side) denarnega trga. Kljub temu, da so te strategije precej zmanjšale likvidnost, vseeno ni prišlo do obdobja nelikvidnosti. Tudi globina trga je na dan zloma precej nihala. Bistveno se je zmanjšala tik pred objavo informacij o gospodarski rasti v ZDA in se spet povrnila na prejšnji nivo takoj po objavi, kar je v takih situacijah povsem pričakovano. Nato je do zloma postopoma padala, kar je konsistentno z obratnim sorazmerjem med globino trga in nestanovitnostjo, med zlomom pa se je še dodatno zmanjšala. Vendar pa so, kljub temu da so HFT trgovalci bistveno zmanjšali število naročil, skupno (za razliko od bank) še vedno zagotavljali večino globine trga ter so imeli še vedno relativno majhne razlike med nakupno in prodajno ceno.

Vidljivost naročil naj bi pomembno vplivala na okrevanje po zlomu. Pri standardiziranih terminskih pogodbah je namreč trgovalcem vidnih le 10 nivojev cene nad oziroma pod najboljšo nakupno oziroma prodajno ceno. Globlje v knjigi naročil pa je bilo precej večjih prodajnih naročil z omejitvijo. Ko je cena pogodb rasla, so ta naročila posledično postala vidna – v trenutku, ko so ta naročila postala vidna je tudi cena dosegla vrh, saj so trgovalci ocenili, da se bo razmerje prevesilo na stran prodaje in začeli tudi sami prodajati svoje pozicije, kar je povzročilo normalizacijo cene (USDT, FRB, New York Fed, SEC & CFTC, 2015, str. 28).

Analiza transakcij pa je pokazala, da sta na dan zloma prevladovala dva opaznejša vzorca trgovanja – visok nivo preklicev naročil in visok nivo samotrgovanja<sup>18</sup>, vendar ni jasno, v kolikšni meri sta ta dva trgovalna vzorca pripomogla k izrednemu nihanju cene. Na dan zloma je bilo število sporočil zelo veliko, kot se navadno zgodi, kadar pride do povečane nestanovitnosti. Med zlomom je predvsem na trgu standardiziranih terminskih pogodb zaradi močno povečanega števila sporočil precej narasla latenca. To bi lahko na širšo situacijo vplivalo na dva načina. Latenca je vplivala na hitrost trgovanja udeležencev trga, saj se je povečal čas med oddajo naročila s strani trgovalca in njegovo izvedbo, kar bi lahko povzročilo dodatna nesorazmerja na trgu in se odrazilo v dodatnem nihanju cene. Poleg tega nekateri algoritmi spremljajo latenco in jo kot vhodni podatek vključujejo v svoje trgovalne strategije – hitre spremembe latence bi lahko povzročile nekatere spremembe v trgovalnih vzorcih. Poleg tega se je v prvem delu zloma močno povečal tudi delež samotrgovanja.

---

<sup>18</sup> Samotrgovanje (angl. self-trading) je transakcija, pri kateri isti trgovalec vstopi v obe poziciji pri transakciji, tako da ne pride do spremembe ekonomskega lastništva (angl. beneficial ownership) (Futures Industry Association, 2015).



Čeprav to povprečno obsega od 2 do 5 % trga, je med samim zlomom samotrgovanje predstavljalo kar 14,9 % prometa z državnimi obveznicami ter 11,5 % denarnega trga in trga standardiziranih terminskih pogodb. V drugem delu zloma, ko so cene padale, pa je močno upadlo, na 1,2 % oziroma na 4,8 % za denarni trg in terminske pogodbe. V prvem delu zloma (med 9:33 in 9:39) naj bi bilo samotrgovanje glede na analizo USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015, str. 33) odgovorno kar za petino nesorazmerja med nakupno in prodajno količino.

Če nekoliko povzamemo izsledke preiskave USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015) ugotovimo, da preiskava ni identificirala jasnega razloga za hipni zlom, zanj naj bi bil odgovoren sovpliv večih (sicer povsem vsakdanjih) dejavnikov. Odzivi vseh udeležencev trga na dogajanje so bili z izjemo nekaterih dogodkov, opisanih v nadaljevanju, povsem pričakovani. Med dogodkom ni prišlo do neobičajnih ali izstopajočih transakcij – nadpovprečno velikih naročil, kaskad naročil za preprečevanje izgube ali posebnosti pri naročilih, ki bi lahko povzročila nesorazmerja na trgu. Na razvoj dogodkov bi sicer lahko vplivalo povečanje latence zaradi velikega povečanja naročil, vendar to naj ne bi bil eden glavnih vzrokov za zlom.

Nekoliko nenavadna je bila sama dinamika HFT trgovalcev in bank. HFT trgovalci so tekom celotnega zloma vzdrževali visok nivo naročil, ki so bila relativno uravnovešena in tako ves čas zloma zagotavljali likvidnost. Banke pa so manj povečale svoj obseg trgovanja, zagotavljale so manj likvidnosti, saj so povečale razliko med nakupno in prodajno ceno ter v določenih trenutkih celo prenehale s trgovanjem na ponudbeni strani. Dinamika, ki je bila razlog za tako strategijo in tako velik obseg trgovanja HFT trgovalcev in bank med zlomom, ni popolnoma pojasnjena. Druga posebnost trgovanja pa je bila hkratna uporaba večih strategij s strani HFT trgovalcev. Tako banke kot HFT trgovalci so s svojimi trgovalnimi vzorci prispevale k nastanku oziroma poglobljanju nesorazmerij med kupci in prodajalci. Hkrati pa so HFT trgovalci tudi dodajali veliko količino pasivnih naročil tekom celotnega zloma in tako povečevali likvidnost trga, kar kaže na hkratno uporabo večih strategij, ki bi lahko vplivale na razvoj situacije (USDT, FRB, New York Fed, SEC & CFTC, 2015, str. 34)

Čeprav USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015, str. 35–49) niso identificirali jasnega povoda za tržni zlom, pa velik del krivde za dogodek pripisujejo prav bistveno spremenjeni strukturi trga. V zadnjih nekaj letih se je bistveno povečala količina AT in HFT, kar je spremenilo vloge posrednikov na finančnem trgu, poleg tega so se bistveno spremenili tudi končni investitorji. Zaradi vse več AT je prišlo tudi do sprememb pri zagotavljanju in zahtevah po likvidnosti, likvidnost pa ima navadno ključno vlogo pri nastanku in razpletu tržnih zlomov. Spremenjena struktura trga zaradi vse večje povezanosti in hitrosti tudi omogoča nastanek in hitro širjenje podobnih dogodkov. V poročilu zaključujejo, da je v prihodnje nujno izboljšanje razumevanja nove strukture trga in njenih vplivov na stabilnost in likvidnost, izboljšati sisteme za zaznavanje in obvladovanje tveganj ter posodobitev

regulacij na trgu državnih obveznic, saj obstaja veliko tveganje, da bodo podobni dogodki v prihodnosti vse bolj pogosti.

Tudi rezultati Bouveret, Breuer, Chen, Jones in Sasaki (2015) nekoliko spominjajo na rezultate USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015), vendar Bouveret et al. (2015) posamezne dejavnike povežejo v pozitivno povratno zanko, ki naj bi bila odgovorna za zlom. Dejavnike, ki so povzročili zlom lahko strnimo v tri glavne skupine: sprememba pozicij hedge skladov, umik zagotoviteljev likvidnosti in visokofrekvenčno trgovanje.

Bouveret et al. (2015, str. 17–18) del krivde za zlom pripisujejo širši gospodarski situaciji. Zaradi objave slabših rezultatov splošne potrošnje od pričakovanj, je prišlo do večjega repozicioniranja hedge skladov v varnejša sredstva, kar bi lahko delno razložilo nakupni pritisk. Vendar ugotavljajo tudi, da repozicioniranje hedge skladov ni imelo bistvenega učinka na dinamiko samega zloma – večina repozicioniranja se je zgodila že konec septembra in le-to ni imelo bistvenega vpliva na ceno državnih obveznic. Poleg tega se je tržni zlom zgodil več kot uro po objavi rezultatov, kar močno presega povprečen čas reakcije na take novice. Tudi če predpostavimo, da bi lahko ta situacija delno razložila nakupni pritisk, pa ne pojasni prodajnega pritiska ob 9:40, ki je vodil v okrevanje po zlomu. Do težav je prihajalo tudi pri zagotavljanju likvidnosti. Globina trga je bila med dogodkom bistveno zmanjšana, saj zagotovitelji likvidnosti le-te niso sproti obnavljali. HFT trgovalci likvidnost praviloma zagotavljajo blizu najboljših cen, likvidnost globlje v knjigi naročil pa zagotavljajo ostali trgovalci – najbolj se je zmanjšala prav slednja. Naslednji dejavnik, ki bi lahko vplival na tržni zlom, pa je manjši nivo internalizacije naročil. Posredniki namreč v normalnih situacijah internalizirajo velik delež naročil. Vendar v situacijah, ko se razmerje med nakupnim in prodajnim pritiskom poruši, pa večji delež naročil posredujejo neposredno na trg – to se je zgodilo tudi v primeru tega zloma, kar je še okrepilo prodajni pritisk. Tretji razlog za tržni zlom pa naj bi bil HFT. Med samim dogodkom je prišlo do močno povečanega obsega HFT, tudi v primerjavi z drugimi dnevi, ko je prišlo do objave pomembnejših novic.

Bouveret et al. (2015, str. 21) sovpliv zgoraj opisanih dejavnikov razlagajo s pozitivno povratno zanko. Posledica povečanega obsega HFT je bilo večje število transakcij, kar je zmanjševalo globino trga. Zaradi kombinacije visokega števila transakcij in manjše globine trga je imelo vsako posamezno naročilo večji vpliv na trg kot običajno, poleg tega so bile pogostejše tudi spremembe znotraj knjige naročil. Ta situacija je vodila v še več HFT, kar tudi sklene povratno zanko.

Nekateri drugi raziskovalci, na primer Levine, Halle in Floridi (2017) pa so, za razliko od ostalih, prišli do bolj konkretnih zaključkov. V raziskavi so se osredotočili predvsem na odkrivanje dogodka, ki bi lahko bil povod za začetek tržnega zloma – natančneje predvsem na povezavo med odprtjem ameriškega delniškega trga ob 9:30 in začetkom zloma ob 9:33. Njihova hipoteza je, da je povečano število malih hipnih zlomov na kapitalnem trgu pripomoglo k hipnemu zlomu državnih obveznic. Čeprav je področje malih hipnih zlomov

še nekoliko neraziskano, Johnson in drugi (2012) ugotavljajo, da naj bi mali hipni zlomi<sup>19</sup> večinoma izvirali iz algoritemsko sprejetih odločitev, saj se jih večina zgodi in sanira prehitro, da bi lahko ljudje sploh zaznali dogodek in kakorkoli vplivali na njegov potek.

Kmalu po odprtju delniškega trga na dan zloma je prišlo do zaporedja malih hipnih zlomov. Število le-teh na delniškem trgu je bilo med 9:30 in 9:33 kar 2,6-krat večje od števila tržnih zlomov v tem času na kateregakoli izmed prejšnjih desetih trgovalnih dni. Ko so trgovalni algoritmi, ki v svoje trgovalne strategije vključujejo tudi male hipne zlome, ob odprtju borze zaznali statistično značilno povečanje števila le-teh, so začeli zmanjševati tveganje z investiranjem v državne obveznice. To hitro povečanje povpraševanja pa naj bi povzročilo hiter in izrazit skok cene ameriških obveznic (Levine, Halle & Floridi, 2017, str. 9).

15. oktobra 2014 je v časovnem oknu med 9:30 in 9:33 prišlo do kar 13 malih hipnih zlomov pri ločenih delnicah<sup>20</sup>. 13 malih hipnih zlomov v tem časovnem oknu je kar 6,36 standardnih odklonov stran od aritmetične sredine. Delni razlog za bistven porast malih hipnih zlomov naj bi bil v povečanem obsegu trgovanja v tistem obdobju, vendar tudi na normalizirani lestvici število zlomov bistveno izstopa – na dan zloma se je zgodil 1 mali hipni zlom na 56.183 transakcij, v kontrolnem obdobju pa se je povprečno zgodil 1 zlom na 186.407 transakcij. Tako število malih hipnih zlomov je močno izstopajoče tudi glede na katerikoli 3-minutni interval v desetih kontrolnih dneh. Z analizo 3.880 3-minutnih intervalov v kontrolnih dneh so ugotovili, da do zgostitev malih hipnih zlomov (skladno s teorijo) prihaja na začetku in koncu trgovalnih dni, poleg tega v 3.162 (81 %) intervalih ni prišlo do nobenega malega zloma, v večini preostalih intervalov je prišlo do enega zloma, maksimalno število zlomov v 3-minutnem intervalu<sup>20</sup> pa je bilo 5 (Levine, Halle & Floridi, 2017, str. 9–10).

Glede na zgornjo analizo lahko zaključimo, da je pred hipnim tržnim zlomom prišlo do precejšnjega absolutnega in tudi relativnega povečanja števila malih hipnih zlomov glede na relevantne metrike. To že samo po sebi signalizira nestabilnost, poleg tega pa so bili mali hipni zlomi na dan zloma neenakomerno porazdeljeni tudi znotraj časovnega okna, saj se je kar 12 izmed 13 malih hipnih zlomov zgodilo med 9:30 in 9:31. Ta podatek bi lahko, poleg samega povečanja števila zlomov, trgovalnim algoritmom še dodatno signaliziral, da se je stabilnost trga močno zmanjšala (Levine, Halle & Floridi, 2017).

Levine, Halle in Floridi (2017) ugotavljajo, da gre pri malih hipnih zlomih trga tako za signale zmanjšanja kot tudi za dejansko zmanjšanje stabilnosti trga. Zaradi statistično značilnega povečanja števila hipnih zlomov so algoritmi ocenili, da je bilo na delniškem trgu tveganje v tistem trenutku preveliko, to pa je bil zadosten razlog za množično investiranje v

---

<sup>19</sup> Male hipne zlome so definirali kot vsaj 10 zaporednih skokov cene vrednostnega papirja, ki so ceno spremenili za več kot 0,8 % in so trajali manj kot 1,5 sekunde (glej poglavje 3.1).

<sup>20</sup> Povprečje 10 dni pred zlomom v tem časovnem oknu (9:30-9:33) je 2,5 malih hipnih zlomov. Maksimalno je prišlo do 5 zlomov (8. oktobra 2014 in 14. oktobra 2014), minimalno pa do nobenega (3. oktobra 2014). Pri le eni delnici se je mali hipni zlom zgodil dvakrat, ostali dogodki so edinstveni (Levine, Halle & Floridi, 2017, str. 7).

stabilnejše in bolj likvidne državne obveznice. Izsledki njihove raziskave o povezavi med povečanim številom malih hipnih zlomov in vplivom na stabilnost trga in tržne zlome pa so skladni tudi z ugotovitvami drugih avtorjev, na primer Golub, Keane in Poon (2012).

Tudi Levine, Halle in Floridi (2017) kot enega glavnih razlogov za ta hipni zlom vidijo spremenjeno strukturo trga. Trg je namreč zaradi različnih načinov diverzifikacije in naraščajočih tehnoloških zmožnosti vse bolj povezan. Trgovalci, ki trgujejo v tem okolju, pa so večinoma visokofrekvenčni algoritmi, ki sami sprejemajo odločitve glede na zaznane stanje na trgu. Spremembe v stanju na trgu zaznajo izjemno hitro in se v delčku sekunde odzovejo z veliko spremembo pozicij, da s tem zmanjšajo svojo izpostavljenost tveganju. Ko so trgovalni algoritmi 15. oktobra 2014 zaznali, da je situacija na trgu nestabilna oziroma nelikvidna, so začeli takoj iskati stabilnejše in bolj likvidne trge, da se zavarujejo pred tveganjem – zaradi sovpliva večih (pretiranih) odzivov pa je prišlo do hipnega zloma.

### 3.2.3 Sesutje cene britanskega funta (7. oktober 2016)

7. oktobra 2016 ob 00:07 po angleškem času oziroma ob 7:07 po hongkonškem času, le nekaj minut po odprtju azijskega valutnega trga, se je začel hipni zlom britanskega funta (v nadaljevanju GBP). V le 2 minutah je prišlo do nenadnega padca vrednosti GBP za nekaj manj kot 9 % v primerjavi z USD. To je bila do takrat najnižja vrednost GBP vse od maja 1985 in drugi največji enodnevni padec GBP, takoj za 11,1 % padcem 24. junija 2016, ko se je Velika Britanija odločila, da zapusti Evropsko unijo (v nadaljevanju EU).

GBP je po hipnem zlomu potreboval nekaj manj kot 30 minut, da je nazaj povrnil večino svoje vrednosti, vendar pa je na koncu dneva še vedno imel 1,8 % nižjo vrednost glede na USD kot pred tem hipnim zlomom. Glede na evro (v nadaljevanju EUR) pa je GBP ob koncu dneva izgubil 2,1 % svoje vrednosti. Tudi v primeru tega zloma so številne (predvsem evropske) institucije izvedle obsežno preiskavo dogodka.

#### 3.2.3.1 Časovnica dogodkov

V uradnem poročilu s strani Bank for International Settlements (v nadaljevanju BIS) časovni potek dogodka delijo na 3 faze (BIS, 2017, str. 4–13).

Prva faza je trajala 8 sekund in se je začela ob 00:07:03 po angleškem času. V tem času je vrednost GBP padla iz 1,2600 USD na 1,2494 USD. V tem času je bilo na platformi Reuters za 252 milijonov GBP transakcij med GBP in USD ter 52 milijonov EUR transakcij med EUR in GBP. Pri teh transakcijah je v veliki večini šlo za agresivno prodajo GBP, kar je povzročilo precejšnje nesorazmerje v toku naročil.

Ob 00:07:13 je bila v Financial Times objavljena novica o pogajanjih glede Brexita, ki naj bi nekoliko negativno vplivala na vrednost GBP, ni pa razkrila kakih novih informacij. Padec

vrednosti GBP se je sicer začel že pred objavo te novice, vendar pa naj bi ta novica še dodatno povečala nestanovitnost trga (Chassany, 2016).

Druga faza se je začela ob 00:07:15, ko je cena GBP padla pod 1,24 USD. Ta padec je na Chicago Merchantile Exchange (v nadaljevanju CME), zaradi velikega gibanja cene v prejšnjih 2 sekundah, sprožil sistem za prekinitev trgovanja, ki je za 10 sekund zaustavil trgovanje s standardiziranimi terminskimi pogodbami med GBP in USD. Po prekinitvi trgovanja na CME je postalo vse bolj zahtevno določiti ceno GBP na valutnem trgu, saj je bilo na trgu premalo naročil na strani povpraševanja za nakup GBP, ki bi lahko ublažilo ali preprečilo večji padec cene (Bank of England, 2016).

Ko je vrednost GBP padla pod 1,22 USD, so bili zaradi nesorazmerja med povpraševanjem in ponudbo vse bolj opazni tudi nezvezni skoki cene (angl. price gapping). Ob 00:07:34 je cena dosegla 1,20 USD, kar je popolnoma izčrpalo naročila za nakup (angl. bid) na večjih elektronskih platformah za trgovanje. Povpraševanje za nakup GBP je kmalu za tem sicer nekoliko okrevalo, vendar pa je bila globina knjige naročil izredno nizka še nekaj minut. Vsi, ki so v tistem trenutku želeli trgovati, so lahko trgovali le v zelo majhnem obsegu po cenah, ki so bistveno odstopale od srednje tržne cene. Na platformi Reuters je bila ob 00:07:41 izvedena transakcija po ceni 1,1491 USD, kar je bil 9,66 % padec glede na vrednost pred zlomom. Na ostalih platformah naj bi se izvedle transakcije po še nižjih cenah. Najnižje cene so bile na trgu prisotne izredno malo časa, že slabih 20 sekund kasneje, v časovnem intervalu med 00:08:00 in 00:09:00 so bile transakcije izvedene po cenah od 1,20 do 1,22 USD za GBP (glej Priloga 5). Globina trga je ostala nizka vse do 00:20:00 (BIS, 2017, str. 5–9).

V tretji fazi se je začelo okrevanje vrednosti GBP. Začetek okrevanja je nekoliko težko določiti, saj ni bilo jasnega prehoda v fazo okrevanja. Do 00:20:00 se je povrnila že večina njegove vrednosti – glede na vrednost pred zlomom je bila izguba le še 2,2 %. Promet je glede na prejšnje dni ob istem času ostal povečan še 3 do 4 ure, razlike med nakupno in prodajno ceno pa so bile še vso noč nekoliko višje kot običajno. Pri tem zlomu je prišlo do zelo malo prelivanja šoka na ostale trge. Hipni zlom naj bi le nekoliko vplival na angleške državne obveznice, ni pa prišlo do bistvenega nihanja njihove cene (BIS, 2017, str. 5–9).

### 3.2.3.2 *Razlage hipnega zloma trga*

Tudi glede glavnih razlogov za ta hipni zlom obstajajo številne teorije. Ene od teorij, ki so se pojavile kmalu po zlomu, so vključevale predvsem napako debelega prsta, ki naj bi povzročila paniko in vodila v zlom. Druga skupina teorij je vključevala vpliv nepopustljivih komentarjev francoskega predsednika glede Brexita in splošno dogajanje na družabnih omrežjih<sup>21</sup>. Ti naj bi v kombinaciji z mehanizmi za preprečevanje izgube drugih algoritmov povzročili »razprodajo« GBP, ki je vodila v tržni zlom. Tretja skupina teorij pa je

---

<sup>21</sup> Nekateri algoritmi novice in objave na družabnih omrežjih vključujejo v trgovalne strategije.

vključevala slabo kalibracijo oziroma neko (takrat še nedefinirano) napako trgovalnih algoritmov (Davies, 2016; Hughes & Lewis, 2016; Bank of England, 2016, str. 53).

Nekaj mesecev po zlomu se je pojavila teorija o vplivu trgovanja japonske izpostave investicijske banke Citigroup Inc. (v nadaljevanju Citigroup). Druga faza zloma je namreč časovno sovpadala s proženjem algoritma, ki je izvedel veliko število naročil za prodajo GBP na številnih trgovalnih mestih. Med izvajanjem tega algoritma je bil trg zelo slabo likviden, saj je bilo povpraševanje za nakup GBP zelo majhno, v nekaj krajših časovnih intervalih celo ničelno. Vseeno trgovalna aktivnost Citigroup ni povzročila padca vrednosti GBP, naj pa bi imela veliko vlogo pri tem, da je vrednost GBP upadla na najnižjo točko v zadnjih 31 letih (Martin & Binham, 2016).

Obsežno preiskavo dogodka je izvedel tudi BIS (2017). Njihov zaključek je bil, da za zlom ni bil odgovoren le en faktor, temveč kombinacija različnih faktorjev. Pred samo razlago dogodkov, ki so vodili v zlom, je potrebno izpostaviti, da se je ta dogodek zgodil v za trgovanje z GBP zelo nelikvidnem času trgovalnega dne (v tem času so aktivni predvsem trgi na vzhodu), obseg trgovanja je še dodatno zmanjšal državni praznik na Kitajskem. Devizni trg sicer deluje 24 ur na dan, 5 dni na teden, vendar pa so v tem času trgovali s GBP manj izkušeni trgovalci, ki imajo tudi manjšo toleranco za tveganje. Poleg tega zaradi manjše izkušenosti sprejemajo manj optimalne odločitve o primernosti nekega algoritma v določeni situaciji. Globina trga je v tem času najmanjša, kar poveča občutljivost na posamezna naročila. Iz tega lahko sklepamo, da če bi se dogodki iz začetne faze tega zloma zgodili ob drugem, za trgovanje s GBP bolj likvidnem času, bi bil njihov vpliv najverjetneje manjši in do hipnega zloma morda niti ne bi prišlo. BIS (2017, str. 11) v poročilu komentira tudi začetne teorije o vzroku hipnega zloma. Teorij o napaki debelega prsta ali manipulaciji trga sicer ni mogoče popolnoma ovreči, vendar pa obstaja izredno malo dokazov, ki bi lahko podprli te teorije.

Na potek zloma je pomembno vplivala takratna situacija na trgu – že pred zlomom je bilo na trgu precej potencialnih ranljivosti, ki so ojačale padec cene in negativno vplivale na delovanje trga. Ko je cena GBP začela padati, je bila ena izmed glavnih ranljivosti, ki so še dodatno povečale pritisk na ceno, obsežna prodaja GBP za zmanjševanje tveganja odprtih pozicij pri opcijah (angl. option hedging). Poleg tega so na trg ob padcu cene GBP vplivali vnaprej definirani mehanizmi za preprečevanje izgube (angl. stop-loss orders). Oba zgoraj opisana mehanizma sta bistveno povečala povpraševanje po likvidnosti. Obseg trgovanja, do katerega je prišlo zaradi teh mehanizmov, je imel bistven vpliv na trg, saj je predstavljal velik delež celotnega prometa v času zloma. Povod za začetek celotnega zloma naj bi bil padec cene pod 1,26 USD (ki naj bi bil sicer del normalnega gibanja cene). Ta padec namreč skoraj popolnoma sovpada z začetnim nihanjem cene in močnim povečanjem prodajnega pritiska, do katerih naj bi prišlo zaradi sistematične (algoritemske) prodaje ob padcu cene pod ta nivo. Ob padcu cene iz 1,26 USD na 1,24 USD je bil trg še vedno popolnoma funkcionalen, aktivna je bila tudi večina trgovalnih mest. Naslednji pomemben korak pri razvoju dogodkov pa je bil padec cene pod 1,24 USD, saj le-ta sovpada še z večjim neto

prodajnim pritiskom, ki je narasel celo do točke, da so se pojavili tudi nezvezni skoki cene (angl. price gapping) in na splošno težave s funkcioniranjem trga (BIS, 2017, str. 11).

Ob padcu cene pod 1,24 USD (ob 00:07:15) se je na CME sprožil še mehanizem za prekinitve trgovanja, ki je precej zaostril razmere na trgu, saj je postalo vse bolj zahtevno določiti ceno GBP na denarnem trgu. Algoritemski ustvarjalci trga se na stresne situacije odzivajo podobno, kot bi se nanje odzvali ljudje – ob povečanju nestanovitnosti postanejo previdnejši, da zmanjšajo izpostavljenost tveganju. To dosežejo s povečanjem razlike med nakupno in prodajno ceno, v izrednih situacijah, ko cena preseže določene meje, pa celo s popolnim prenehanjem trgovanja. Te meje so lahko postavljene kot omejitve glede dobička oziroma izgube, kadar pa gre za večje premike, pa lahko vključujejo tudi podatke o ceni od drugod. Nekateri ustvarjalci trga se zanašajo na CME kot dodaten vir cenovnih informacij – zato so imeli ob prekinitvi trgovanja s standardiziranimi terminskimi pogodbami s strani CME kar nekaj težav pri svojih strategijah na denarnem trgu, to pa je še dodaten faktor, ki je vplival na zmanjšanje likvidnosti. Številni zagotovitelji likvidnosti so zaradi težav pri določanju cene in povečanem tveganju začasno prenehali trgovati (BIS, 2017, str. 12–13).

Hkrati pa je bil prodajni pritisk, glede na likvidnost v tistem trenutku, ogromen. Glede na podatke CME in Reuters je bil na dan zloma med 00:05:00 in 00:15:00 skupen potencialen obseg prodaje GBP/USD in EUR/GBP kar 3,5 milijarde GBP, dejansko izvedeni obseg prodaje pa je bil malo nad 2 milijardi GBP. Do stabilizacije trga pa naj bi prišlo z zmanjšanjem potencialnega prodajnega pritiska – njegovo zmanjšanje namreč časovno sovпада z najnižjo ceno, ki jo je GBP dosegel med tem zlomom, kar kaže na to, da je zmanjševanje prodajnega pritiska obrnilo graf cene v drugo smer in pomagalo pri stabilizaciji trga. Postopno so zaradi zmanjšanja tveganja tudi različni udeleženci trga začeli rahljati svoje varnostne mehanizme in ponovno začeli trgovati, likvidnost se je vračala, trg pa je v naslednjih urah postopoma okrevaval (BIS, 2017, str. 15).

Zaključke BIS (2017) v svoji raziskavi tako glede podatkov kot same teorije delovanja trga razširjajo Noss, Pedace, Tobek, Linton in Crowley-Reidy (2017). Prav tako ugotavljajo, da je na začetku zloma, glede na več metrik, prišlo do bistvenega poslabšanja likvidnosti pri trgovanju med GBP in USD ter EUR in GBP. V minuti pred zlomom, v času od 00:06:00 do 00:07:00, je bila globina trga še relativno visoka – za približno 60 milijonov GBP cenovno omejenih naročil v vidnem delu knjige naročil. Ob 00:07:00 se je začelo nesorazmerje med naročili, kar približno sovпада s prvo fazo zloma (padec cene iz 1,26 USD na 1,24 USD), glede na rezultate BIS (2017). Ob 00:07:17 (kar sovпада z drugo fazo in padcem pod 1,24 USD) pa je prišlo do večjega nesorazmerja med naročili, saj se je povprečna globina naročil za nakup GBP zmanjšala na 2 milijona GBP, vmes je bilo celo nekaj intervalov, ki so skupno trajali približno 5 sekund, ko ni bilo nobenega naročila za nakup GBP. Globina trga je začela naraščati in trg okrevati ob 00:09:30, približno 150 sekund po začetnem padcu.

Noss et al. (2017, str. 4) so podrobno analizirali razmerje med številom naročil in ceno, da bi ugotovili, če je bil odziv trga na takratno situacijo normalen oziroma pričakovan glede na

pretekla nihanja. Ugotovili so, da je prvo fazo zloma oziroma začetno gibanje cene najverjetneje povzročilo večje ali več manjših zaporednih naročil za prodajo GBP. To naročilo je bilo nekoliko izstopajoče, saj je bil prodajni interes glede na uro izvedbe močno nadpovprečen. Vendar pa je bilo gibanje tečaja GBP v začetnem delu zloma (prva faza zloma glede na BIS (2017)) proporcionalno glede na naročila za prodajo GBP. Gibanje cene v tem delu zloma je bilo konsistentno tudi z rezultati modela avtorjev Kyle in Obizhaeva (2016a, 2016b), ki je bila sicer razvita za ocenjevanje učinka cene na kapitalskem trgu.

V drugi fazi zloma (od padca pod 1,24 USD naprej) pa je gibanje cene glede na obseg naročil za prodajo GBP bistveno presešlo predvidevanja modelov. Glede razloga za ta odstopanja se Noss et al. (2017) strinjajo z ugotovitvami BIS (2017) – najverjetnejši razlog za to je bila začasna prekinitvev trgovanja na CME. Zaradi prekinitvev trgovanja na CME so nekateri ustvarjalci trga prenehali trgovati, saj so izgubili referenčno ceno, ta pa je eden ključnih podatkov pri njihovi strategiji zagotavljanja likvidnosti na denarnem trgu. Posledično je s prenehanjem trgovanja večih ustvarjalcev trga bistveno padla tudi likvidnost, kar je dodatno povečalo pritisk na ceno (Noss et al., 2017, str. 4–5).

Če nekoliko povzamemo rezultate BIS (2017) in Noss et al. (2017) lahko zaključimo, da naj bi do zloma prišlo zaradi »nesrečnega« spleta okoliščin. Razlog za začetni padec cene naj bi bilo večje naročilo za prodajo GBP, ki je bilo po velikosti glede na uro sicer precej nadpovprečno, razen tega pa pri naročilu ni bilo drugih posebnosti ali nepravilnosti. Vendar pa je do izvedbe tega naročila prišlo v precej neprimernem trenutku, saj se je zgodil v za trgovanje z GBP tipično nelikvidnem času trgovalnega dne, takrat pa je trg precej ranljiv za večje premike in zmanjšanje likvidnosti. Do nekontroliranega padca cene, ki je presegel vsa pričakovanja pa je prišlo zaradi množice (večinoma algoritmskih) dejavnikov – največji vpliv so imeli začasna ustavitve borze CME, posledično prenehanje trgovanja nekaterih ustvarjalcev trga, strategije varovanja pred tveganjem pri finančnih opcijah in avtomatski mehanizmi za preprečevanje izgube. Ti dogodki so močno omejili funkcionalnost celotnega trga in povzročili zelo nizko likvidnost, posledica česar je bilo sesutje cene GBP. Ko se je prodajni pritisk umiril, je tudi cena GBP začela ponovno rasti, trg pa postopoma okrevati.

### **3.3 Zaključek**

Hipni zlomi trga so dogodki, ki se pogosto pojavljajo v zadnjem času, vendar jih regulatorji, akademiki in trgovalci še ne razumejo popolnoma. Do njih načeloma pride v situacijah, ko se stabilnost trga iz nekega razloga zmanjša (kar je samo po sebi del normalnih nihanj), nato pa pride do nekega dogodka, ki sproži nepredvidljivo zaporedje večinoma avtomatiziranih dogodkov, ki v zelo kratkem času sprožijo izredno velika nihanja cene določenih finančnih sredstev. Povod za hipni zlom trga lahko povzročijo ljudje, vendar se pogosto zgodi, da ga povzročijo nesorazmerja, ki so posledica algoritmskega ali visokofrekvenčnega trgovanja.



V splošnem so najbolj zaskrbljujoča tri dejstva – kratkoročni in dolgoročni vpliv hipnih zlomov na trg; splošno (ne)razumevanje teh dogodkov s strani regulatorjev trga; in frekvenca hipnih zlomov v zadnjem desetletju.

Hipni zlomi so problematični zaradi njihovega vpliva na trg. Poleg najbolj očitnega neposrednega vpliva imajo pogosto še obsežen posreden vpliv. Neposreden vpliv je seveda takojšnji finančni učinek, posreden vpliv pa dolgoročno zmanjšanje zaupanja v trg. Zaupanje in nestanovitnost sta praviloma v obratnem sorazmerju, za investitorje z manjšim zaupanjem v trg pa je manj verjetno, da bodo investirali ali sprejemali večja tveganja. Manjši nivo zaupanja v trg posledično vodi tudi v manj likvidnosti, saj so investitorji in ustvarjalci trga bolj previdni. Poleg tega pa ne smemo pozabiti niti na dejstvo, da niti največji in najstabilnejši trgi niso varni pred hipnimi zlomi. Če nekoliko povzamemo hipne zlome, analizirane v tem magistrskem delu opazimo, da sta se dva izmed treh zgodila na velikih, zelo likvidnih in načeloma izredno stabilnih trgih, za katere bi lahko pričakovali, da jim velikost in likvidnost nudita precejšnjo zaščito pred takimi dogodki. Pojav hipnih zlomov na teh trgih pa še dodatno zmanjšuje zaupanje investitorjev. Precej pomemben vpliv pa je tudi efekt prelivanja, saj hipni zlomi ne povzročijo le nezaupanja v trg, na katerem se zgodijo, temveč zaradi povezanosti trga, avtomatskih sistemov za AT ter številnih povezanih finančnih produktov hitro pride do obsežnega širjenja šoka na druge trge – nestanovitnost in nezaupanje se preneseta še drugam in hipni zlom ima tako izredno širok učinek. Čeprav ima visoka povezanost trga sicer številne pozitivne učinke, pa lahko pri hipnih zlomih močno okrepi njihov negativen efekt. Problematično je, da je trg trenutno zasnovan na način, da lahko le en dogodek (ki je sam po sebi povsem vsakdanji) v pravih razmerah povzroči kaskado neželenih, v veliki večini avtomatiziranih dogodkov, ki vodijo v problem takih razsežnosti, saj to kaže na sistemski problem finančnega trga.

Drugo skrb vzbujajoče dejstvo je nivo razumevanja hipnih zlomov. Nedvomno gre pri hipnih zlomih, opisanih v tem magistrskem delu, za izredno kompleksne dogodke. Vseeno pa je, ne glede na kompleksnost dogodkov, precej problematično dejstvo, da za nekatere izmed opisanih zlomov regulatorji trga še vedno niso uspeli identificirati jasnih vzrokov, od dogodkov pa je minilo že več let. Pri drugih pa jim je vzroke sicer uspelo identificirati, vendar je o navedenih vzrokih še vedno precej nestrinjanja med trgovalci in akademiki.

Glede tržnega zloma 6. maja 2010 še več kot desetletje po dogodku ni nekega širšega konsenza o njegovih vzrokih in krivcih. Edini doseženi konsenz je, da je zaradi nekega razloga prišlo do močno zmanjšane likvidnosti, ki je na koncu vodila v zlom. O tem razlogu pa še vedno obstaja nemalo hipotez. SEC in CFTC (2010) sta v prvem poročilu kot vzrok za zlom navedla (sicer povsem normalno) prodajo E-mini S&P 500 standardiziranih terminskih pogodb ob neugodnem času, ki naj bi sprožilo zaporedje ostalih izrednih dogodkov. Te ugotovitve so bile široko kritizirane – Easley, Lopez de Prado in O'Hara (2011) se z razlogi, opisanimi v uradnem poročilu ne strinjajo in kot razlog za začetek zloma navajajo visoko toksičnost toka naročil. Rezultate uradne preiskave zavrača tudi CME Group (2010). Leta 2015 pa so celo ameriški regulatorji trga spremenili (svoje lastno) uradno stališče glede

vzroka za hipni zlom. Po skoraj 5 letih od dogodka je bil uporabe nedovoljenih trgovalnih praks, ki naj bi povzročile ta hipni zlom, obtožen britanski trgovelec Navinder Singh Sarao. Vendar pa številni še vedno dvomijo, da bi lahko le en trgovelec, tudi če je uporabljal nedovoljene prakse, sprožil tržni zlom takih razsežnosti, regulatorje trga pa obtožujejo hitenja k zaključkom, da so lahko uradno zaključili preiskavo.

Tudi pri hipnem zlomu ameriških obveznic (2014) je situacija podobna – teorij o vzrokih je še vedno precej, širši konsenz pa ni bil dosežen. Uradna preiskava USDT, FRB, New York Fed, SEC in CFTC (2015) niti ni uspela identificirati jasnih vzrokov in je za zlom (zelo splošno) okrivila spremenjeno situacijo na trgu, algoritemsko trgovanje in slabše gospodarske kazalnike od pričakovanih. Tudi v rezultatih preiskave Bouveret et al. (2015) ni jasno naveden vzrok zloma, razen večjega števila transakcij zaradi povečanega obsega HFT. Levine, Halle in Floridi (2017) pa kot vzrok za začetek hipnega zloma navajajo popolnoma drugačen razlog – zaporedje malih hipnih zlomov na kapitalskem trgu, ki naj bi povzročili splošno paniko.

Med akademiki in regulatorji trga je sicer nekoliko več strinjanja glede hipnega zloma GBP leta 2016. BIS (2017) ter Noss et al. (2017) zaključujejo, da za zlom ni bil odgovoren le en faktor, temveč množica različnih faktorjev – predvsem nesrečno naključje kombinacije večjega naročila za prodajo GBP v trenutku nizke likvidnosti in začasna zaustavitev borze CME. Kot (ponovno, zelo splošen) razlog, ki vse povezuje, pa navajajo avtomatske odločitve algoritmov in visokofrekvenčno trgovanje.

Glede na rezultate v prejšnjih odstavkih povzetih dogodkov se ponavljata dva vzorca. Ali so regulatorji ugotovili neke jasne razloge za hipne zlome, vendar glede le-teh ni širšega konsenza med trgovalci in akademiki ali pa so za zlom zelo na splošno okrivili algoritemsko trgovanje in »nesrečno naključje« oziroma neoptimalno transakcijo ob nepravem trenutku. Vendar pa je nekoliko zaskrbljujoče, kako pogosto je v zadnjem desetletju prišlo do takih »nesrečnih naključij«, ki povzročijo hipne zlome trga – poleg opisanih je namreč v zadnjih 10 letih prišlo še vsaj do pet drugih hipnih tržnih zlomov, pred letom 2010 pa do takih dogodkov ni prihajalo. To pomeni, da trenutno ne obstajajo učinkoviti mehanizmi, ki bi znali zaznati situacije z visokim tveganjem, stabilizirati trg in tako preprečiti pojav hipnega zloma.

Ena redkih ugotovitev glede hipnih zlomov, kjer so si regulatorji trga in akademiki v splošnem enotni je, da se je struktura trga v zadnjem desetletju precej spremenila. Dinamika trgovanja, kjer so prevladovali človeški trgovalci in se je postopoma razvijalo več stoletij, je bistveno drugačna od trgovanja z algoritmi. Nova struktura trga ima zaradi velikih sprememb pri zagotavljanju in potrebah po likvidnosti, visokofrekvenčnega trgovanja, avtomatsko sprejetih odločitev s strani algoritmov in visokim nivojem povezanosti trga velik vpliv na pojav hipnih zlomov.

V kombinaciji s frekvenco hipnih zlomov in trenutno neučinkovitimi mehanizmi za zaznavanje in preprečevanje takih dogodkov pa so zaskrbljujoče posledice dejstva, da

regulatorji pogosto ne odkrijejo jasnih vzrokov za hipni zlom. Težava ni le v tem, da vzrokov ne znamo zaznati v realnem času – ne znamo jih identificirati niti nekaj let po zlomu. Dokler pa podrobno ne poznamo dejavnikov tveganja in potencialnih vzrokov za hipne zlome, to posledično pomeni, da trenutno na nivoju trga ni možno sprejeti mehanizmov, ki bi hipne zlome učinkovito preprečevali. Za učinkovito preprečevanje hipnih zlomov je namreč nujno, da se identificirajo glavni, v realnem času merljivi dejavniki tveganja zanje. Nato pa se na podlagi zaznanih dejavnikov tveganja aktivirajo mehanizmi, ki stabilizirajo situacijo in zlom preprečijo ali pa vsaj omejijo škodo v primeru, da kljub mehanizmom za preprečevanje zlomov do hipnega zloma pride. Eni od takih varovalnih mehanizmov so trenutno na primer mehanizmi za prekinitev trgovanja, ki so jih še dodatno uvedli po nekaterih hipnih zlomih. Vendar glede na to, da se ne glede na sprejete ukrepe hipni zlomi še vedno pogosto ponavljajo, lahko zaključimo, da trenutni varovalni mehanizmi nikakor niso zadostni.

Glede na trenutne trende kaže, da se bo v prihodnosti tako obseg kot tudi vpliv AT najverjetneje še povečeval. Zato je verjetno najboljši način za rešitev širšega problema in za preprečevanje podobnih dogodkov v prihodnosti precej vlagati v boljše razumevanje trga, kar bo pomagalo regulatorjem pri implementaciji novih ukrepov. Zelo podrobno razumevanje spremenjene strukture je namreč osnovni predpogoj za implementacijo učinkovitih mehanizmov, ki bodo omogočali boljše prepoznavanje in obvladovanje tveganj ter s tem v prihodnje zmanjšali število dogodkov z repa statistične distribucije.

#### **4 STABILNOST IN REGULACIJA TRGA**

Algoritemsko trgovanje je v zadnjem času precej pridobilo na obsegu in vplivu, posledično pa to predstavlja tudi edinstvene izzive za regulacijo trga. Za čim bolj celovito analizo tega vidika sem se v tem poglavju osredotočil na tri glavna področja: vpliv AT na stabilnost trga, vpliv AT na tržno učinkovitost in proces oblikovanja cen ter regulacijo trga na tem področju.

V tem poglavju je ponekod poudarek predvsem na vplivih HFT na trg, kljub temu, da se v magistrskem delu poskušam splošneje osredotočiti na AT. Razlog za to odločitev je, da je velik delež relevantnih novejših raziskav osredotočenih izključno na HFT, verjetno zaradi prevladujoče vloge tega tipa trgovanja pri številnih hipnih zlomih v zadnjem času in zahtevnosti pridobivanja kvalitetnih podatkov. Večina borz namreč niti ne beleži oziroma ne omogoča pridobivanja podatkov za algoritemsko trgovanje, zato so raziskovalci pogosto prisiljeni v uporabo približnih podatkov (angl. proxy data), HFT pa se da iz dostopnih podatkov pogosto najbolj zanesljivo zaznati (Biais & Foucault, 2014, str. 9). Manjši delež raziskav sicer nekoliko splošneje obravnava efekt AT (katerega del je tudi HFT), vendar večinoma ne navajajo, v kolikšni meri so njihovi rezultati posledica efekta HFT in v kolikšni meri drugih strategij. Poleg tega pa ima HFT zaradi svojega obsega in vloge pri bistvenih funkcijah trga, kot so ustvarjanje trga in zagotavljanje likvidnosti, največji vpliv na trg izmed vseh strategij AT. Zato tudi to poglavje, čeprav je na prvi pogled ponekod nekoliko ozko usmerjeno, še vedno zajema tudi večino efekta algoritemskega trgovanja v splošnem.

## 4.1 Vpliv algoritemskega trgovanja na stabilnost trga

Glede na število hipnih zlomov v zadnjem desetletju in število malih hipnih zlomov bi lahko sklepali, da ima AT izključno negativen vpliv na stabilnost trga. Vendar pa raziskave različnih avtorjev kažejo, da njegovi vplivi nikakor niso izključno negativni. Splošen efekt algoritemskega trgovanja na stabilnost trga je sicer precej kompleksno vprašanje, saj je to področje zelo široko in obstajajo številne strategije algoritemskega trgovanja, te pa lahko ustvarjajo zelo različne (tako pozitivne kot negativne) učinke na stabilnost trga.

Stabilnost trga je v naslednjih podpoglavjih razčlenjena na likvidnost in ustvarjanje trga ter nestanovitnost trga, saj je na ta način lažje strukturirano analizirati efekte algoritemskega trgovanja na stabilnost.

### 4.1.1 Vpliv algoritemskega trgovanja na likvidnost in ustvarjanje trga

Glede vpliva AT in predvsem HFT na likvidnost trga se ugotovitve posameznih raziskovalcev precej razlikujejo. Nekateri ugotavljajo, da ima HFT pozitivne učinke na likvidnost, saj znižuje stroške transakcij, pomaga pri tržni učinkovitosti oziroma odkrivanju cene, izboljša sekundarno likvidnost trga in povečuje raznolikost udeležencev trga. Vendar pa številne študije ugotavljajo, da ima HFT pozitivne učinke le za HFT trgovalce, za ostale udeležence trga pa so pozitivni učinki minimalni. Poleg tega pa ima HFT tudi številne negativne posledice, kot so povečanje nestanovitnosti v stresnih razmerah na trgu (Evropska centralna banka, 2016, str. 55).

Mukerji, Chung, Walsh in Xiong (2019, str. 8) v raziskavi s simulacijo pokažejo, da ima AT sprva velik vpliv na izboljšanje likvidnosti. Ko pa delež AT preseže 10 %, pa ima nadaljnje povečanje minimalen doprinos k likvidnosti. Chaboud, Chiquoine, Hjalmarsson in Vega (2014, str. 21–22) povezujejo AT z zmanjšanjem likvidnosti po objavi pomembnejših makroekonomskih podatkov. Te ugotovitve bi lahko povezali tudi s hipnimi zlomi, analiziranimi v tem magistrskem delu, saj so bili vsi izmed njih povezani tudi z novimi makroekonomskimi novicami.

Bongaerts in Van Achter (2016, str. 25) ugotavljata, da povečanje števila in hitrosti HFT trgovalcev izboljša likvidnost trga, na katerem ni informiranega trgovanja (angl. informed trading), oziroma je število informiranih udeležencev trga majhno. Ta ugotovitev je skladna tudi s starejšimi članki o vplivih HFT. Vendar pa ugotavljajo, da ima kombinacija med visoko hitrostjo transakcij in visoko zmogljivostjo obdelave informacij, ki je značilna za HFT trgovalce, dolgoročno negativen vpliv na likvidnost trga. Prav hitrost, ki ima največji potencial za izboljšanje likvidnosti trga, lahko v določenih situacijah močno okrepi asimetrijo informacij do točke, ko je verjetnost informiranega trgovanja previsoka in trg preneha normalno delovati. Informirani trgovalci v takih situacijah izkoriščajo manj informirane trgovalce (tj. HFT ustvarjalce trga) in s tem ustvarjajo dobiček. Če ustvarjalci trga (tj. manj informirani trgovalci) ugotovijo, da je verjetnost informiranega trgovanja

previsoka (da je pričakovana izguba pri trgovanju z njihovimi bolj informiranimi nasprotniki previsoka), bodo zmanjšali ali celo likvidirali svoje pozicije in zapustili trg – s tem pa bo bistveno padla likvidnost na trgu. Predvsem v izrednih situacijah na finančnem trgu najbolj do izraza pridejo te slabosti zagotavljanja likvidnosti s strani HFT. Nizkofrekvenčni trgovalci, kot so na primer institucionalni investitorji, ki investirajo na dolgi rok, v izrednih situacijah večinoma funkcionirajo kot stabilizatorji kratkoročne nestanovitnosti. HFT pa se za razliko od nizkofrekvenčnih trgovalcev izogibajo večjim tveganim pozicijam, pozicije držijo največ nekaj minut, poleg tega pa nimajo obveznosti ali interesa po ustvarjanju trga v vsaki situaciji, zato v stresnih situacijah enostavno prekinejo s trgovanjem. To se je zgodilo tudi v primeru hipnega zloma 6. maja 2010 (glej poglavje 3.2.1.2) in hipnega zloma britanskega GBP (glej poglavje 3.2.3.2), kar je bistveno poslabšalo potek teh dveh tržnih zlomov (Bongaerts & Van Achter, 2016, str. 25).

V takih primerih bi lahko le nizkofrekvenčni trgovalci (tj. tradicionalni ustvarjalci trga in institucionalni investitorji) zagotavljali likvidnost, vendar jih prav HFT postopoma izriva iz trga zagotavljanja likvidnosti. Bongaerts in Van Achter (2016, str. 26) ugotavljajo, da HFT prinaša nekaj sistemskih tveganj – predvsem pogostejšečasne prekinitve trgovanja, kar se je dejansko v letih po izidu članka pri tržnih zlomih zgodilo tudi v praksi. Glede na sistemska tveganja pa je dolgoročni efekt HFT na trg nekoliko zaskrbljujoč, sploh glede na predvidevanje, da se bo pri zagotavljanju likvidnosti vpliv HFT glede na nizkofrekvenčne trgovalce še povečeval. Nizkofrekvenčni trgovalci imajo namreč le dve možnosti – ali so prisiljeni v drage investicije zmanjševanja latence in izboljšanja procesiranja informacij za bolj konkurenčno pozicijo glede na HFT trgovalce in se jim tako približati tudi po trgovalnih strategijah, ali pa so izrinjeni iz trga zagotavljanja likvidnosti.

Tudi Evropska centralna banka (2016, str. 56) v poročilu izpostavlja tveganje za zmanjšanje stabilnosti finančnega trga v izrednih situacijah kot posledico izrivanja tradicionalnih ustvarjalcev trga s strani HFT trgovalcev. Zaupanje v integriteto finančnega trga je namreč ključno za njegovo delovanje. Dogodki, kot so hipni zlomi trga, negativna selekcija zaradi doseganja čim nižjih latenc in nezaupanje v globino knjige naročil, oziroma predvsem v izvedljivost izvedbe naročil po objavljenih cenah, pa zmanjšuje to zaupanje.

O vplivu AT in predvsem HFT bi lahko zaključili, da HFT v normalnih razmerah povečuje likvidnost trga, saj zmanjšuje razliko med nakupno in prodajno ceno, zmanjšuje zakasnitve in tako omogoča večji obseg trgovanja. Vendar pa je likvidnost s strani HFT manj stabilna. Na krizne situacije se visokofrekvenčni ustvarjalci trga namreč odzovejo drugače kot tradicionalni ustvarjalci trga – v trenutkih visoke nestanovitnosti namreč ne delujejo kot stabilizatorji trga, temveč za zmanjšanje tveganja bistveno zmanjšajo število odprtih pozicij ali pa celo popolnoma prenehajo s trgovanjem, kar pogosto le še poglobi likvidnostno krizo in okrepi nastalo nesorazmerje na trgu. V primeru, da bo ustvarjanje trga še naprej v domeni HFT (kar je glede na trenutne trende precej verjetno), to kaže tudi na potrebo po novih regulacijah na področju ustvarjanja trga, oziroma ustvarjanju iniciative, da bodo tudi HFT

ustvarjalci trga v prihodnje v situacijah povečane nestanovitnosti delovali kot stabilizatorji trga.

#### 4.1.2 Vpliv na nestanovitnost trga

Vpliv AT na nestanovitnost trga je eno izmed področij, kjer so si posamezni raziskovalci najmanj enotni. Hkrati pa je prav nestanovitnost ena izmed ključnih lastnosti trga, ki vpliva na pojav hipnih zlomov trga. V zadnjem desetletju so številni raziskovalci preučevali efekt AT na nestanovitnost trga, verjetno tudi zaradi osrednje vloge nestanovitnosti pri hipnih zlomih. Rezultati posameznih raziskav pa se precej razlikujejo.

Na primer Myres in Gerig (2013, str. 5) v svoji raziskavi z modelom za simulacijo neprekinjene dvojne dražbe (angl. continous double auction) pokažeta, da je nestanovitnost manjša, likvidnost pa večja, če je na trgu prisotno HFT. Poleg tega sta ugotovila tudi, da HFT vpliva na zmanjšanje nestanovitnosti na enodnevnem trgu (angl. intraday trading). Leal, Napoletano, Roventini in Fagiolo (2016, str. 9) pa s podobnim simulacijskim modelom kot Myres in Gerig (2013) ravno nasprotno zaključijo, da prisotnost HFT poveča nestanovitnost trga, hkrati pa ima HFT ključno vlogo pri ustvarjanju hipnih zlomov trga. Linton in Mahmoodzadeh (2018, str. 12) sta preučevala, ali HFT povzroča povečano nestanovitnost, ali povečana nestanovitnost privablja več HFT zaradi potenciala ustvarjanja dobička, njuni rezultati pa niso prepričljivo ovrgli nobene izmed zgornjih hipotez.

Virgilio (2019, str. 185–188) v preglednem članku analizira in zelo nazorno prikaže nivo nestrinjanja glede efekta HFT na nestanovitnost. Raziskovalci pogosto analizirajo učinek HFT na nestanovitnost z zelo podobnimi pristopi na podobnih trgih, a pridejo do nasprotujočih si rezultatov. Virgilio (2019, str. 188) je analiziral kar 28 novejših znanstvenih člankov o vplivu HFT na nestanovitnost, rezultati pa so naslednji: v 15 raziskavah so zaključili, da HFT vpliva na povečanje nestanovitnosti, v 4 raziskavah na zmanjšanje, v 9 raziskavah pa so bili rezultati nejasni. Do razlik pri rezultatih naj bi prišlo predvsem zaradi različnih podatkov, metodologij, časovnega intervala in splošnih razmer na trgu.

Trenutno si raziskovalci nikakor še niso enotni, kakšen je v splošnem vpliv HFT na nestanovitnost, niti ni jasna vzročno-posledična povezava, ali je povečana nestanovitnost posledica HFT ali povečana nestanovitnost privablja HFT trgovalce. Za skoraj vsako raziskavo, ki z zadovoljivo stopnjo statistične značilnosti dokaže nek vpliv, obstaja druga raziskava, ki s podoben stopnjo statistične značilnosti pokaže ravno nasprotno razmerje ali ovrže obstoj tega vpliva. Glede na to bi lahko sklepali, da je vpliv AT na nestanovitnost zelo različen glede na trg in močno odvisen od specifične situacije na trgu v nekem trenutku.

## 4.2 Vpliv algoritemskega trgovanja na učinkovitost in oblikovanje cen

Oblikovanje cene (angl. price discovery) je dinamičen proces oblikovanja promptne cene nekega finančnega sredstva in je eden izmed osrednjih procesov vsakega trga. Na proces oblikovanja cene vplivajo številni faktorji, kot so na primer ponudba in povpraševanje, pripravljenosti investitorjev na tveganje, splošna ekonomska in širša politična situacija (Chen, 2019b). Učinkovitost cene (angl. price efficiency) pa je merilo, v kolikšni meri cena odraža vse informacije, ki so trenutno na voljo. Cena nekega finančnega sredstva je torej učinkovita, če v nekem trenutku odraža vse razpoložljive informacije (Liberto, 2019).

Na sodobnih trgih ima vse pomembnejši vpliv na oblikovanje cene HFT. Benos in Sagade (2016, str. 22–23) sta analizirala podatke iz britanskega kapitalskega trga – vpliv HFT na vzorec 92 delnic, ki so del indeksa »The Financial Times Stock Exchange 100 Index« (v nadaljevanju FTSE 100). Ugotavljata, da se HFT trgovalci kot skupina med seboj precej razlikujejo glede zagotavljanja likvidnosti, maksimalnih pozicij med in ob koncu trgovalnega dne, prihodkov iz trgovanja ... Kljub temu pa imajo vsi HFT trgovalci (dolgoročno gledano) portfelje, ki se vračajo k povprečju, vendar se glede na strategijo delijo v 3 skupine: agresivni, ki trgujejo v nasprotni smeri nedavnega gibanja cene; nevtralni, ki trgujejo v isti smeri kot nedavno gibanje cene; in pasivni, ki trgujejo kot ustvarjalci trga.

Zaradi različnih strategij imajo posamezni HFT trgovalci tudi drugačen doprinos k procesu oblikovanja cen. Največ k oblikovanju cen prispevajo agresivni trgovalci, saj je v povprečju tok njihovih naročil v smeri prihodnjega gibanja cene. Ta lastnost pa ne velja za nevtralne, ki trgujejo v smeri gibanja cene, niti za pasivne HFT trgovalce, ki trgujejo v nasprotni smeri kot prihodnje gibanje cene. Kljub temu pa ima HFT na britanskem kapitalskem trgu po ugotovitvah Benos in Sagade (2016, str. 22) pozitiven efekt na proces oblikovanja cene in doprinese približno 14 % vseh informacij za oblikovanje cene. Več kot dve tretjini tega prispevka je posledica agresivnega HFT, dobro petino prispevajo nevtralni trgovalci, preostanek pa pasivni. Prispevek agresivnih trgovalcev je največji zato, ker le-ti uporabljajo strategije, ki se izredno hitro in natančno odzovejo na nove informacije in jih takoj vključijo v svoje trgovalne strategije, s tem pa vplivajo na hitrejšo oblikovanje cene. Majhen prispevek pasivnih HFT trgovalcev k oblikovanju cene pa je razumljiv tudi glede na njihovo strategijo, saj so večinoma ustvarjalci trga. Vendar pa prispevka k oblikovanju cene s strani agresivnih HFT trgovalcev ni mogoče posploševati. Z naraščanjem deleža transakcij s strani agresivnih HFT trgovalcev se zniža nivo vpliva na oblikovanje cene. Podatki nakazujejo na to, da s povečanjem obsega trgovanja trgovalci povečajo tudi množico signalov, na katere se zanašajo pri trgovalnih strategijah, s tem pa pade kakovost povprečne informacije, ki jo pridobijo iz teh signalov.

Do zelo podobnih rezultatov so z analizo podatkov iz ameriške borze Nasdaq prišli tudi Brogaard, Hendershott in Riordan (2014, str. 4–27). Ugotavljajo, da ima HFT v splošnem pozitiven učinek na oblikovanje cene – nove informacije se hitreje odrazijo v spremembi cene, prehodne napake pri oblikovanju cen pa so manjše. Tržna naročila, ki odvezemajo

likvidnost<sup>22</sup> imajo najbolj pozitiven učinek na oblikovanje cene, saj HFT trgovalci v povprečju trgujejo v smeri prihodnjega gibanja cene in v nasprotni smeri prehodnih napak pri oblikovanju cene. Te trende so zaznali tako v povprečnih dneh kot v dneh z visoko nestanovitnostjo, čeprav je v dneh z dolgotrajnejšo visoko nestanovitnostjo doprinos HFT k oblikovanju cene manjši. Pri HFT, ki zagotavljajo likvidnost (ustvarjalci trga), pa zaradi negativne selekcije pride do trgovanja v smeri prehodnih napak in v nasprotni smeri kot prihodnje gibanje cene. Vseeno pa HFT trgovalci v povprečju za krajše intervale (3 do 4 sekunde) vnaprej uspešno predvidijo gibanje cene. Zmanjšanje prehodnih napak pri oblikovanju cene izboljša tudi splošno učinkovitost cen. Vendar pa zaradi kratkoročne narave trgovanja in vpliva HFT na proces oblikovanja cen ni popolnoma jasno, v kolikšni meri (oziroma če sploh) zmanjšanje prehodnih napak v enodnevnem trgovanju vpliva na bolj optimalno alokacijo kapitala s strani podjetij in investitorjev.

Nawn in Banerjee (2017, str. 3) sta v raziskavi analizirala vpliv algoritemskega trgovanja na indijskem delniškem trgu (angl. National Stock Exchange of India). Ta raziskava, za razliko od večine ostalih, razlikuje med vplivi visokofrekvenčnih in ostalih strategij algoritemskega trgovanja. Algoritemske trgovalce v raziskavi delijo na agencijske lastniške trgovalce (angl. agency algorithmic traders, v nadaljevanju AAT) in lastniške algoritemske trgovalce (angl. proprietary algorithmic traders, v nadaljevanju PAT). AAT svojim strankam (ki so večinoma institucionalni vlagatelji – vzajemni skladi, zavarovalnice ...) ponujajo storitve za zniževanje stroškov pri izvedbi naročil (algoritemska delitev večjih naročil, da se minimizirajo stroški transakcij<sup>23</sup>); PAT pa so algoritemski trgovalci, ki dobiček ustvarjajo iz trgovanja z lastnimi sredstvi, velik del te skupine pa so HFT trgovalci.

Nawn in Banerjee (2017, str. 29–30) ugotavljajo, da je vpliv algoritemskega trgovanja na oblikovanje cen še vedno precej slabo raziskano področje, razlog za to pa je v večini pomanjkanje kvalitetnih podatkov, ki bi ločevali med AT in HFT. Njihovi zaključki glede vpliva na oblikovanje cen pa se nekoliko razlikujejo od ugotovitev ostalih raziskav, opisanih v tem podpoglavju. V raziskavi so ugotovili, da čeprav AAT po številu in velikosti naročil zaostajajo za ostalimi skupinami, le-ti (relativno gledano na globino trga) največ prispevajo k oblikovanju cene. Razlog za to naj bi bil, da so institucionalni vlagatelji (ki so večinski uporabniki storitev AAT) najbolj informirana skupina vlagateljev, njihove investicije pa temeljijo na podrobni temeljni analizi sredstev, v katera investirajo. Zato je v povprečju tudi tok njihovih naročil v smeri prihodnjega gibanja cene. Nekoliko pa preseneča zaključek glede PAT (velik del te skupine so tudi HFT trgovalci) – glede na ugotovitve te raziskave le-ti glede na AAT relativno malo prispevajo k hitrejšemu procesu oblikovanja cene, vendar pa je njihov vpliv v povprečju še vedno pozitiven.

Ta ugotovitev je v nasprotju z večino zaključkov ostalih raziskovalcev, ki ugotavljajo, da PAT oziroma HFT največ prispeva k oblikovanju cene, saj so ti trgovalci najbolj informirani

---

<sup>22</sup> Tržna naročila (angl. market orders) spadajo med agresivna naročila (glej poglavje 2.3.1).

<sup>23</sup> Za primere strategij glej Johnson (2010, str. 81-217).



– biti informiran pa v sodobnem visokofrekvenčnem kontekstu pomeni, da imajo informirani trgovalci dober pregled nad trgom in se hitreje odzovejo na gibanje cene kot njihovi konkurenti. Ta definicija se sicer precej razlikuje od »tradicionalne« definicije informiranosti, ki temelji na čim boljši temeljni analizi sredstev, v katera vlagatelji investirajo. Rezultati te raziskave torej kažejo na to, da imajo vsaj na indijskem delniškem trgu, »tradicionalno« informirani investitorji (ki so uporabniki storitev AAT) še vedno najboljši pregled nad sredstvi v katera investirajo in tudi precej več vpliva na proces oblikovanja cene kot HFT trgovalci (Nawn & Banerjee, 2017, str. 9–12).

Viljoen, Westerholm in Zheng (2014) so analizirali vpliv AT na proces oblikovanja cene na trgu standardiziranih terminskih pogodb – analizirali so podatke terminskih pogodb »ASX SPI 200 Futures« (trgovalna koda SPI 200) v letu 2009, ki trgujejo na Australian Securities Exchange. Obseg celotnega trgovanja na analiziranem trgu tekom dneva sledi pogostemu vzorcu v obliki črke U, z največjim obsegom trgovanja na začetku in pred koncem trgovalnega dne. Obseg AT znotraj trgovalnega dne pa je ravno obraten – z najmanjšim obsegom na začetku in pred koncem trgovalnega dne. To v tem primeru pomeni, da je količina AT v obratnem sorazmerju z nestanovitnostjo cene in asimetrijo informacij znotraj trgovalnega dne. Algoritmski trgovalci torej strateško vstopijo na trg, ko se cena tekom trgovalnega dne stabilizira, posamezne transakcije so bolj informativne, asimetrija informacij manjša in stroški transakcij nižji. Poleg tega je trgovalna aktivnost algoritmskih trgovalcev v pozitivni korelaciji z izidom javnih in zasebnih informacij tekom dneva. Viljoen, Westerholm in Zheng (2014, str. 247) na podlagi tega zaključujejo, da so algoritmski trgovalci dobro informirani, saj v povprečju trgujejo v smeri prihodnjega gibanja cene. Prav tako ugotavljajo, da imajo pozitiven vpliv na likvidnost in pohitrijo proces oblikovanja cene.

Vpliv HFT na likvidnost je v preglednem članku analiziral tudi Virgilio (2019, str. 196–199), njegovi rezultati so skladni s splošnim vtisom tega poglavja. Z analizo 12 strokovnih člankov, ki so bili objavljeni med letoma 2011 in 2018 ugotavlja, da so raziskovalci večinoma enotni, da ima HFT ne glede na trg oziroma finančni instrument, s katerim se trguje, pozitiven vpliv na proces oblikovanja cene – v kar 9 člankih so raziskovalci prišli do zaključka, da je vpliv HFT na oblikovanje cene pozitiven oziroma, da HFT pospeši proces oblikovanja cene, le v 3 člankih pa so avtorji prišli do nasprotnega zaključka.

Raziskovalci so si glede vpliva algoritmskega trgovanja na oblikovanje cene precej bolj enotni, kot recimo glede vpliva le-tega na nestanovitnost (glej poglavje 4.1.2). Med rezultati posameznih raziskav je tudi nekaj nestrinjanj, glavni razlog za to pa so najverjetneje razlike v podatkih, na katerih temeljijo te raziskave. Raziskovalci so namreč analizirali podatke zelo različnih borz v različnih državah, ki trgujejo z drugačnimi finančnimi instrumenti, nekateri so bili prisiljeni v uporabo približnih podatkov (angl. proxy data), poleg tega posamezni raziskovalci zaradi drugačnih metodologij tudi drugače delijo algoritmske trgovalce v podskupine (oziroma drugače definirajo podskupine), zato tudi rezultati nekaterih raziskav niso popolnoma primerljivi. Algoritmski trgovalci se med seboj precej razlikujejo po

strategijah in njihovem vplivu na proces oblikovanja cene. Ne-visokofrekvenčni algoritemski trgovalci imajo v povprečju pozitiven vpliv na oblikovanje cene, saj v povprečju trgujejo v smeri prihodnjega gibanja cene. HFT trgovalci pa se glede vpliva na oblikovanje cene med seboj precej razlikujejo glede na strategijo, ki jo uporabljajo. Največ k oblikovanju cene prispevajo agresivni HFT, najmanj pasivni, vendar pa je v povprečju vpliv HFT na proces oblikovanja cene prav tako pozitiven. S tem pa bi lahko zaključili, da ima tudi AT v splošnem, čeprav med posameznimi strategijami obstaja veliko razlik, pozitiven vpliv, saj pripomore k večji učinkovitosti cen in pospeši proces oblikovanja cene.

### **4.3 Regulacija trga na področju algoritemskega trgovanja**

V poglavju 3.2 je bila pri analizi hipnih zlomov trga večkrat omenjena pomanjkljiva regulacija trga in hkrati izpostavljena potreba po učinkovitejših regulacijah področja AT. Trenutna regulacija v mnogih pogledih precej zaostaja za hitrim tehnološkim napredkom na tem področju – učinkovita regulacija je še vedno precejšen izziv, saj je težko implementirati učinkovite ukrepe na področju, ki se izredno hitro spreminja, je glede strategij izredno raznoliko in kjer, kot je razvidno iz poglavja o hipnih zlomih trga (glej poglavje 3.2), še vedno niso popolnoma jasni vplivi posameznih dejavnikov na celoten trg. Zaradi pojava precej pogostih hipnih tržnih zlomov je v zadnjem času najbolj skrb vzbujajoč vidik vpliva AT (in predvsem HFT) na stabilnost in poštenost nacionalnih in globalnih finančnih trgov.

#### **4.3.1 Pregled regulacij na večjih finančnih trgih**

Pristopi glede regulacije se med posameznimi večjimi trgi precej razlikujejo. Največje razlike se pojavljajo predvsem glede osnovnega vprašanja, koliko regulacije je sploh potrebne in v kolikšni meri je najbolje prepustiti področje AT samoregulaciji.

V ZDA finančni trg na zvezni ravni v glavnem urejajo trije zakoni – »Securities Act of 1933«, »Securities Exchange Act of 1934« in »Commodity Exchange Act«. Vendar pa je potrebno poudariti, da so bili ti zakoni sprejeti pred pojavom AT, zato kljub spremembam in dopolnilom vsebujejo zelo malo omejitev, ki bi bile specifične za AT in HFT oziroma bi ta trg učinkovito regulirale. Prvi zakon, ki je urejal področje HFT, je bil leta 2010 sprejeti »Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act«, ki ureja področje manipulacije trga standardiziranih terminskih pogodb in izvedenih finančnih instrumentov. Kmalu so mu dodali pojem namere za izvedbo neke transakcije, kar omogoča obtožbo trgovalcev za manipulacijo trga. Poleg tega so zahtevali registracijo vseh HFT trgovalcev, ki trgujejo z lastnim kapitalom (angl. proprietary traders), kar omogoča nadzor s strani agencije FINRA (Crump, 2015, str. 169). Leta 2014 pa so sprejeli »Regulation Systems Compliance and Integrity« (v nadaljevanju Reg SCI), z namenom okrepitve zanesljivosti tehnološke infrastrukture na trgu vrednostnih papirjev, ki je ključna za AT. Z Reg SCI so želeli zmanjšati pogostost napak, izboljšati odpornost sistemov v primeru napak ter izboljšati kontrolo SEC nad trgovalno infrastrukturo (Woodward, 2017, str. 24).

Ena odboljšav na ameriškem trgu je bila sprememba pravil za dostop do trga (angl. Market Access Rule). Ta od spremembe naprej onemogoča, da bi lahko algoritemski trgovalci praktično anonimno in brez nadzora trgovali pod identifikatorjem (angl. market participant identifier) njihovega borznega posrednika. Posredniki morajo od sprejetja teh pravil naprej nadzorovati trgovalno aktivnost svojih strank in jim ne smejo omogočati prostega in nenadzorovanega dostopa do trga. Z dodatnimi pravili so ameriški regulatorji precej posodobili tudi zakone glede manipulacije trga, vendar je na tem področju še vedno nemalo težav z učinkovito regulacijo. Pri HFT je namreč pogosto zelo težko razlikovati med strategijami, ki so konkurenčne in tistimi, ki manipulirajo trg. Zato so tudi obtožbe za manipulacijo trga zelo redke – obsodba britanskega trgovalca za tržni zlom leta 2010 (glej poglavje 3.2.1.2) je bila ena izmed redkih tovrstnih obsodb (Crump, 2015, str. 171–173).

Na nivoju EU je januarja 2018 stopila v veljavo posodobljena direktiva »Markets in Financial Instruments Directive II« (v nadaljevanju MiFID II). MiFID II je zakonodajni okvir, ki ureja trgovanje s finančnimi instrumenti in vključuje tudi določbe glede AT. Vsebuje smernice, ki zahtevajo od HFT trgovalcev, da obširno testirajo ter spremljajo svoje algoritme in da imajo njihovi algoritmi mehanizme, ki zmanjšujejo tveganje, da bi njihovo avtomatizirano trgovanje vodilo v zlorabo trga. Ta zakonodajni okvir od algoritemskih trgovalcev zahteva tudi, da se registrirajo in pridobijo odobritev za uporabo zelenih strategij. Hkrati vključuje minimalne zahteve za algoritemske ustvarjalce trga, da v zaostrenih razmerah na trgu ne pride do likvidnostnih kriz (Crump, 2015, str. 174–175; European Securities and Markets Authority, brez datuma; ECB, 2019).

Tudi posamezne evropske države precej spodbujajo HFT. Velika Britanija, kot največji evropski delniški trg, je leta 2012 v finančnem poročilu Ministrstva za finance (angl. Treasury Report) celo odsvetovala nekatere regulacijske mehanizme, ki so jih sprejemali v ZDA. Nekaj mehanizmov, kot so recimo varovalni sistemi za prekinitvev trgovanja (angl. circuit breaker) in minimalno stopnjo kotacije, so smatrali za koristne iz vidika stabilnosti trga, vendar pa so odsvetovali regulacije glede minimalnega časa držanja pozicij, plačila pristojbin za preklic naročil in spremembe v modelu ustvarjanja trga. Tudi glede uskladitve zakonov z (po njihovem mnenju preveč restriktivno) direktivo MiFID II so bili precej zadržani, saj so se zavzemali za manj omejevalen sistem, kjer nadzor večinoma izvajajo posamezne borze, ki nato poročajo regulativnim organom (Crump, 2015, str. 175–177).

V Nemčiji so želeli s spremembo zakonov posodobiti nekoliko zastarel nemški finančni trg, vendar so se za razliko od Britancev zavzeli za bolj restriktiven pristop. Maja 2013 so sprejeli nov zakon o HFT, »High-Frequency Trading Act« (v nadaljevanju HFTA), ki natančno sledi določilom direktive MiFID II. Poleg tega pa je HFTA na nekaterih področjih še bolj strikten kot omenjena evropska direktiva – predvideva še več nadzora s strani regulatorjev trga, dodatne pristojbine za izvedbo naročil in uvedbo minimalnega koraka kotacije. V skladu z MiFID II tudi HFTA zahteva registracijo vseh HFT trgovalcev, ki so definirani kot trgovalci, ki uporabljajo infrastrukturo za znižanje latence, avtomatizirano sprejemajo odločitve, izvajajo naročila brez posredovanja ljudi in imajo veliko število sporočil na dan zaradi oddaj,

poizvedb in preklicev naročil. Vendar pa ta zakon ni bil najbolj uspešen, saj se v dobrem letu in pol, do konca leta 2014, za pridobitev HFT licence v Nemčiji ni registriralo nobeno podjetje. To kaže na to, da ali v Nemčiji ni HFT podjetij, ki bi ustrezala zgornjim pogojem ali pa, kar je precej bolj verjetno, da so bili ti pogoji preveč omejevalni in so podjetja, ki bi ustrezala pogojem spremenila njihove trgovalne prakse ali pa so namesto na nemškem trgu začela poslovati na bolj konkurenčnih in manj strogo reguliranih trgih (Crump, 2015, str. 177; Haferkorn & Zimmermann, 2014, str. 3–6).

Japonska, podobno kot Velika Britanija, zelo spodbuja razvoj HFT. Že leta 2010 so na tokijski borzi implementirali visokohitrostni trgovalni sistem, leta 2014 pa je Japonska celo investirala v visokohitrostne povezave med Tokiem, Singapurom in Chicagom. Japonska regulacija HFT trga precej spominja na ameriško. Z nadzorom borz poskušajo preprečevati škodljive prakse in manipulacijo trga, a to področje večinoma ureja starejša zakonodaja, ki je nastala pred pojavom HFT, zato številni strokovnjaki dvomijo v izvršljivost teh zakonov v konkretnih primerih. Vendar pa v japonskem primeru to morda niti ni tako problematično, saj je ta trg manj izpostavljen nevarnostim HFT, ker številne strategije, ki se uporabljajo na drugih trgih, preprosto niso učinkovite na japonskem trgu. Na Japonskem imajo namreč zelo nefragmentiran borzni trg – od leta 2012 naprej imajo z združitvijo dveh največjih borz le eno večjo borzo, kar precej omejuje uporabo strategij iz drugih trgov, ki zelo dobičkonosno izkoriščajo prav fragmentacijo trga (Crump, 2015; Nakamura & Hasegava, 2015).

Na Kitajskem in v Hong Kongu imajo precej več zadržkov do HFT kot na vseh zgoraj opisanih trgih. Čeprav tehnično gledano HFT ni prepovedano, so njihove regulacije precej omejevalne za razvoj HFT. V Hong Kongu morajo trgovalci plačevati 0,1 % davek na nakup ali prodajo delnic, kar so, glede na izredno majhne dobičke na transakcijo, za HFT zelo visoke dajatve. Na Kitajskem so poskušali omejiti špekulativno trgovanje z ukinitvijo dnevnega trgovanja – prepovedujejo preklice več kot 1.000 naročil v enem dnevu. Ta omejitev praktično popolnoma onemogoča razvoj HFT, saj je za izvedbo strategij ključno veliko število oddaj, sprememb in preklicev naročil (Crump, 2015, str. 179). Kitajska se v zadnjih letih sicer nekoliko bolj odpira za HFT, vendar se trenutno le-to izvaja v zelo omejenem obsegu (Clark, 2020; Wildau, 2017).

#### 4.3.2 Mehanizmi za začasno prekinitev trgovanja

S stališča regulacije trga so pomembni tudi mehanizmi za začasno prekinitev trgovanja (angl. circuit breakers). Ti mehanizmi se sprožijo, če je trg v nekem trenutku močno nestanoviten in pride do ekstremnih nihanj cene. Njihov cilj je, da preprečijo paniko in neracionalne odločitve predvsem algoritemskih trgovalcev ter pomagajo pri stabilizaciji trga (CME Group, 2020a). Kot je opisano že pri hipnih zlomih v poglavju 3.2, obstajajo razlike med implementacijami teh mehanizmov pri posameznih borzah, prav tako se ti mehanizmi razlikujejo glede na finančni instrument. Pomembne razlike obstajajo tudi med različnimi finančnimi trgi.

V ZDA so nedavno sprejeli precej regulacij na tem področju. Oktobra 2020 je SEC sprejela »Rule 7.12«, ki ureja področje mehanizmov za prekinitev celotnega trgovanja (angl. market-wide circuit breaker, v nadaljevanju MWCB) v primeru ekstremne volatilnosti. To pravilo nadomešča in razširja »Rule 80B«, ki se je kot učinkovit stabilizator trga izkazal spomladi 2020, ob izbruhu covid-19 pandemije. Mehanizmi za 15 minutno prekinitev trgovanja ob 7 % padcu indeksa S&P 500 so se namreč sprožili 9., 12., 16. in 18. marca 2020. Trgovanje se je po prekinitvi nadaljevalo, prekinitev pa je ugodno vplivala na zmanjšanje volatilnosti (SEC, 2020).

Borza NYSE ima skladno z »Rule 7.12« definirane tri pragove, ki se prožijo ob padcu trga za 7 %, 13 % in 20 %. Ob doseganju teh pragov se sprožijo mehanizmi MWCB, padec trga pa se meri glede na enodnevni padec indeksa S&P 500 glede na končno ceno prejšnjega trgovalnega dne. V primeru, da pride do padca za 7 % (prag 1) ali 13 % (prag 2), se celotno trgovanje zaustavi za minimalno 15 minut. Če pride do padca za 20 % (prag 3), potem se celotno trgovanje z lastniškim kapitalom zaustavi do konca trgovalnega dne. Vsaka izmed prekinitev pri pragu 1 in 2 se lahko proži le enkrat dnevno (Intercontinental Exchange, 2020).

Borza CME ima MWCB mehanizme pri standardiziranih terminskih pogodbah in opcijah, vezanih na vrednost indeksa S&P 500<sup>24</sup>, med trgovalnim dnevom implementirane skladno z »Rule 7.12«. Ti se sprožijo, če in samo če vrednost indeksa S&P 500 (neglede na ceno pogodb, vezanih na ta indeks) pade za 7 %, 13 % ali 20 % glede na referenčno ceno prejšnjega dne. Ob doseganju praga 1 in 2 pride do prekinitve trgovanja po pravilu »Rule 7.12« – hkratne prekinitve trgovanja na kapitalnem trgu (angl. cash equity market) ter na trgu standardiziranih terminskih pogodb ter opcij, vezanih na ameriške borzne indekse. Trgovanje s pogodbami in opcijami se ponovno sprosti 10 minut po sprostitvi trgovanja na kapitalnem trgu. Ob doseganju praga 3 pa se trgovanje tako na kapitalnem trgu kot na trgu pogodb in opcij, vezanih na borzne indekse, prekine do konca trgovalnega dne. V času izven ameriškega trgovalnega dne (angl. non-US trading hours) je nihanje cene omejeno na 7 %. Če sprememba vrednosti indeksa S&P 500 doseže 7 %, trgovanje s pogodbami in opcijami sicer ostane odprto, vendar se transakcije ne morejo izvesti po ceni, ki za več kot 7 % odstopa od referenčne cene. Poleg tega je v tem času implementirana še dinamična prekinitev trgovanja. Ta se sproži, če celoten trg zaniha za več kot 3,5 % v eni uri – v tem primeru se trgovanje zaustavi za 2 minuti (CME Group, 2020b).

Na CME nekoliko drugačna pravila veljajo za vse ostale standardizirane terminske pogodbe in opcije, vezane na borzne indekse. Pragovi za mehanizme MWCB med trgovalnim dnevom so definirani enako kot na NYSE. Čas ustavitve trgovanja pa je nekoliko drugačen – pri pragu 1 in 2 najprej pride do 2 minutnega obdobja opazovanja (angl. monitoring period), med tem časom se trgovanje nadaljuje. Če po obdobju opazovanja sprememba cene še vedno dosega prag 1 ali 2, pa pride do 2 minutne zaustavitve trgovanja. Pri doseganju praga 3 pri standardiziranih terminskih pogodbah ne pride do sprememb, pri opcijah pa je trgovanje

---

<sup>24</sup> E-mini S&P 500 (ES), Micro E-mini S&P 500 (MES) in S&P 500 (SP) standardizirane terminske pogodbe.

zaustavljeno, dokler sprememba dosega prag 3. V času izven trgovalnega dne veljajo enaka pravila, kot so opisna v prejšnjem odstavku (CME Group, 2020c).

V Evropi usklajeni MWCB mehanizmi ali mehanizmi vezani na indekse trenutno še niso implementirani – borze imajo implementirane le mehanizme pri posameznih delnicah (angl. stock specific circuit breakers), ki zaustavijo trgovanje za nekaj minut. To stanje je še posebej do izraza prišlo pri že omenjeni izredni volatilnosti trga zaradi izbruha covid-19 pandemije marca 2020. Italijanski indeks »FTSE Milano Indice di Borsa« (FTSE MIB) je 12. marca upadel za kar 17 %, na londonski borzi (angl. London Stock Exchange) pa je prišlo do proženja številnih prekinitev pri posameznih delnicah, a je vseeno prišlo do velikega padca indeksa FTSE 100 – 9. marca za 7,6 %, 10. marca pa za 10,9 % (Croft, 2020; Guillaumie, Loiacono, Winkler & Kern, 2020, str. 12).

Eden od primerov implementacije teh mehanizmov pri posameznih delnicah na evropskem trgu je borza Euronext, ki upravlja borze v 7 državah. Implementiranih ima več mehanizmov za stabilizacijo trga, med drugim tudi mehanizme za prekinitev trgovanja pri posameznih delnicah in indeksih. Ti se prožijo, če je dosežena dinamična meja (referenčna cena je določena glede na prejšnjo transakcijo) ali statična meja (referenčna cena je določena glede na končno ceno prejšnjega trgovalnega dne). Spremembe cene, ki prožijo dinamično (statično) prekinitev so 3 % (8 %) za glavne indekse<sup>25</sup> in 5 % (10 %) za ostale lastniške vrednostne papirje. Minimalen čas ustavitve trgovanja je 3 minute pri statičnih in dinamičnih mehanizmih, razen pri statičnih mehanizmih za glavne indekse je minimalen čas ustavitve 10 minut (Euronext, brez datuma).

Tudi evropski regulatorji trga v zadnjem času bolj podrobno preučujejo mehanizme za prekinitev trgovanja. Guillaumie, Loiacono, Winkler in Kern (2020, str. 12–13, 38–40), v obsežni raziskavi, podprti s strani European Securities and Markets Authority, ugotavljajo pozitivne učinke mehanizmov za prekinitev trgovanja pri stabilizaciji trga in izpostavljajo neučinkovitost trenutno neusklajenih mehanizmov za prekinitev trgovanja. V prihodnosti morda lahko tudi na evropskem trgu pričakujemo premike v smer uskladitve teh mehanizmov za bolj homogen odziv na izredno nestanovitnost in večjo učinkovitost pri stabilizaciji trga.

#### 4.3.3 Nadaljnji razvoj regulacij trga

Kot je razvidno iz prejšnjega podpoglavja, je regulacija trga na področju HFT trgovanja še precej v začetni fazi, pristopi regulatorjev na nekaterih večjih finančnih trgih pa se medsebojno precej razlikujejo. ECB (2016, str. 56) v poročilu o finančni stabilnosti opisuje, da je v globalnem smislu za regulacijo AT potreben fokus na regulacij štirih področjih, ki so delno že zajeta v direktivi MiFID II (glej poglavje 4.3.1). Prvo področje je vzpostavitev minimalnih zahtev za transparentnost za vse ustvarjalce trga ter kontrol tveganja, ki bodo

---

<sup>25</sup> Trgovalne kode glavnih indeksov: AEX, BEL 20, CAC 40, ISEQ 20 in PSI 20.

vključevala tudi fazo testiranja algoritmov pred njihovim vstopom na dejanski trg. Drugo področje je obdavčitev in sprejetje režimov trgovanja z namenom zmanjševanja procikličnosti, zagotavljanja likvidnosti in izboljšanja integritete trga. Tretje področje so tehnične omejitve trgovalnih platform, kot na primer harmonizacija režimov minimalne stopnje kotacije (angl. tick-size) za okrepitev odpornosti trga v zaostrenih razmerah. Četrto področje pa je uvedba registracije HFT strategij na trgovalnih platformah in zahteva po izpolnjevanju obveznosti, kot so na primer ustvarjanje trga in zagotavljanje likvidnosti tudi v zaostrenih razmerah na trgu, kar bi prav tako omejilo cikličnost trga. Poleg tega se za izboljšanje integritete trga zavzemajo za sprejetje mehkih regulacij, kot so na primer kodeksi ravnanja (angl. code of conduct).

Tudi regulacija ameriškega trga trenutno vsekakor ni zadostna. Securities Industry and Financial Market Association se sicer strinja s potrebo po ukrepih, sprejetih z Reg SCI, a predlaga dodatne mehanizme za dvig stabilnosti in povečanje zaupanja v trg. Predlagajo na primer uvedbo cenovnega intervala, ki preprečuje izvedbo transakcij izven sprejemljivega predhodno definiranega intervala; izboljšave na področju zagotavljanja likvidnosti in prekinitve trgovanja, ko je to potrebno za normalen potek procesa oblikovanja cene. Tudi SEC je že oznanil, da bodo v prihodnje sprejeli dodatna dopolnila Reg SCI, predvsem glede nadzora udeležencev trga, kot so na primer finančne institucije izven organiziranega trga (angl. over-the-counter market) (Woodward, 2017, str. 26–27).

Zaradi povezanosti finančnih trgov ima vsaka regulacija precej širši učinek, saj ne vpliva le na trg, na katerem je bila sprejeta. Zato se, za doseganje čim bolj optimalne regulacije, pojavljajo tudi predlogi za harmonizacijo zakonodaje glede algoritemskega trgovanja (predvsem med EU in ZDA). Vendar pa so pogledi na optimalen nivo regulacije algoritemskega trgovanja precej različni. ZDA kljub dodatnim zaostritvam regulacijo v veliki meri prepušča trgu in v trg posega le na operativnem nivoju, v EU pa so sprejeli veliko bolj celovit in hkrati tudi bolj omejevalen model regulacije. Zato je harmonizacija zakonodaje glede algoritemskega trgovanja, čeprav je teoretično zanimiva, v praksi bolj malo verjetna (Woodward, 2017, str. 42–43).

#### **4.4 Zaključek**

Dejstvo, da je AT precej novo področje, je razvidno tudi iz tega poglavja, saj je glede vplivov AT na nekatere ključne parametre trga, kot so na primer likvidnost in predvsem nestanovitnost tako med akademiki kot med trgovalci še vedno precej nestrinjanja. Tudi regulacija trga je v relativno začetni fazi razvoja, saj je na nekaterih glavnih trgih zakonodaja še vedno precej zastarela, ureja le nekatera področja trga, poleg tega pa bi lahko trdili, da je glede na število hipnih zlomov v zadnjih desetih letih na žalost tudi relativno neučinkovita.

Četudi raziskave kažejo, da vpliv AT v normalnih razmerah ni (izrazito) negativen za stabilnost trga, pa bi lahko glede na število hipnih zlomov in predvsem malih hipnih zlomov v zadnjem desetletju upravičeno sklepali, da ima AT in predvsem HFT v stresnih situacijah

precej nepredvidljive in negativne posledice na osnovne tržne mehanizme ter stabilnost trga. Glede na trenutno stanje z vse pogostejšimi hipnimi tržnimi zlomi nedvomno obstaja velika potreba po dodatnih regulativnih ukrepih, ki bodo povečali stabilnost trga, hkrati pa omogočali tudi nadaljnji razvoj področja AT. Zato je v prihodnje ključen prav poudarek na tematikah, ki jih obravnava to poglavje. Bistveno je čim bolj podrobno poznavanje spremenjene strukture trga in vpliva AT na ključne mehanizme trga, ki zagotavljajo stabilnost, posebno pozornost pa pri tem zahteva tudi analiza vplivov AT na trg v stresnih situacijah. Podrobno poznavanje področja je namreč osnova za implementacijo učinkovitih zakonodajnih ukrepov. Izziv regulacije področja AT je zelo kompleksen problem, saj je tudi samo področje AT zelo kompleksno in raznoliko, poleg tega pa se izredno hitro razvija in spreminja. Glede primernih ukrepov za regulacijo tega področja pa se pristopi med posameznimi državami precej razlikujejo – predvsem glede vprašanja, koliko regulacije na področju AT je sploh potrebne in v kolikšni meri je trg najbolje prepustiti samoregulaciji. V bližnji prihodnosti pa je verjetno najboljši pristop postopna implementacija novih ukrepov in velik poudarek na podrobnem spremljanju njihovega efekta, da se zagotovi, da ti ne bodo preveč omejevalni za razvoj AT, hkrati pa bodo omogočali bolj celovit nadzor AT, kar je ključno za izboljšanje finančne stabilnosti.

## **SKLEP**

Pojav algoritemskega trgovanja je bila ena izmed večjih sprememb, ki se je v zadnjem času zgodila na finančnih trgih. AT je v zadnjih dveh desetletjih izredno hitro pridobilo na vplivu, saj na nekaterih borzah AT že predstavlja večino opravljenih poslov. Veliko število transakcij se zgodi popolnoma avtomatizirano, izredno hitro in brez kakršnegakoli posredovanja, kontrole ali odobritve ljudi. Te spremembe pa imajo številne vplive tudi na strukturo trga in osnovne mehanizme, ki zagotavljajo stabilnost trga.

Posamezne praktične implementacije algoritmov, ki jih uporabljajo podjetja, ki se ukvarjajo z AT, se lahko med seboj precej razlikujejo, vendar pa v osnovi v veliki meri temeljijo na nekaterih relativno enostavnih principih, kot so na primer strategije povratka k povprečju ali strategije na osnovi momenta.

Pri strategijah povratka k povprečju algoritmi izkoriščajo pojav, da se bo cena nekaterih finančnih sredstev oziroma njihove kombinacije po določenem času vrnila k svoji lastni povprečni ceni. Dobiček trgovalci ustvarjajo z odpiranjem pozicij, ko cena nekega sredstva odstopa od njegove lastne povprečne cene in zapiranjem pozicij, ko se cena vrne bližje povprečju. Težji del tega pristopa je najti sredstva oziroma skupino sredstev, za katera obstaja dovoljšna verjetnost, da se bo njihova cena tudi v prihodnosti vračala k povprečju.

Druga skupina strategij so strategije na osnovi momenta. Ta skupina strategij izkorišča lastnost, da imajo vrednostni papirji, katerih cena v nekem časovnem obdobju raste, tendenco, da se ta trend nadaljuje še v prihodnosti, enako velja tudi za vrednostne papirje, ki



jim cena v nekem časovnem obdobju pada. Izziv tega pristopa pa je najti sredstvo oziroma skupino sredstev, ki imajo dovolj predvidljiv moment in najti optimalna obdobja posedovanja zanje.

HFT je področje AT, ki je v zadnjem času precej pridobilo na razširjenosti, veliko vlogo je imelo tudi pri večini nedavnih hipnih zlomov trga. Od ostalih pristopov AT se razlikuje predvsem po hitrosti. Časi izvedbe naročil se merijo v mikrosekundah, bistveno več kot pri drugih strategijah je dodajanj, sprememb in preklicev naročil, časi držanja pozicij so v povprečju zelo kratki. Glavni cilj HFT trgovalcev je, da zaznajo priložnost izkoristijo hitreje kot njihovi konkurenti, kar s seboj prinaša ogromne stroške investicij v čim hitrejšo trgovalno infrastrukturo. Same strategije pri HFT so v osnovi zelo podobne kot pri ostalih tipih AT, saj večinoma uporabljajo strategije povratka k povprečju, momenta, arbitraže in ustvarjanja trga. Gledano s finančnega vidika so te strategije relativno enostavne in ne predstavljajo večjih novosti. HFT torej ne izkorišča zmogljivosti superračunalnikov in nizkolatenčne infrastrukture za kompleksno temeljno analizo finančnih sredstev, temveč so vse zmogljivosti usmerjene v čim hitrejšo izvedbo ogromnega števila posamezno razmeroma trivialnih transakcij.

Posledica vse širše uporabe AT je tudi sprememba strukture trga in v določenih situacijah negativni vplivi na stabilnost trga. V zadnjem desetletju je bilo AT in predvsem HFT namreč (so)odgovorno za številne hipne zlome, razlogov za nekatere izmed njih pa regulatorji trga še vedno ne razumejo popolnoma. Poleg tega se AT v splošnem povezuje z nepredvidljivim obnašanjem trga v stresnih situacijah, na kar kaže tudi močno povečano število malih hipnih zlomov. Glede hipnih zlomov so najbolj problematična predvsem tri dejstva – frekvenca hipnih zlomov, njihov vpliv na trg in na splošno relativno slabo razumevanje teh dogodkov s strani regulatorjev še nekaj let po samem hipnem zlomu.

Od leta 2010 do časa pisanja tega magistrskega dela je prišlo do vsaj osmih večjih hipnih zlomov trga, pred tem pa do takih dogodkov ni prihajalo. Poleg očitnega neposrednega vpliva imajo hipni zlomi trga še obsežen posreden vpliv, ki se kaže kot zmanjšanje zaupanja v trg, v večini primerov pa pride tudi do obsežnega efekta prelivanja šoka na ostale trge. Negativni učinki hipnih zlomov so tako precej širši in dlje trajajoči, kot se morda zdi na prvi pogled. Zaskrbljujoč je tudi nivo razumevanja teh dogodkov s strani regulatorjev trga – v mnogih primerih si namreč še leta po dogodku niso enotni, kaj so bili glavni vzroki za nek dogodek. To dejstvo je problematično tudi z vidika sprememb regulacij. Če še nekaj let po hipnem zlomu ni popolnoma jasno, kaj so bili glavni vzroki za dogodek in kako bi lahko v prihodnje ravnali drugače, da bi se taki dogodki preprečili, potem je nemogoče predlagati nove regulativne ukrepe, ki bi delovali kot stabilizatorji trga v stresnih situacijah in bi preprečevali hipne zlome trga, oziroma v primeru, da pride do njih, vsaj omejili njihove posledice.

Tudi v posameznih študijah vpliva AT na nekatere ključne mehanizme za delovanje trga, kot so likvidnost, ustvarjanje trga in predvsem nestanovitnost, si raziskovalci pogosto niso

enotni, ali je vpliv AT nanje pozitiven, nevtralen ali negativen. Glede vpliva na proces oblikovanja cen se posamezne kategorije algoritemskih trgovalcev precej razlikujejo med seboj, vendar pa so si v večini raziskav enotni, da je skupno gledano vpliv AT v povprečju pozitiven in pripomore k večji učinkovitosti cen in pospeši proces oblikovanja cene.

Regulacija trga AT je še vedno v precej začetni fazi. Med posameznimi večjimi trgi se pristopi precej razlikujejo, že glede osnovnega vprašanja, koliko regulacije je sploh potrebne. Na ameriškem trgu je zakonodaja na področju AT precej zastarela, zavzemajo pa se večinoma za minimalne posege v trg. Podoben pristop z minimalnimi posegi v trg imajo tudi v Veliki Britaniji in na Japonskem, v obeh državah zelo spodbujajo razvoj AT. Evropska Unija pa si z direktivo MiFID II prizadeva za precej bolj celovito regulacijo trga, ki vključuje zahteve po številnih varnostnih mehanizmih in celo odobritev za uporabo zelenih strategij s strani regulatorja trga. Nemčija pa je sprejela še strožjo zakonodajo, kot jo predvideva omenjena evropska direktiva, s čimer pa je verjetno precej omejila razvoj AT na nemškem finančnem trgu. Podobne težave imata tudi Kitajska in Hong Kong, ki imata implementirane nekatere regulativne omejitve, ki močno zavirajo razvoj AT na teh trgih.

AT najverjetneje ni le kratkoročen trend in bo v prihodnosti še pridobivalo na vplivu. Zato nedvomno obstaja potreba po novih ukrepih, predvsem je ključno izboljšanje finančne stabilnosti v stresnih situacijah, da se preprečijo dogodki, kot so hipni zlomi trga. V prihodnje je zato bistveno čim več pozornosti posvetiti čim boljšemu razumevanju vpliva AT na trg in ključne mehanizme, ki zagotavljajo stabilnost, da se bodo lahko sprejemali učinkoviti regulativni ukrepi, ki bodo zmanjšali možnost pojava hipnih zlomov, povečali stabilnost trga in posledično tudi povečali zaupanje v sam trg.

## LITERATURA IN VIRI

1. Ablan, J. (2007, 31. maj). Snipers, sniffers, guerillas: the algo-trading war. *Reuters*. Pridobljeno 15. marca 2021 iz <https://www.reuters.com/article/businesspro-usa-algorithm-strategies-dc/snipers-sniffers-guerillas-the-algo-trading-war-idUSN3040797620070531>
2. Aldridge, I. (2013). *High-Frequency Trading: A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems* (2. izd.). New Jersey: Wiley Trading.
3. Andersen, T. G. & Bondarenko, O. (2014). VPIN and the Flash Crash. *Journal of Financial Markets*, 17, 1–46.
4. Antoniou, A., Lam, H. & Paudyal, K. (2007). Profitability of momentum strategies in international markets: The role of business cycle variables and behavioural biases. *Journal of Banking & Finance*, 31(3), 955–972.
5. Ball, R. & Brown, P. (1968). An Empirical Evaluation of Accounting Income Numbers. *Journal of Accounting Research*, 6(2), 159–178.
6. Ball, R. & Brown, P. (2019). Ball and Brown (1968) after fifty years. *Pacific-Basin Finance Journal*, 53, 410–431.

7. Bank for International Settlements. (2017). *The sterling 'flash event' of 7 October 2016*. Basel: Bank for International Settlements.
8. Bank of England. (2016). *Financial Stability Report, November 2016*. London: Bank of England.
9. Bates, J. (2015, 24. april). Post Flash Crash, Regulators Still Use Bicycles To Catch Ferraris. *Traders Magazine*. Pridobljeno 28. avgusta 2020 iz <https://www.tradersmagazine.com/departments/technology/post-flash-crash-regulators-still-use-bicycles-to-catch-ferraris/>
10. Benos, E. & Sagade, S. (2016). Price discovery and the cross-section of high-frequency trading. *Journal of Financial Markets*, 30, 54–77.
11. Biais, B. & Foucault, T. (2014). HFT and Market Quality. *Bankers, Markets & Investors*, (128), 5–19.
12. Bloomberg Businessweek. (2019, 8. marec). The Gazillion-Dollar Standoff Over Two High-Frequency Trading Towers. *Bloomberg Businessweek*. Pridobljeno 20. julija 2020 iz <https://www.bloomberg.com/news/features/2019-03-08/the-gazillion-dollar-standoff-over-two-high-frequency-trading-towers>
13. Bodie, Z., Kane, A. & Marcus, A. (2018). *Investments* (11. izd.). New York: McGraw-Hill Education.
14. Bongaerts, D. & Van Achter, M. (2016). High-Frequency Trading and Market Stability. *Social Science Research Network Electronic Journal; No. 2698702*.
15. Bouveret, A., Breuer, P., Chen, Y., Jones, D. & Sasaki, T. (2015). *IMF Working Paper: Fragilities in the U.S. Treasury Market: Lessons from the "Flash Rally" on October 15, 2014*. Washington, D.C.: International Monetary Fund.
16. Brogaard, J. (2010). High Frequency Trading and its impact on Market Quality. *Northwestern University Kellogg School of Management Working Paper*, 66.
17. Brogaard, J., Hendershott, T. & Riordan, R. (2014). High Frequency Trading and Price Discovery. *The Review of Financial Studies*, 27(8), 2267–2306.
18. Brush, S., Schoenberg, T. & Ring, S. (2015, 21. april). How a Mystery Trader With an Algorithm May Have Caused the Flash Crash. *Bloomberg*. Pridobljeno 28. avgusta 2020 iz <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-22/mystery-trader-armed-with-algorithms-rewrites-flash-crash-story>
19. Caldeira, J. & Moura, G. V. (2013). Selection of a Portfolio of Pairs Based on Cointegration: A Statistical Arbitrage Strategy. *Revista Brasileira de Finanças*, 11.
20. Cardella, L., Hao, J. & Kalcheva, I. (2013). Make and Take Fees in the U.S. Equity Market. *Social Science Research Network Electronic Journal; No. 2149302*.
21. Cboe Exchange, Inc. (brez datuma). *U.S. Equities Market Volume Summary* [tabela]. Pridobljeno 20. julija 2020 iz: [https://markets.cboe.com/us/equities/market\\_share/](https://markets.cboe.com/us/equities/market_share/)
22. Chaboud, A., Chiquoine, B., Hjalmarsson, E. & Vega, C. (2014). Rise of the Machines: Algorithmic Trading in the Foreign Exchange Market. *The Journal of Finance*, 69(5), 2045–2084.
23. Chan, E. P. (2013). *Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale*. New Jersey: John Wiley & Sons.

24. Chassany, A. S. (2016, 7. oktober). Hollande demands tough Brexit negotiations. *Financial Times*. Pridobljeno 15. septembra 2020 iz <https://www.ft.com/content/5f84e4c4-8c17-11e6-8aa5-f79f5696c731>
25. Clark, E. (2020, 2. junij). China's new laws simplify investment. *China Daily*. Pridobljeno 5. oktobra 2020 iz <https://global.chinadaily.com.cn/a/202006/02/WS5ed5f69ca310a8b24115a3ef.html>
26. Chen, J. (2019a, 25. september). Fat Finger Error. *Investopedia*. Pridobljeno 28. avgusta 2020 iz <https://www.investopedia.com/terms/f/fat-finger-error.asp>
27. Chen, J. (2019b, 30. april). Price discovery. *Investopedia*. Pridobljeno 21. septembra 2020 iz <https://www.investopedia.com/terms/p/pricediscovery.asp>
28. CME Group. (2010, 1. oktober). CME Group Statement on the Joint CFTC/SEC Report Regarding the Events of May 6. *CME Group*. Pridobljeno 2. septembra 2020 iz <http://investor.cmegroup.com/news-releases/news-release-details/cme-group-statement-joint-cftcsec-report-regarding-events-may-6?ReleaseID=513388>
29. CME Group. (2020a, 23. marec). Understanding Price Limits and Circuit Breakers. *CME Group*. Pridobljeno 16. marca 2021 iz <https://www.cmegroup.com/education/articles-and-reports/understanding-price-limits-and-circuit-breakers.html>
30. CME Group. (2020b, 22. september). S&P 500 Price Limits: Frequently Asked Questions. *CME Group*. Pridobljeno 16. marca 2021 iz: <https://www.cmegroup.com/trading/equity-index/sp-500-price-limits-faq.html?redirect=/trading/equity-index/faq-sp-500-price-limits.html>
31. CME Group. (2020c, 22. september). US-Based Equity Index Futures Price Limits: Frequently Asked Questions. *CME Group*. Pridobljeno 16. marca 2021 iz <https://www.cmegroup.com/trading/equity-index/us-based-equity-index-futures-price-limits-faq.html?redirect=/trading/equity-index/faq-us-based-equity-index-price-limits.html>
32. Corporate Finance Institute. (brez datuma a). What is Cointegration? *Corporate Finance Institute*. Pridobljeno 15. junija 2020 iz <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/other/cointegration/#:~:text=Cointegration%20is%20a%20technique%20used,and%20the%20Phillips%20Doularis%20test>
33. Corporate Finance Institute. (brez datuma b). What is Roll Yield? *Corporate Finance Institute*. Pridobljeno 15. junija 2020 iz <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/trading-investing/roll-yield/#:~:text=Roll%20yield%20is%20a%20type%20of%20return%20in%20commodity%20futures,is%20in%20backwardation%20or%20contango>
34. Croft, A. (2020, 15. marec). Shut down! Why the world's stock markets kept going quiet last week. *Fortune*. Pridobljeno 10. julija 2020 iz <https://fortune.com/2020/03/15/global-stock-markets-circuit-breakers/#:~:text=The%20European%20experience,outside%20of%20a%20certain%20range>
35. Crump, L. (2015). Regulating to Achieve Stability in the Domain of High-Frequency Trading. *Michigan Telecommunications and Technology Law Review*, 22(1), 161–189.

36. Daniel, K. & Moskowitz, T. J. (2013). Momentum Crashes. *Swiss Finance Institute Research Paper*, 13(61).
37. Das, R., Hanson, J., Kephart, J. & Tesauro, G. (2001). Agent-Human Interactions in the Continuous Double Auction. *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 17(1), 1169–1178.
38. Davies, R. (2016, 7. oktober). What caused the pound's flash crash? *The Guardian*. Pridobljeno 15. septembra 2020 iz <https://www.theguardian.com/business/2016/oct/07/what-caused-pound-flash-crash-brexit-fallen-sterling>
39. Deutsche Bank Equities. (2012). *Stealth – Defining the future in dark and bright markets*. Frankfurt: Deutsche Bank Equities.
40. Dhir, R. (2019, 18. januar). Momentum Definition. *Investopedia*. Pridobljeno 2. februarja 2021 iz <https://www.investopedia.com/terms/m/momentum.asp#:~:text=Momentum%20is%20the%20rate%20of,usually%20defined%20as%20a%20rate>
41. Do, B. & Faff, R. (2010). Does Simple Pairs Trading Still Work? *Financial Analysts Journal*, 66(4), 83–95.
42. Downey, L. (2019, 21. marec). Trade Signal. *Investopedia*. Pridobljeno 20. junija 2020 iz <https://www.investopedia.com/terms/t/trade-signal.asp>
43. Easley, D., Lopez de Prado, M. & O'Hara, M. (2011). The Microstructure of the “Flash Crash”: Flow Toxicity, Liquidity Crashes, and the Probability of Informed Trading. *The Journal of Portfolio Management*, 37(2), 118–128.
44. Easley, D., Lopez de Prado, M. & O'Hara, M. (2012). Flow Toxicity and Liquidity in a High Frequency World. *The Review of Financial Studies*, 25(5), 1457–1493.
45. Evropska centralna banka. (2016). *Financial Stability Review, May 2016*. Frankfurt am Main: Evropska centralna banka.
46. Evropska centralna banka. (2019, 13. februar). Algorithmic Trading: trends and existing regulation. *Evropska centralna banka*. Pridobljeno 5. oktobra 2020 iz [https://www.bankingsupervision.europa.eu/press/publications/newsletter/2019/html/ssm.nl190213\\_5.en.html](https://www.bankingsupervision.europa.eu/press/publications/newsletter/2019/html/ssm.nl190213_5.en.html)
47. European Securities and Markets Authority. (brez datuma). MIFID II. *European Securities and Markets Authority*. Pridobljeno 4. oktobra 2020 iz <https://www.esma.europa.eu/policy-rules/mifid-ii-and-mifir>
48. Essvale Corporation Ltd. (2011). *Career Guidebook for IT in Exchanges*. London: Essvale Corporation Ltd.
49. ETFdb. (brez datuma). *S&P Diversified Trends Indicator – ETF Tracker* [tabela]. Pridobljeno 22. junija 2020 iz <https://etfdb.com/index/sp-diversified-trends-indicator/>
50. Euronext. (brez datuma). Trading safeguards on the Euronext markets. *Euronext*. Pridobljeno 5. septembra 2020 iz <https://www.euronext.com/en/news/trading-safeguards-euronext-markets>
51. Fernando, J. (2020, 12. avgust). Circuit Breaker. *Investopedia*. Pridobljeno 30. avgusta 2020 iz <https://www.investopedia.com/terms/c/circuitbreaker.asp>
52. Flood, J. (2010, 24. avgust). NYSE Confirms Price Reporting Delays That Contributed to the Flash Crash. *Chief Investment Officer*. Pridobljeno 30. avgusta 2020 iz

<https://www.ai-cio.com/news/nyse-confirms-price-reporting-delays-that-contributed-to-the-flash-crash/>

53. Furbush, D. (brez datuma). Program Trading. *Library of Economics and Liberty*. Pridobljeno 5. junija 2020 iz <https://www.econlib.org/library/Enc1/ProgramTrading.html>
54. Futures Industry Association. (2015, 1. oktober). What is a self-trade, anyway? *Futures Industry Association*. Pridobljeno 10. septembra 2020 iz <https://www.fia.org/resources/what-self-trade-anyway#:~:text=The%20Joint%20Staff%20Report%20defined,change%20in%20beneficial%20ownership%20results.%E2%80%9D>
55. Golub, A., Keane, J. & Poon, S. H. (2012). High Frequency Trading and Mini Flash Crashes. *Social Science Research Network Electronic Journal*; No. 2182097.
56. Griffin, J., Ji, X. & Martin, J. (2005). Global Momentum Strategies. *The Journal of Portfolio Management*, 31(2), 23–39.
57. Guillaumie, C., Loiacono, G., Winkler, C. & Kern, S. (2020). *ESMA Working Paper: Market impacts of circuit breakers – Evidence from EU trading venues*. Paris: European Securities and Markets Authority.
58. Haferkorn, M. & Zimmermann, K. (2014). The German High-Frequency Trading Act: Implications for Market Quality. *Social Science Research Network Electronic Journal*; No. 2514334.
59. Hughes, J. & Lewis, L. (2016, 7. oktober). How 'all hell broke loose' on flash crash Friday. *Financial Times*. Pridobljeno 16. septembra 2020 iz <https://www.ft.com/content/0855b572-8c74-11e6-8aa5-f79f5696c731>
60. Huš, M. (2012). Ko trgujejo računalniki. *Monitor*, 22(11), 62–69.
61. Intercontinental Exchange, Inc. (2020). *Market-Wide Circuit Breakers FAQ*. Atlanta: Intercontinental Exchange, Inc.
62. International Monetary Fund. (2015). *Global Financial Stability Report – Navigating Monetary Policy Challenges and Managing Risks*. Washington, D.C.: International Monetary Fund.
63. Jagadeesh, N. & Titman, S. (2001). Profitability of Momentum Strategies: An Evaluation of Alternative Explanations. *The Journal of Finance*, 56(2), 699–720.
64. Jain, P. K. (2005). Financial Market Design and the Equity Premium: Electronic versus Floor Trading. *The Journal of Finance*, 60(6), 2955–2985.
65. Jickling, M. (2004). *The Trade-Through Rule*. Washington, D.C.: Congressional Research Service.
66. Johnson, B. (2010). *Algorithmic Trading & DMA: An introduction to direct access trading strategies*. London: 4Myeloma Press.
67. Johnson, N., Zhao, G., Hunsader, E., Qi, H., Johnson, N., Meng, J. & Tivian, B. (2013). Abrupt rise of new machine ecology beyond human response time. *Scientific Reports*, 3(1), 1–7.
68. Johnson, N., Zhau, G., Hunsader, E., Meng, J., Ravindar, A., Carran, S. & Tivian, B. (2012). Financial black swans driven by ultrafast machine ecology. *arXiv preprint arXiv:1202.1448*.

69. Kabasinskas, A. & Macys, U. (2010). Calibration of Bollinger Bands Parameters for Trading Strategy Development in the Baltic Stock Market. *Inzinerine Ekonomika - Engineering Economics*, 21(3), 244–254.
70. Ke, B. & Ramalingegowda, S. (2005). Do institutional investors exploit the post-earnings announcement drift? *Journal of Accounting and Economics*, 39(1), 25–53.
71. Keohane, D. (2015, 16. april). Your October 2014 flash crash, charted. *Financial Times*. Pridobljeno 7. septembra 2020 iz <https://www.ft.com/content/e65ae534-f818-3776-89a4-b8a84b815dc6>
72. Kirilenko, A., Kyle, A., Samadi, M. & Tuzun, T. (2017). The Flash Crash: High Frequency Trading in an Electronic Market. *The Journal of Finance*, 72(3), 967–998.
73. Krasting, B. (2010, 17. maj). The Yen Did It? *Seeking Alpha*. Pridobljeno 30. avgusta 2020 iz <https://seekingalpha.com/article/203603-the-yen-did-it>
74. Kyle, A. & Obizhaeva, A. (2016a). Large Bets and Stock Market Crashes. *Social Science Research Network Electronic Journal; No. 2023776*.
75. Kyle, A. & Obizhaeva, A. (2016b). Market Microstructure Invariance: Empirical Hypotheses. *Econometrica*, 84(4), 1345–1404.
76. Lauricella, T., Scannell, K. & Strasburg, J. (2010, 2. oktober). How a Trading Algorithm Went Awry. *The Wall Street Journal*. Pridobljeno 17. marca 2020 iz <https://www.wsj.com/articles/SB10001424052748704029304575526390131916792>
77. Leal, S. J., Napoletano, M., Roventini, A. & Fagiolo, G. (2016). Rock around the Clock: An Agent-Based Model of Low- and High-Frequency Trading. *Journal of Evolutionary Economics*, 26(1), 49–76.
78. Leshik, E. & Cralle, J. (2011). *An Introduction to Algorithmic Trading: Basic to Advanced Strategies*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
79. Levine, Z., Halle, S. & Floridi, L. (2017). The October 2014 United States Treasury bond flash crash and the contributory effect of mini flash crashes. *PloS one*, 12(11).
80. Liberto, D. (2019, 31. Julij). Price Efficiency. *Investopedia*. Pridobljeno 21. septembra 2020 iz <https://www.investopedia.com/terms/p/price-efficiency.asp>
81. Lin, T. (2012). The New Investor. *UCLA Law Review*, 60, 678–735.
82. Linton, O. & Mahmoodzadeh, S. (2018). Implications of High-Frequency Trading for Security Markets. *Annual Review of Economics*, 10, 237–259.
83. Markham, J. (2002). *A Financial History of the United States: From the Age of Derivatives into the New Millennium*. Armonk: M.E. Sharpe.
84. Markham, J. & Harty, D. (2007). For Whom the Bell Tolls: The Demise of Exchange Trading Floors and the Growth of ECNs. *The Journal of Corporation Law*, 33.
85. Martin, K. & Binham, C. (2016, 7. december). Citi trader deepened October's pound »flash crash«. *Financial Times*. Pridobljeno 15. septembra 2020 iz <https://www.ft.com/content/4089c7d0-bba4-11e6-8b45-b8b81dd5d080>
86. McGowan, M. (2010). The rise of computerized high frequency trading: use and controversy. *Duke Law & Technology Review*, 9, 1–25.
87. Menkveld, A. (2013). High Frequency Trading and The New-Market Makers. *Journal of Financial Markets*, 16(4), 712–740.

88. Miedema, D. & Lynch, S. (2015, 21. april). UK speed trader arrested over role in 2010 'flash crash'. *Reuters*. Pridobljeno 3. septembra 2020 iz <https://www.reuters.com/article/us-usa-security-fraud/uk-speed-trader-arrested-over-role-in-2010-flash-crash-idUSKBN0NC21220150421>
89. Moskowitz, T., Ooi, Y. & Pedersen, L. (2012). Time Series Momentum. *Journal of Financial Economics*, 104(2), 228–250.
90. Mukerji, P., Chung, C., Walsh, T. & Xiong, B. (2019). The Impact of Algorithmic Trading in a Simulated Asset Market. *Journal of Risk and Financial Management*, 12(2).
91. Myres, B. & Gerig, A. (2015). Simulating the Synchronizing Behavior of High-Frequency Trading in Multiple Markets. V Bera, A., Ivilev, S., Lillo F. (ur.), *Financial econometrics and empirical market microstructure* (str. 207–213). Cham: Springer.
92. Nakamura, Y. & Hasegava, T. (2015, 5. marec). Humans Lose Out as Robots Take Tokyo Stock Exchange. *Bloomberg*. Pridobljeno 5. oktobra 2020 iz <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-03-05/robots-take-tokyo-as-high-frequency-equity-infiltration-hits-70->
93. Narang, R. (2013). *Inside the Black Box* (2. izd.). New Jersey: Wiley Finance Series.
94. Nawn, S. & Banerjee, A. (2017). Price discovery - contribution of proprietary and agency algorithmic traders. *Social Science Research Network Electronic Journal*; No. 308927.
95. Ni, Y., Day, M. Y., Huang, P. & Yu, S. R. (2020). The profitability of Bollinger Bands: Evidence from the constituent Stocks of Taiwan 50. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 551, 124–144.
96. Noss, J., Pedace, L., Tobek, O., Linton, O. & Crowley-Reidy, L. (2017). *Staff Working Paper No. 687: The October 2016 sterling flash episode: when liquidity disappeared from one of the world's most liquid markets*. London: Bank of England.
97. Nuti, G., Mirghaemi, M., Treleven, P. & Yingsaeree, C. (2011). Algorithmic Trading. *Computer*, 44(11), 61–69.
98. Orcun, K. (2016). *High-Frequency Trading: Reaching the Limits*. Frankfurt am Main: Deutsche Bank Research.
99. Pagano, M. & Röell, A. (1996). Transparency and Liquidity: A Comparison of Auction and Dealer Markets with Informed Trading. *The Journal of Finance*, 51(2), 579–611.
100. Panagiotis, S., Thomakos, D. & Wang, T. (2011). Pairs Trading on International ETFs. *Social Science Research Network Electronic Journal*; No. 1958546.
101. Patterson, S. & Lauricella, T. (2010, 11. maj). Did a big bet help trigger 'Black Swan' stock swoon? *The Wall Street Journal*. Pridobljeno 30. avgusta 2020 iz <https://www.fnlondon.com/articles/big-bet-black-swan-stock-swoon-20100511>
102. Phillips, M. (2010, 20. maj). SEC's Schapiro: Here's My Timeline of the Flash Crash. *The Wall Street Journal*. Pridobljeno 30. avgusta 2020 iz <https://blogs.wsj.com/marketbeat/2010/05/20/secs-schapiro-heres-my-timeline-of-the-flash-crash/>
103. Phillips, M. (2013, 6. junij). How the Robots Lost: High-Frequency Trading's Rise and Fall. *Bloomberg*. Pridobljeno 20. julija 2020 iz <https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-06-06/how-the-robots-lost-high-frequency-tradings-rise-and-fall>



104. Pole, A. (2007). *Statistical arbitrage: Algorithmic Trading Insights and Techniques*. New Jersey: John Wiley & Sons.
105. Rose, C. (2011). The Flash Crash Of May 2010: Accident Or Market Manipulation? *Journal of Business & Economics Research*, 9(1), 85–90.
106. Sornette, D. (2003). *Why Stock Markets Crash*. New Jersey: Princeton University Press.
107. Standard & Poor's. (2004). *Standard & Poor's Diversified Trends Indicator*. New York: Standard & Poor's.
108. Tarm, M. (2020, 29. januar). Autistic futures trader who triggered crash spared prison. *Yahoo Finance*. Pridobljeno 29. avgusta 2020 iz <https://finance.yahoo.com/news/autistic-futures-trader-triggered-crash-003121499.html>
109. The Economist Newspaper Limited. (2019a). March of the machines. *The Economist*, str. 18-20.
110. The Economist Newspaper Limited. (2019b). Masters of the universe. *The Economist*, str. 11.
111. Treleaven, P., Galas, M. & Lalchand, V. (2013). Algorithmic trading review. *Communications of the ACM*, 56(11), 76–85.
112. Udland, M. (2015, 9. april). The bond 'flash crash'? Jamie Dimon says that kind of thing happens 'once in every 3 billion years or so'. *Business Insider*. Pridobljeno 7. septembra 2020 iz <https://www.businessinsider.com/jamie-dimon-on-the-bond-flash-crash-2015-4>
113. U.S. Department of the Treasury, Board of Governors of the Federal Reserve System, Federal Reserve Bank of New York, U.S. Securities and Exchange Commission & U.S. Commodity Futures Trading Commission. (2015). *Joint Staff Report: The U.S. Treasury Market on October 15, 2014*. Washington: USDT, FRB, New York Fed, SEC, CFTC
114. U.S. Securities and Exchange Commission. (2020). Notice of Filing and Immediate Effectiveness of Proposed Rule Change to Extend the Pilot Related to the Market-wide Circuit Breaker in Rule 7.12. *Federal Register*, 85(201), 65888–65891.
115. U.S. Securities and Exchange Commission & U.S. Commodity Futures Trading Commission. (2010). *Findings regarding the market events of May 6, 2010*. Washington D.C.: SEC & CFTC.
116. Viljoen, T., Westerholm, J. & Zheng, H. (2014). Algorithmic Trading, Liquidity, and Price Discovery: An Intraday Analysis of the SPI 200 Futures. *The Financial Review*, 49(2), 245–270.
117. Virgilio, G. (2019). High-frequency trading: a literature review. *Financial Markets and Portfolio Management*, 33(2), 183–208.
118. Virtu Financial, Inc. (2014). *FORM S-1, Registration Statement Under The Securities Act Of 1933*. New York: Virtu Financial.
119. Warner, J. (2019, 3. maj). Flash crashes explained. *Investors Gold*. Pridobljeno 17. marca 2020 iz <https://www.ig.com/au/trading-strategies/flash-crashes-explained-190503>
120. Wells, P., Hughes, J., Martin, K. & Wigglesworth, R. (2016, 7. oktober). Pound struggles to recover after plunging 6% in 2 minutes. *Financial Times*. Pridobljeno 15.

septembra 2020 iz <https://www.ft.com/content/dfb375be-8c23-11e6-8cb7-e7ada1d123b1>

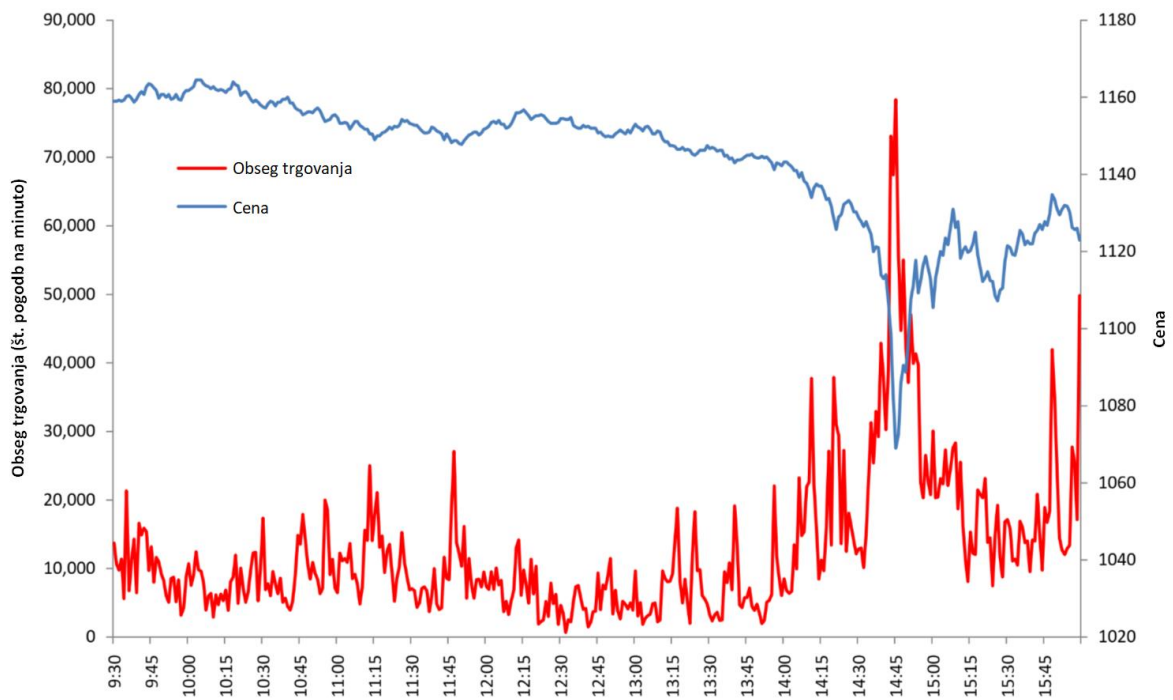
121. Whipp, L. & Scannel, K. (2016, 10. november). 'Flash-crash' trader Navinder Sarao pleads guilty to spoofing. *Financial Times*. Pridobljeno 3. septembra 2020 iz <https://www.ft.com/content/a321031a-a6cb-11e6-8898-79a99e2a4de6>
122. Whitman, J. (2010, 7. julij). The markets' wild ride. *Financial Post*. Pridobljeno 28. avgusta 2020 iz <https://web.archive.org/web/20200623124731/https://montrealgazette.com/business/fp/markets+wild+ride/2994890/story.html>
123. Wildau, G. (2017, 29. Junij). China's high-frequency traders in retreat after court verdict. *Financial Times*. Pridobljeno 5. oktobra 2020 iz <https://www.ft.com/content/de54327c-5bde-11e7-9bc8-8055f264aa8b>
124. Woodward, M. (2017). The Need for Speed: Regulatory Approaches to High Frequency Trading in the United States and the European Union. *Vanderbilt Journal of Transnational Law*, 50, 1359–1401.

## **PRILOGE**



## Priloga 1: Obseg trgovanja in cena E-Mini pogodb

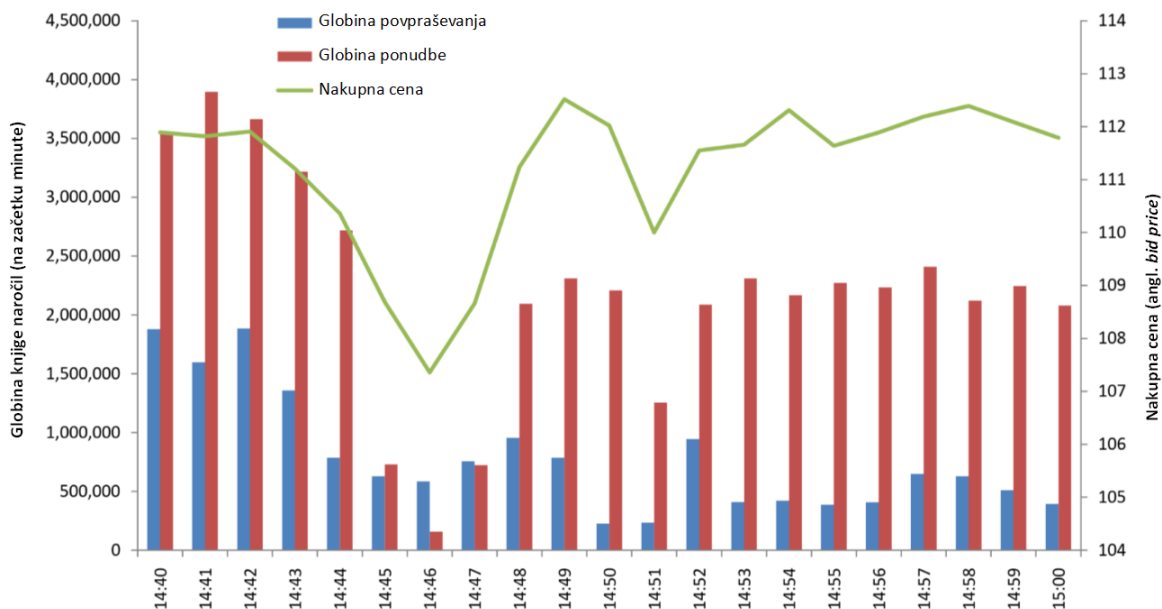
Slika 1: Obseg trgovanja in cena E-Mini pogodb v času hipnega zloma



Prirejeno po SEC in CFTC (2010, str. 19).

## Priloga 2: Cena in obseg trgovanja SPY

Slika 2: Cena in obseg trgovanja SPY v intervalu 500 bazičnih točk od srednje kotacije (angl. mid-quote)



Prirejeno po SEC in CFTC (2010, str. 28).

### Priloga 3: Donosnosti obveznic

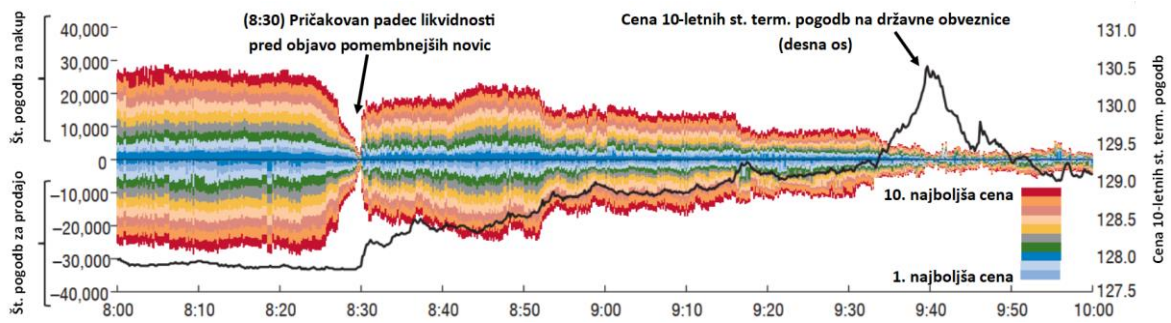
Slika 3: Donosnosti 10-letnih ameriških državnih obveznic



Prirajeno po IMF (2015, str. 32).

#### Priloga 4: Standardizirane terminske pogodbe na 10-letne državne obveznice

Slika 4: Število razpoložljivih standardiziranih terminskih pogodb vezanih na 10-letne državne obveznice in cena standardiziranih terminskih pogodb vezanih na 10-letne državne obveznice

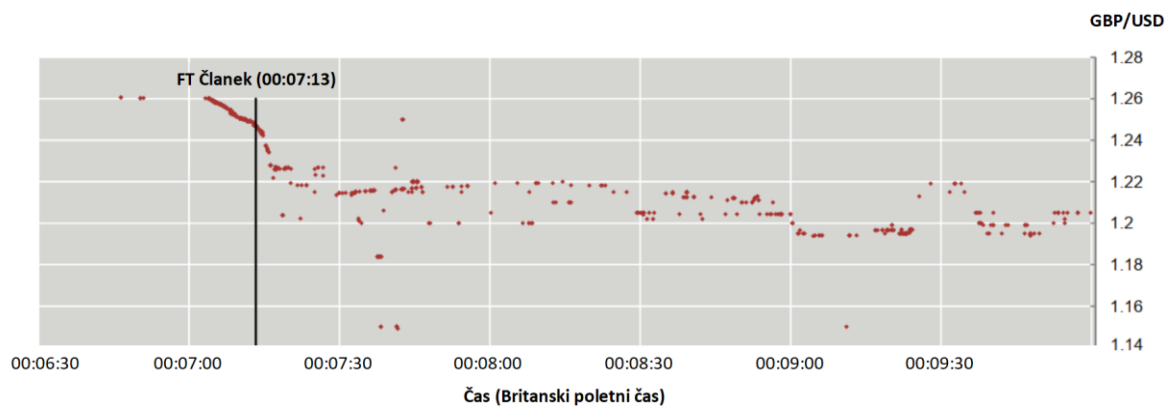


Prirejeno po IMF (2015, str. 32).



## Priloga 5: Gibanje cene GBP na platformi Thomson Reuters

Slika 5: Gibanje cene GBP/USD na platformi Thomson Reuters, 7. oktobra 2014



*Prirejeno po BIS (2017, str. 6).*

Opomba: Vsaka rdeča pika predstavlja ceno, po kateri je bila v nekem trenutku opravljena transakcija na platformi Thomson Reuters.