

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Majandusanalüüsi ja rahanduse instituut

Semjon Mazurõk

**PÕHJAMAADE AKTSIATURGUDE VOLATIILSUSE
MODELLEERIMINE COVID-19 PANDEEMIA AJAL
TUGINEDES GARCH TÜÜPI MUDELITELE**

Bakalaureusetöö

Õppekava ärindus, peaeriala ärirahandus

Juhendaja: Karin Jõeveer, Dotsent

Tallinn 2021

Deklareerin, et olen koostanud lõputöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 8211 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Semjon Mazurõk

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 186056TABB

Üliõpilase e-posti aadress: semyon.mazuryk@gmail.com

Juhendaja: Karin Jõeveer, Dotsent:

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE.....	6
SISSEJUHATUS	7
1 VOLATIILSUS FINANTSÖKONOOMIKAS	9
1.1 Finantsturgude volatiilsus.....	9
1.1.1 Volatiilsust mõjutavad tegurid.....	10
1.2 Volatiilsus kriiside ajal	11
1.3 COVID-19 pandeemia.....	12
1.4 Volatiilsuse modelleerimine	13
1.4.1 ARCH mudel	14
1.4.2 GARCH mudel	15
1.4.3 Asümmeetria ja GARCHi täiendused.....	17
2 PÕHJAMAADE AKTSIATURUD.....	19
2.1 Kopenhaageni börs	20
2.2 Stockholmi börs.....	20
2.3 Helsingi börs.....	20
2.4 Oslo börs.....	21
3 ANDMESTIK JA UURIMUSE ETAPID.....	22
3.1 Valim ja kirjeldav statistika.....	22
3.2 Mudeli ülesehitamise etapid	26
4 MODELLEERIMINE JA ANALÜÜS.....	28
4.1 Andmete sobivuse testimine.....	28
4.2 Mudelite identifitseerimine ja parameetrite hindamine.....	29
4.2.1 Keskväärtuse võrrand	29
4.2.2 Volatiilsuse võrrand.....	30
4.3 Mudelite diagnostika	30
4.3.1 OMXS30 mudelid.....	30
4.3.2 OMXC20 mudelid	32

4.3.3	OMXH25 mudelid.....	33
4.3.4	OBX mudelid.....	35
4.4	Analüüs ja järeldused.....	36
4.4.1	Prognoosimine.....	39
KOKKUVÕTE		43
SUMMARY.....		45
KASUTATUD ALLIKAD		47
LISAD		50
Lisa 1.	OMXS30 ja OMXC20 tulumäärade ruutude Box-Ljung'i testide tulemused perioodide lõikes.....	50
Lisa 2.	OMXH25 ja OBX tulumäärade ruutude Box-Ljung'i testide tulemused perioodide lõikes.....	52
Lisa 3.	ARMA mudelite võrdlemine perioodide lõikes	54
Lisa 4.	ARMA mudelite jääkliikmete Box-Ljung'i testide tulemused enne COVIDi perioodil	55
Lisa 5.	ARMA mudelite jääkliikmete Box-Ljung'i testide tulemused COVIDi perioodil.....	57
Lisa 6.	ARMA mudelite jääkliikmete ARCH LM test.....	58
Lisa 7.	GARCH, EGARCH ja GJR-GARCH mudelite võrdlus kahel perioodil	59
Lisa 8.	OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi periood)	60
Lisa 9.	OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi periood).....	62
Lisa 10.	OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi periood).....	65
Lisa 11.	OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi periood)	67
Lisa 12.	OMXH25 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi periood).....	68
Lisa 13.	OMXH25 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi periood).....	69
Lisa 14.	OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi periood).....	71
Lisa 15.	OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi periood).....	72
Lisa 16.	OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete Q-statistik.....	74
Lisa 17.	OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete ruutude Q-statistik	75

Lisa 18. OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete Q-statistik	76
Lisa 19. OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete ruutude Q-statistik	77
Lisa 20. OMXP25 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete Q-statistik.....	78
Lisa 21. OMXP25 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete ruutude Q-statistik	79
Lisa 22. OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete Q-statistik.....	80
Lisa 23. OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete ruutude Q-statistik	81
Lisa 24. Lihtlitsens	82

LÜHIKOKKUVÕTE

COVID-19 pandeemia on unikaalne olukord, mis mõjutas kõiki tegevusvaldkondi ja eluaspekte, sealhulgas ka finantsturgusid. Pandeemia ulatuse ja suure teadmatusse tõttu tekkis ebaselgus, kuidas finantsturud pandeemia ajal käituvad ja kuidas COVID-19 mõjutab finantsturgude volatiilsust. Selle bakalaureusetöö peamiseks eesmärgiks oli modelleerida Põhjamaade aktsiaturu indekse volatiilsust COVID-19 ajal ja analüüsida pandeemia mõjud finantsturgude käitumisele. Töö eesmärgi saavutamiseks kasutas autor klassikalise lähenemise volatiilsuse modelleerimisel, nimelt GARCH tüüpi mudeleid. Peamine fookus oli tavalise GARCH ja asümmeetriliste EGARCH ja GJR-GARCH mudelite võrdlemine.

Analüüsi aluseks olid võetud nelja börsiindekse sulgemishinnad: Stockholmi börsi indeks OMXS30, Kopenhaageni börsi indeks OMXC20, Helsingi indeks OMXH25 ja Oslo indeks OBX. Analüüsitav valim oli jaotatud kaheks võrdlusperioodiks: enne COVIDi periood ehk 01.01.2017 – 31.12.2019 ja COVIDi periood ehk 01.01.2020 – 19.04.2021.

Modelleerimise protsess ja mudelite diagnostika näitasid, et enne kriisi perioodi sobivad modelleerimiseks kõik GARCH tüüpi mudelid. Pandeemia perioodi analüüsimiseks sobivad kõige rohkem EGARCH ja GJR-GARCH mudelid ehk mudelid asümmeetria tunnusega. Lisaks sellele, COVIDi eelne ja COVIDi perioodide mudelite võrdlus näitas, et iga mudeli asümmeetrilised kordajad on pandeemia perioodil oluliselt suuremad. Sellest tulenevalt on fakt, et negatiivsed šokid ja pahad uudised toovad kaasa suurema volatiilsust võrreldes tavalise perioodiga. Vaatamata sellele, et maailmas senimaani eksisteerib suur teadmatus ja teatud hirm, volatiilsuse analüüs andis selgelt teada, et volatiilsus teise laine ajal on palju väiksem kui volatiilsus pandeemia alguse ajal. Volatiilsuse langustrend viitab sellele, et finantsturud suutsid COVIDi tingimustele adapteeruda.

Võtmesõnad: Põhjamaade aktsiaturud, COVID-19, volatiilsuse modelleerimine, GARCH.

SISSEJUHATUS

Aktiabörsid on turumajanduse oluline osa. Need institutsioonid mõjutavad otseselt ettevõtete, investorite ja kogu majanduse arengut pakkudes kapitali kaasamise võimalusi ettevõtetele ja investeeritud kapitali kasvatamise ning kasumi teenimise võimalusi investoritele. Pidevad hinnamuutused finantsturgudel mõjutavad otseselt kulutamist ja investorite enesekindlust, mis omakorda mõjutab majanduse arengut ning järelkult ka riigi finants- ja majandusseisundit.

Aktsiate hinnad börsidel on alati muutlikud ja reageerivad paljudele majanduslikele ja sotsiaalsetele teguritele. Volatiilsus on seega alati aktuaalne ja oluline näitaja iga investori jaoks. 2020. aasta COVID-19 pandeemia oli uus ja unikaalne olukord, mis mõjutas kõiki tegevusvaldkondi ja eluaspekte, seahulgas ka finantsturgusid. Uus olukord maailmas tekitas uusi aktsiaturu käitumismustreid, mis põhjustasid paanikat, hirmu ja terve hulga väärkäitumisi investorite, ettevõtete ja valitsuse poolt. Kiire kriisist väljumise jaoks on ülioluline tõhus lähenemine tekkinud olukorrale. Õige strateegia arusaamiseks on vaja asjakohast teaduslikku tausta.

Unikaalne situatsioon tähendab ka väheseid uuringuid antud valdkonnas. Seetõttu tekib ebaselgus, kuidas konkreetselt käituvad finantsturud pandeemia ajal ja kuidas COVID-19 mõjutab finantsturgude volatiilsust. Olemasolevad uuringud ja teaduslikud tööd keskenduvad peamiselt suurematele ja ülemaailmselt populaarsetele turgudele, mis avaldavad maailmamajandusele teatava mõju. Vaatamata sellele on Eesti kontekstis oluline analüüsida situatsiooni kitsama nurga alt ehk vaadelda situatsioone riikides, mis tugevalt mõjutasid Eesti kultuurilist ja majanduslikku arengut. Norra, Taani, Rootsi ja Soome omavad sarnaseid kultuurilisi ja sotsiaalseid väärtuseid. Eesti ja ülaltoodud Skandinaavia riikide kaubandus- ja majandussidemed mõjutavad otseselt Eesti ja põhjamaade arengut. Käesoleva bakalaureusetöö autor soovib täiendada olemasolevad teemakohaseid uuringud, vaadeldes globaalse pandeemia mõju kitsama nurga alt ja uurides, kuidas COVID-19 on mõjutanud Põhjamaade finantsturgude volatiilsust. Töö peamine eesmärk on modelleerida Põhjamaade aktsiaturu indekse volatiilsust Covid-19 ajal ja analüüsida pandeemia mõju finantsturgude käitumisele.

Töö raames analüüsitakse nelja börsiindeksi sulgemishindu: Stockholmi börsi indeks OMXS30, Kopenhaageni börsi indeks OMXC20, Helsingi indeks OMXH25 ja Oslo indeks OBX. Modelleerimiseks kasutatakse klassikalist lähenemist volatiilsuse modelleerimiseks, nimelt GARCH tüüpi mudelit.

Bakalaureuse töö eesmärgi saavutamiseks püütakse leida vastused järgmistele uurimisküsimustele:

- Millised GARCH tüüpi mudelid sobivad Põhjamaade aktsiaturgude volatiilsuse modelleerimiseks?
- Kas GARCH tüüpi mudelite tulemus on usaldusväärne?
- Kuidas mõjutas 2020. aasta COVID-19 pandeemia Põhjamaade aktsiaturgusid?
- Mida tähendab volatiilsus pandeemia ajal investori jaoks?

Uurimisküsimustele vastamiseks kasutatakse kvalitatiivset uurimismeetodit, ehk teemakohase kirjanduse analüüsi ja kvantitatiivset uurimismeetodit ehk andmete töötlemist ja analüüsi, kasutades statistikatarkvarasid Gretl ja Eviews. Modelleerimiseks ja edasiseks võrdluseks kasutatakse kahte erinevat perioodi: pandeemia eelset ja pandeemia järgset.

Käesolev bakalaureusetöö koosneb neljast peamisest osast. Esimeses osas selgitab autor volatiilsuse tähtsust ja modelleerimise viise. Teises osas antakse ülevaade põhjamaade aktsiaturgudest. Kolmandas osas analüüsib ja koostab autor valimi ning võtab kokku peamise uurimismetoodika. Viimasena on esitatud modelleerimiseprotsess ja järeldused.

1 VOLATIILSUS FINANTSÖKONOOMIKAS

1.1 Finantsturgude volatiilsus

Finantsinstrumentide tootluse varieeruvus ja jaotusomadused omavad kesksel tähtsust paljude finantsökonomika küsimuste lahendamiseks ja otsuste langetamiseks. Need faktorid avaldavad olulist mõju finantsinstrumentide hinnakujundusele ja võimaldavad hinnata riskitaset ning järelikult teha kompromisse riski ja tulu vahel. (Torben, Andersen, Bollerslev, Francis, Diebold, Labys 2003) Volatiilsus on seega rahanduse üks keskseid mõisteid.

Täpsed mõõdud, head volatiilsuse prognoosid ja tulemuste õige interpreteerimine on kasulikud paljudele osapooltele nagu näiteks fondijuhtidele, erinevatele riigiasutustele, ettevõtete juhtidele ja eriti investoritele, kuna volatiilsuse mõistmine annab lisavõimalusi turgudest arusaamiseks ja portfelli tõhusamaks haldamiseks.

Rahanduse kontekstis on volatiilsus teatud väärtpaberi, indeksi või muu finantsinstrumendi hinnakõikumine konkreetse ajaperioodi jooksul. Aktsiaturgude volatiilsus seostub tihti suurte hinnakõikumistega kas positiivses või negatiivses suunas. (Kuepper 2021) Suured hinnakõikumised on omakorda seoses ebakindluse ja riskiga. Volatiilsuse mõistet kasutatakse seega sageli riski sünonüümina. (Daly 2008) Oluline on aru saada, et kuigi volatiilsus on tihedalt seotud riskiga, ei saa nende mõistete vahele panna võrdusmärki. Risk on seotud ebasoovitavate tulemustega, samas kui volatiilsus on pigem ebakindluse näitaja ja, nagu eelpool mainitud, võib olla tingitud ka positiivsest tulemusest. (Poon 2005)

Ökonomeetria kontekstis on volatiilsus tihti standardhälbe sünonüüm, kuna standardhälve on aktsiate tootluse volatiilsuse kõige sagedamini kasutatav mõõt. Standardhälvet peetakse kasulikuks, kuna see võtab kokku tootluse äärmuslike väärtuste nägemise tõenäosuse. Teiste sõnadega, kui standardhälve on suur, on suur ka äärmusliku positiivse või negatiivse tootluse tõenäosus (Schwert 2011).

Standardhälvet arvutatakse järgneva valemiga (1) (Daly 2008):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (R_t - \bar{R})^2}{T - 1}} \quad (1)$$

Kus:

σ – standardhälve,

R_t – tootlus päeval t ,

T – vaadeldav periood (päevades),

\bar{R} – perioodi keskmine tootlus.

1.1.1 Volatiilsust mõjutavad tegurid

Volatiilsust mõjutavad paljud erinevad tegurid alates majanduslikest kuni psühholoogilisteni. Majandustegurite hulgas on asjakohased sellised meetmed nagu fiskaal- ja monetaarpoliitika. Need faktorid võivad oluliselt panustada finantsturu suuna muutumisele ja seega suuresti mõjutada volatiilsust. Tuleb arvestada ka inflatsiooni, konkreetset majandusharu ja sektori trende. (Wagner 2020)

Volatiilsust mõjutab lisaks selline ootamatu faktor nagu kauplemistegevus. See tähendab, et näiteks kuu kauplemispäevade arv on positiivselt seotud aktsiate volatiilsusega või fakti, et esmaspäeviti on volatiilsus palju kõrgem kui teistel päevadel. (Schwert 1989)

Lisaks ülaltoodud teguritele on oluline arvestada, et inimkäitumine on samuti vastutav spekulatiivsete hindade liikumise eest. Psühholoogilisi ja sotsioloogilisi faktoreid on vaja arvestada ülaltoodud teguritega võrdselt, kuna investorite käitumismustrid reageerivad momentaalselt aktsiaturgudel liikuvale informatsioonile. Vale informatsioon, informatsiooni vale arusaamine ja interpreteerimine, väike riski tolerantsus, teadmatus ja pädevuse puudumine ning muud asjaolud provotseerivad „karjakäitumist“ („herding“ *behaviour*), mille tõttu suureneb finantsturgude volatiilsus. (Shiller 1989, Cont, Bouchaud 2000)

Kõik ülaltoodud faktorid, nii majanduslikud kui ka psühholoogilised, mõjutavad üldist makromajanduslikku käitumist. Lisaks sellele on oluline teadvustada tõsiasja, et majanduslike kõikumiste amplituud suureneb oluliselt finantskriiside ja majanduslanguste ajal. Schwert tõestas, et aktsiaturgude volatiilsus finantskriiside ajal on võrreldes kasvu- ja taastumisperioodidega keskmiselt suurem ning jõudis järelduseni, et volatiilsus on oluline äritsükli indikaator, mida saab kasutada täiendava tegurina majanduse olukorra hindamisel. (Schwert 1989)

1.2 Volatiilsus kriiside ajal

Paari viimase sajandi jooksul on olnud palju erinevaid majandussündmusi, mis mõjutasid ajaloo kulgu ja panustasid oluliselt maailmamajanduse arengusse. Mõned tuntumad kriisid on näiteks suur depressioon (*Great Depression*) ja 2007 - 2008. aasta finantskriis.

Suur depressioon oli 20. ja 21. sajandi suurim majanduslangus, mis algas 1929 aastal ja kestis teise maailmasõja lõpuni. Aastal 1929 langes New Yorgi börs kukkus oma tipust peaaegu 90%. Aktsiaturu krahhi provotseeris nii ettevõtete kui ka eraisikute nominaalse rikkuse languse. Krahhi tulemusena jõudis töötusemäär peaaegu 25%-ni ja edasi jäi 19% tasemele. (Segal 2020)

Aktsiate tootluse volatiilsus tõusis 60 %-ni ja oli peaaegu kolm korda suurem kui ükskõik milline muu periood Ameerika finantsajaloos. (Cortes, Weidenmier 2019)

Schwert konstateeris, et aastaid ei suutnud majandusteadlased suure depressiooni andmeid selgitada, nimetades seda volatiilsuse mõistatuseks (*the volatility puzzle*). (Schwert 1989)

Teine tuntud ülemaailmne majanduskriis oli 2007. – 2008. aasta. finantskriis ehk suur majandussurutis. Kriisi peamisteks põhjusteks olid odavad laenud ja nõrgad ning ebakindlad laenustandardid, mis täitsid finantsmulli eluaseme sfääris. (Singh 2021)

2008. aastal, ajavahemikus 8. september kuni 8. oktoober suurenes aktsiaturgude volatiilsus rohkem kui 40 protsendipunkti võrra ja oli 68%. Selline suur volatiilsus oli kriisi üks peamisi indikaatoreid. Investorite ebakindlus põhjustas palju spekulatsioone ja arutelusid eluaseme- ja laenukriisi tõenäoliste majanduslike tagajärgede üle. (Schwert 2011)

Iga mastaapne sündmus ülemaailmses majanduses on oma olemuselt unikaalne. Ülaltoodud kriisid toimusid erinevatel aegadel ja erinevatel põhjustel. Nad mõjutasid mitmeid sektoreid erineva tugevusega, kuid üks indikaator, mis on omane nii suurele depressioonile kui ka suurele majandussurutisele on aktsiaturgude suurenenud volatiilsus. See kinnitab fakti, et volatiilsuse analüüs on majandusliku seisundi hindamisel ja otsuste langetamisel kriitilise tähtsusega.

2020. aastal algas veel üks unikaalne kriis, mis mõjutas kõiki tegevusvaldkondi alates haridusest kuni majanduseni. COVID-19 pandeemia on uus ja ainulaadne kriis, mille tagajärgi on raske ennustada.

1.3 COVID-19 pandeemia

COVID-19 nakkushaigus sai alguse Hiinas, Wuhani linnas 2019. aasta sügise teisel poolel, levides 2020. aasta jooksul kõikidele mandritele mõjutades peaaegu kõiki riike. Haigus, selle leviku tempo ja viisid on unikaalsed, pannes valitusi tegutsema radikaalse ebakindluse tingimustes. See mõjutas omakorda tervise-, majandus- ja sotsiaalvaldkonda. 2020. aasta sügiseks oli enam kui pool maailma elanikkonnast kogenud lockdowni sellega kaasnevate tugevate ohutusmeetmetega. Viirus, suur ebakindlus, lockdown ja sellega kaasnevad piirangud kutsusid esile tõsiseima majanduskriisi pärast II maailmasõda. Vaatamata sellele, et ülemaailmne pandeemia tekitas lühiajalisi korduvaid tervise- ja majandusšokke, võib mõju inimressursile, käitumisele ja tootlikkusele olla pikaajaline. Suurem osa riikidest ei suuda taastada oma majandust 2019. aasta tasemele vähemalt 2022. aastani. (OECD 2020)

Ärikrahhid ja pankrotistumised ning suur ebakindlus ja hirm kutsusid esile suurima aktsiaturgude languse. See mõjutas ettevõtete ja investorite kapitali, riiklike pensionisüsteeme ja iga riigi majandust tervikuna. (*Ibid.*)

Paanika aktsiaturgudel tähendab suurenenud volatiilsust. Majandusolukorra ainulaadsus tekitas aktsiahindade kõikumiste uusi mustreid ning kindla teadustausta puudumine tekitab veel suurema ebakindluse.

Volatiilsuse uurimine on oluline, kuna volatiilsuse märkimisväärne suurenemine ja finantsturgude ebataoline tase suurendab järgneva finantskriisi tõenäosust. (Uddin, Chowdhury, Anderson, Chaudhuri 2021) Koroonaviiruse teine laine, uued piirangud, suurenenud ebakindlus seoses vaktsiinidega õpetasid, et pandeemia pole veel lõppenud ning tagajärgede ulatus on ebaselge. Sellest järeldub, et volatiilsuse analüüs ja hindamine on oluline täiendava finantskriisi ära hoidmiseks.

Volatiilsuse modelleerimine aitab analüüsida tulemusi, teha prognoose ja aru saada, kuidas muutub situatsioon finantsturgudel. Vaatamata sellele, et COVID-19 on uus nähtus ja aktsiaturu volatiilsust pandeemia perioodil ei ole veel põhjalikult uuritud, on osad teadlased juba pakkunud oma uuringuid panustamaks probleemide lahendamisse. Suurem osa esitatud töödest keskenduvad suurematele ja populaarsematele finantsturgudele nagu Ameerika või Hiina aktsiaturud. Need finantsturud mõjutavad kindlasti nii riigi majandust kui ka olukorda maailmas. Paljud investorid on näiteks seotud Ameerika aktsiaturgudega ning nende turgude volatiilsuse modelleerimine ja

prognoosimine on seetõttu väga oluline. Käesoleva töö autor uurib situatsiooni kitsama vaatenurga alt ja täiendab olemasolevaid uuringuid modelleerides nelja Skandinaaviariigi volatiilsust.

1.4 Volatiilsuse modelleerimine

Ülalpool mainitud faktid tõestavad seda, et aktsiaturgude volatiilsuse modelleerimine on kasulik paljudele osapooltele. Volatiilsus ja selle modelleerimine on seega väga populaarne uurimisvaldkond. Kuna volatiilsus on olnud ulatusliku empiirilise ja teoreetilise uurimise objektiks, eksisteerib palju erinevaid volatiilsuse mudeleid.

Volatiilsust on võimalik jagada kahte tüüpi: ajalooline (*historical volatility*) ja kaudne volatiilsus (*implied volatility*). Ajalooline volatiilsus on kõige lihtsam ja populaarsem, mille põhimõtte seisneb hinnamuutuste mõõtmises kindlate ajavahemike jooksul ning selle põhjal tulevaste perioodide prognooside tegemises. Kaudne volatiilsus on sellest erinev ja on algusest peale tulevikku vaatav. Kaudse volatiilsuse arvutamisel kasutatakse optioonide hindasid ning tulemuseks on nende võimalik volatiilsus tulevikus. (Chen 2020) Sellest järeldub, et erinevus seisneb tegeliku ja eeldatava tootluse analüüsis.

Nagu juba käsitletud, on volatiilsus väga aktuaalne uurimisvaldkond ja teemakohane kirjandus pakub palju erinevaid mudeleid ning nende mudelite edasiarendusi. Üldisemalt ja laialdasemas kasutamises on kaks üldist volatiilsuse mudeli klassi. Esimese klassi peamine omadus seisneb selles, et tinglik dispersioon formuleeritakse otse vaadeldavate tootluste funktsioonina. Teise klassi kuuluvad stohhastilised mudelid. Sellised mudelid on üles ehitatud latentsete muutujate abil ja need mudelid võtavad arvesse mitmeid faktoreid, šokke, struktuurseid muutusi juhuslikel aegadel ja juhusliku amplituudiga jne. Selliseid mudeleid saab tavaliselt simuleerida, kuid neid on raske hinnata ja prognoosida. (Engle, Patton 2000) See on põhjuseks, miks selle töö raames rakendatakse peamiselt esimese klassi mudelit.

Enne konkreetsete volatiilsuse mudelite käsitlemist on vaja teha kindlaks mis on hea volatiilsuse mudel, milliste parameetritega ja faktoritega see peab arvestama. Iga volatiilsuse mudel peab suutma volatiilsust prognoosida. Järelikult peaksid need peegeldama ka volatiilsuse stiliseeritud faktoreid. Stiliseeritud faktorid on aktsiahindade volatiilsuse kindlad faktid ja statistilised omadused, mis on tõestatud empiiriliste uuringutega. (*Ibid.*)

Üks esimesi selliseid omadusi on näiteks volatiilsuse püsivus. See tähendab, et suurtele aktsiahindade muutustele järgnevad sageli teised suured muutused ja vastupidi, väikestele muutustele järgnevad väikesed muutused. Selle omaduse peamine järeldus on, et tänased volatiilsuse šokid mõjutavad ootuseid tuleviku volatiilsusest. Veel üks volatiilsuse statistiline omadus on see, et on normaalne volatiilsuse tase, millele volatiilsus lõpuks tagasi tuleb. Lisaks on oluline meeles pidada, et positiivsete ja negatiivsete šokkide mõju ei ole sümmeetriline. Seda nähtus nimetatakse volatiilsuse asümmeetriaks. Lisaks sellele on üsna ilmne kuid oluline fakt, et volatiilsust mõjutavad erinevad eksogeensed ehk välised muutujad, nagu näiteks makroökonomilised faktorid, ettevõtete teadaanded ja kõik muu informatsioon, mis võib olla oluline investorite jaoks. Tähtis on ka see, et finantsaegread või, selle töö kontekstis aktsiate tootlused, ei allu normaaljaotusele (Engle, Patton 2000). Ülaltoodud omadused on volatiilsuse peamised ja tähtsaimad stiliseeritud faktid, mis oluliselt mõjutavad volatiilsuse ja selle prognoosi täpsust, seega on nad modelleerimisel olulised.

Kõige populaarsemad ja laialt kasutatavad finantsaegridade volatiilsuse mudelid on autoregressiivse tingliku heteroskedastilisuse klassi mudelid pakutud välja Englina (Engle 1982) ja täiendatud Bollersleviga (Bollerslev 1986) ARCH ja GARCH tüüpi mudelid on saanud volatiilsuse modelleerimise standardvahenditeks. (Engle 2001)

1.4.1 ARCH mudel

Finantsaegridade volatiilsuse modelleerimise populaarsus algas peale seda, kui Engle töötas välja oma ARCH mudeli. ARCH ehk *autoregressive conditional heteroskedasticity* oli algselt loodud inflatsiooni volatiilsuse püsivuse fikseerimiseks. (Poon 2005)

Kõigepealt on vaja märkida, et finantsaegridade modelleerimiseks kasutatakse tavaliselt ARMA mudelit. ARMA mudel on vaatluste ja standardvigade funktsioon ja selle mudeli peamine idee seisneb selles, et praegune tootlus sõltub lineaarselt eelmisest tootlusest pluss „valge“ müra. Selle mudeli peamine puuduseks on selle dispersiooni konstantsus, mistõttu see ei võta arvesse ja ei suuda seletada paljusid finantsandmete ühiseid olulisi tunnuseid. Üheks selliseks oluliseks tunnuseks on volatiilsus. (Box, Jenkins, Reinsel, Ljung 2015)

ARMA mudeli konstantne dispersioon on ARCH mudeli peamine fookus (Engle 2001). Mõnel juhul ei ole jääkide dispersioon konstantne ja varieerub ajaliselt ning sõltub eelmiste perioodide jääkide dispersioonist. See on eriti oluline aktsiahindade puhul. Engli ARCH mudel koosneb kahest võrrandist. Esimene on keskväärtuse võrrand ehk tavaline ARMA mudel ja teine võrrand

on volatiilsuse võrrand ehk ARCH komponent, mis tegeleb dispersiooni muutuste hindamisega. Selle mudeli kõige lihtsam esitusviis on ARCH(1).

$$y_t = c + \varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + u_t + \theta_1 u_{t-1} + \dots + \theta_q u_{t-q} \quad u_t \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 \quad (3)$$

Esimene võrrand on keskväärtuse mudel kus:

y_t - sõltuv tunnus (nt tootlus)

c – konstant

y_{t-p} – sõltuv tunnus eelmisel perioodil ehk p järku AR komponent

u_t – jääkliige

u_{t-q} – q järku MA komponent

φ_p, θ_q – parameetrite hinnangud

Teine võrrand on volatiilsuse mudel kus:

σ_t^2 – tinglik volatiilsus,

α_0 – konstant,

u_{t-1}^2 – jääkliikme ruut,

α – parameetri hinnang

ARCH mudeli üheks tingimuseks on positiivne tinglik dispersioon ning selleks, et dispersioon oleks positiivne peab konstant alati olema positiivne ehk $\alpha_0 > 0$ ja parameetrite hinnangud peavad olema mitte-negatiivsed ehk $\alpha \geq 0$. (Poon 2005)

1.4.2 GARCH mudel

Nagu nähtub nimest, on GARCH mudel ülalpool mainitud ARCH mudeli üldistus ja hea täiendus. Üldistatud autoregressiivse tingliku heteroskedastilisus (*generalized autoregressive conditional heteroskedasticity*) oli esimest korda välja pakutud Bollerslevi poolt (Bollerslev 1986) ja tänapäeval on see kõige populaarsem mudel.

Väga tihti sõltub parameetri u_t dispersioon eelmiste perioodide volatiilsusest, ulatudes tagasi paljude perioodidesse. Näiteks kui analüüsida kuu või nädala andmeis siis seisneb ARCH mudeli

peamine puudus selles, et tekib palju parameetreid, mida on vaja käsitsi arvutada. GARCH mudeli peamine idee seisneb selles, et mudelil on kahanevad vaatluste osakaalud, mis ei lähe kunagi täielikult nullini. Järelikult on ajas muutuva dispersiooni omaduse arvutamiseks vaja väiksemat järkude arvu. Selleks, et prognoosida tuleviku volatiilsuse GARCH mudelis kasutatakse pikaajalise keskmise dispersiooni kaalutud keskmist, analüüsitava perioodi prognoositud dispersiooni ja kõige hilisema perioodi jääkliikmete ruutu. (Engle 2001)

Kõige lihtsam ja enim kasutatud GARCH mudel on GARCH (1,1), mida on võimalik esitada järgmise valemiga (Pindyck, Rubinfeld 1998):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (4)$$

kus:

σ_t^2 – tinglik volatiilsus,

u_{t-1}^2 – jääkliikme ruut eelmisel perioodil,

σ_{t-1}^2 – volatiilsus eelmisel perioodil,

α, β – parameetrite hinnangud,

$\alpha_1 u_{t-1}^2$ – eelmise perioodi volatiilsus ehk ARCH argument,

$\beta_1 \sigma_{t-1}^2$ - eelmise perioodi dispersioon ehk GARCH argument.

Mudelist selgub, et tänane dispersioon sõltub kõigist varasematest volatiilsustest, kuid geomeetriliselt kahanevate kaaludega (Pindyck, Rubinfeld 1998).

Üldiselt võib mudelis olla suvaline arv ARCH või GARCH argumente ja sellel juhul saab mudelit esitada järgmiselt (*Ibid.*):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p u_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_p \sigma_{t-p}^2 \quad (5)$$

kus:

σ_t^2 – tinglik volatiilsus,

u_{t-1}^2 – jääkliikme ruut eelmisel perioodil,

σ_{t-1}^2 – volatiilsus eelmisel perioodil,

α, β – parameetrite hinnangud.

1.4.3 Asümmeetria ja GARCHi täiendused

ARCH ja GARCH mudelite üks oluline puudus seisneb selles, et need mudelid ignoreerivad informatsiooni tootluste suuna kohta ehk ei arvesta volatiilsuse asümmeetriat. Tänapäeval eksisteerib tohutult palju edasiarendusi, mis arvestavad selle tähtsa stiliseeritud faktiga. Tavaliselt tõstetakse esile kolme peamist mudelit: EGARCH, TARARCH ja GJR-GARCH. (Engle 2001)

Esimene mudel on eksponentsiaalne GARCH ehk EGARCH mudel, mille töötas välja Nelson (Nelson 1991). Mudeli peamine erinevus seisneb selles, et tinglik dispersioon määratletakse logaritmi vormis. Selline lähenemine lubab arvestada faktiga, et negatiivne šokk põhjustab järgneval perioodil suurema tingliku dispersiooni kui positiivne šokk. (Poon 2005) Mudeli saab esitada järgmiselt (Brooks 2008):

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) + \gamma \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \alpha_1 \left[\frac{|u_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right] \quad (6)$$

Kus:

$\ln(\sigma_t^2)$ – logaritmitud dispersioon,

α_0 – konstant,

α, β – parameetrite hinnangud,

γ – asümmeetria tunnus,

u – jääkliikmed.

Kaks teist mudelit on suhteliselt sarnased. TARARCH (*Threshold* GARCH) mudelit tutvustasid Rabemananjara ja Zakoian (Rabemananjara, Zakoian 1993) ja GJR-GARCH mudelit tutvustasid Glosten, Jagannathan ja Runkle (Glosten, Jagannathan, Runkle 1993). Nende mudelite põhimõte ja ülesehitus on sarnased. Ainus erinevus seisneb selles, et esimeses mudelis on dispersiooni asemel standardhälve, järelikult mudelite eraldi käsitlemine ei ole vajalik. GJR-MUDEL on tavalise GARCH mudeli edasiarendus, millele oli lisatud lisatunnus. Fiktiivse tunnuse lisamine võimaldab arvestada volatiilsuse asümmeetriaga. Mudel esitatakse tavaliselt järgmisel kujul (Brooks 2008):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \gamma u_{t-1}^2 I_{t-1} \quad (7)$$

Kus:

$$I_{t-1} = \begin{cases} 1 & \text{if } u_{t-1} < 0 \\ 0 & \text{if } u_{t-1} \geq 0 \end{cases}$$

α, β – parameetrite hinnangud,

γ – asümmeetria tunnus,

I_{t-1} – fiktiivne tunnus,

α_0 – konstant,

σ_t^2 – tinglik dispersioon,

u – jääkliikmed.

Kuna COVID-19 on uus ja ainulaadne olukord ja pandeemia mõju aktsiaturu volatiilsusele ei ole veel lõpuni uuritud, on käesoleva töö analüüsi jaoks loogiline kasutada kolme mudelit: GARCH, EGARCH ja GJR-GARCH. Selline lähenemine lubab mudelite tulemusi võrrelda ja õigemini interpreteerida. Lisaks võimaldab selline lähenemine mõista, milline mudel sobib paremini volatiilsuse modelleerimiseks pandeemia või kriiside ajal.

2 PÕHJAMAADE AKTSIATURUD

Skandinaavia riigid või põhjamaad on tuntud oma kõrge elatustaseme, individuaalse kultuuri ja mentaliteedi poolest. Sellest tulenevad teistsugused lähenemisviisid riigi ja majanduse arengule, ärile ja muidugi majanduskriiside lahendamisele. Investorite, ettevõtete juhtide ja valitsuse erilised harjumused ja käitumismustrid tekitavad huvi aktsiaturgude uuringute vastu. Üks esimesi COVID-19 pandeemia levikuga seotud näiteid on Rootsi strateegia esimese koronaviiruse laine ajal. Ajal, mil enamik maailma riike langes lockdowni, otsustas Rootsi valitsus järgida loomuliku immuniseerimise strateegiat ja ei pannud riiki lukku. (Claeson, Hanson 2020) Selline otsus mõjutas erinevaid tegevusvaldkondi erineval määral, ning vastused sellele, kuidas konkreetselt käitusid aktsiaturud selliste raskete otsuste ajal, tuleb käesoleva töö raames välja uurida.

Töö autor keskendub neljale Skandinaavia riigile – Taanile, Soomele, Norrale ja Rootsile. Need riigid äratavad huvi korraka mitmel põhjusel. Esiteks nende kõrge elatustase. Veebilehe “WorldPopulationReview.com“ andmete kohaselt on Taani elatustaseme poolest esimesel kohal. Soome asub vastavalt kolmandal, Norra üheteistkümnendal ja Rootsi kolmeteistkümnendal kohal. Vaadates lisaks SKP-d ühe elaniku kohta selgub, et Norra asub seitsmendal (SKP elaniku kohta = 69 170 USD), Taani kaheteistkümnendal (SKP elaniku kohta = 61 480 USD), Rootsi üheksateistkümnendal (SKP elaniku kohta = 55 570 USD) ja Soome kahekümne teisel kohal (SKP elaniku kohta = 51 870USD). (International Monetary Fund 2021)

Kõrge elutaseme ja madala sissetulekute erinevuse kombinatsioonist on saanud eeskuju ja teatud standard paljude riikide jaoks. Põhjamaade fenomeni, nimelt tõhusa turukapitalismi ja sotsiaaltoetuste süsteemi ühildamist, nimetatakse põhjamaade heaolumudeliks („*Nordic model*“). (Mcwhinney 2020) Selline mudel on põhjuseks, miks teised riigid on huvitatud koostööst, tavalised inimesed haridusest, tööst ja elamisest nendes riikides ning miks ettevõtted ja investorid on potentsiaalselt huvitatud kapitali investeerimise võimalustest.

Igas analüüsitavas riigis on olemas oma börs, mille kaudu toimub aktsiate kauplemine. Taanis on selleks Kopenhaageni börs, mille börsiindeksi nimetuseks on OMXC20, Soomes on Helsingi börs, mille börsiindeks on OMXH25, Norras - Oslo börs, mille indeks on OBX ja Rootsis on Stockholmi börs, mille börsiindeks on OMXS30. Kopenhaageni, Helsingi ja Stockholmi börsid on NASDAQ OMX gruppi liikmed. (NasdaqOmxNordic 2021)

2.1 Kopenhaageni börs

Kopenhaageni börs on Taani esimene ja ametlik väärtpaberiturg, milles on noteeritud fikseeritud tulumääraga instrumendid, tuletisinstrumendid ja aktsiad. Kopenhaageni börsi esimene kauplemispäev toimus 1808. aastal, kuid aktsiaseltsina on see asutatud 1996 aastast. Tänapäeval on Kopenhaageni börs tuntud nagu Nasdaq Copenhagen. Taani börs haldab OMXC20 indeksit, mis sisaldab *blue chip* ettevõtet. (Chen 2019) Nimekirjas on selliseid ettevõtteid nagu Carlsberg B, Pandora, Danske Bank ja teised tuntud firmad. Sellel börsil noteeritud ettevõtetest on enamik ettevõtted, kellel on kindel maine, stabiilsed mitmeaastased dividendimaksud ja võimalik potentsiaal.

2.2 Stockholmi börs

Stockholmi börs asutati 1863. aastal ja sellel ajal tegutses see Stockholmi väärtpaberibörsi nime all. Aastal 1990 võttis börs kasutusele automatiseeritud kauplemise ja kolm aastat hiljem sai sellest aktsiaselts. 1994. aastal oli Stockholmi börs esimene Euroopa börs, mis võttis kasutusele kaugliikmete kauplemise. (Banton 2020)

Nagu juba mainitud, kuulub Rootsi börs NASDAQ OMX gruppile ja tänapäeval on see tuntud Nasdaq Stockholmina. Rootsi börsi peamine võrdlusindeks on OMXS30, mis koosneb 30 enimkaubeldud Rootsi ettevõttest. Võrreldes OMXC20 indeksiga on Rootsi indeksis rohkem investorite jaoks atraktiivseid ettevõtteid. Nende 30 ettevõtte seas on börsil noteeritud näiteks Swedbank, SEB, Volvo, ABB, AstraZeneca ja teised kuulsad ning autoriteetsed ettevõtted. (NasdaqOmxNordic 2021) Paljudel ettevõtetel on olemas tuntud nimi ärimaailmas, hea dividendide ajalugu ja arengupotentsiaal. Järelikult on analüüsitav indeks aktuaalne investorite jaoks.

2.3 Helsingi börs

Helsingi börsi esimene tehing toimus 1912. aastal, kuid paljude aastate jooksul toimus börs „vabas vormis“ finantsasutusena. Aastal 1984 muudeti Helsingi börs aktsiaseltsiks ja ta kuulus paljude pankade, kauplejate, ettevõtete ning ühenduste ühisomandisse. Börsi oluline ajalugu algas 2003. aastal, kui sellest sai osa OMX grupist (praegu NASDAQ OMX grupp), mis on tänapäeval tuntud

Nasdaq Helsingina. (Stockmarkets 2021) Helsingi börsi peamine börsiindeks on OMXH25, mis on 25 enimkaubeldud aktsiate turuväärtusega kaalutud indeks. Indeksi nimekirjas on näiteks Nokia, Neste, Elisa, Kone jt. (NasdaqOmxNordic 2021)

2.4 Oslo börs

Oslo börs on Norra ainus reguleeritud väärtpaperibörs. Börs asutati 1818. aastal kuid alles 1881. aastal sai see ametlikuks börsiks ning hakkas väärtpabereid noteerima ja nendega kaupleva. Alates 1999. aastast hakkas Oslo börs kasutama täielikult elektroonilist kauplemissüsteemi. (Downey 2020)

Erinevalt ülaltoodud börsidest ei kuulu Oslo börs NASDAQ OMX gruppi. Vaatamata sellele oli Norra börsi oluliseks eesmärgiks rahvusvaheliste investeeringute ligimeelitamine ja seetõttu liitus Oslo börs 2002. aastal NOREXi alliansiga. NOREXi peamine eesmärk on ühise kauplemisplatvormi ja ühtlustatud regulatsioonide pakkumine. NOREX hõlmab ka Stockholmi, Kopenhaageni ja Islandi börse, järelkult on need börsid omavahel tihedalt seotud. Oslo börsi peamine indeks on OBX indeks, mis koosneb 25 ettevõttest. Enamik ettevõtetest osaleb sellistes tööstusharudes nagu pangandus, nafta- ja gaasitööstus, biotehnoloogia ning meretööstus. (*Ibid.*)

3 ANDMESTIK JA UURIMUSE ETAPID

3.1 Valim ja kirjeldav statistika

Käesoleva bakalaureusetöö analüüsi jaoks kasutatakse indekse OMX Copenhagen 20 (OMXC20), OMX Stockholm 30 (OMXS30) OMX Helsinki 25 (OMXH25) ja Oslo börsi indeksi OBX päevaseid sulgemishindu. NASDAQ OMX grupi indekse andmed võetakse veebilehelt www.nasdaqomxnordic.com ja OBX indeksi andmed võetakse veebilehelt www.oslobors.no. Andmed hõlmavad ajavahemikku 01.01.2017 kuni 19.04.2021. Iga indeksi jaoks on valimis 1076 vaatlust, kokku on 4304 vaatlust.

Enne seda, kui analüüsitav ajavahemik jaotatakse kaheks võrdlusperioodiks on vaja analüüsida, kas terves ajavahemikus esineb murdepunkt (*structural break*), mis muudab oluliselt parameetrite väärtusi ja mis võimaldaks määratleda ajahetke millest alates terve periood peaks jaotuma kaheks alamvalimiks. Koroonaviiruse pandeemia on peamine faktor, olles selle töö oluliseks aluseks. Koroonaviiruse kiire levik algas 2020. aasta alguses, seega potentsiaalne periood, mil esineb murdepunkt on 01.01.2020. Antud juhul on potentsiaalne murdepunkt teada, järelkult on seda võimalik kontrollida Chow testiga. (Sauga 2020) Allolevas tabelis on esitatud analüüsivate aegridade Chow testi tulemused.

Tabel 1. Põhjamaade aktsiaturgude indekse Chow testi tulemused

Indeks	Chow testi tulemus
OMXS30	Chow test for structural break at observation 2020-01-02 $F(1, 1074) = 677.961$ with p-value 0.0000
OMXC20	Chow test for structural break at observation 2020-01-02 $F(1, 1074) = 3127.85$ with p-value 0.0000
OMXH25	Chow test for structural break at observation 2020-01-02 $F(1, 1074) = 183.791$ with p-value 0.0000
OBX	Chow test for structural break at observation 2020-01-02 $F(1, 1074) = 42.491$ with p-value 0.0000

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Gretl

Chow testi korral nullhüpoteesiks on parameetrite stabiilsus ja sisuka hüpoteesiks – murdepunkti esinemine. Tabelis 1 on näha, et iga indeksi Chow testi p-väärtused on olulised nivool 1%, seega 01.01.2020 on tähtis murdepunkt.

Sellest järeldub, et analüüsitava ajavahemik jaotatakse kaheks perioodiks. Esimene periood on enne COVIDi periood (01.01.2017 - 31.12.2019), teine periood on COVIDi periood (01.01.2020 – 19.04.2021). Selline perioodide jaotus annab aktsiaturgude käitumisest sügavama ülevaate, võimaldades hinnata kriisieelset perioodi ja analüüsida aktsiahindade käitumist pandeemia ajal.

Aktsiaturgude päevane tootlus arvutatakse liitulumäära valemit kasutades (*continuously compounded returns*), mida on võimalik esitada järgmisel kujul (Brooks 2008):

$$R_t = \ln(p_t/p_{t-1}) * 100 = (\ln p_t - \ln p_{t-1}) * 100 \quad (8)$$

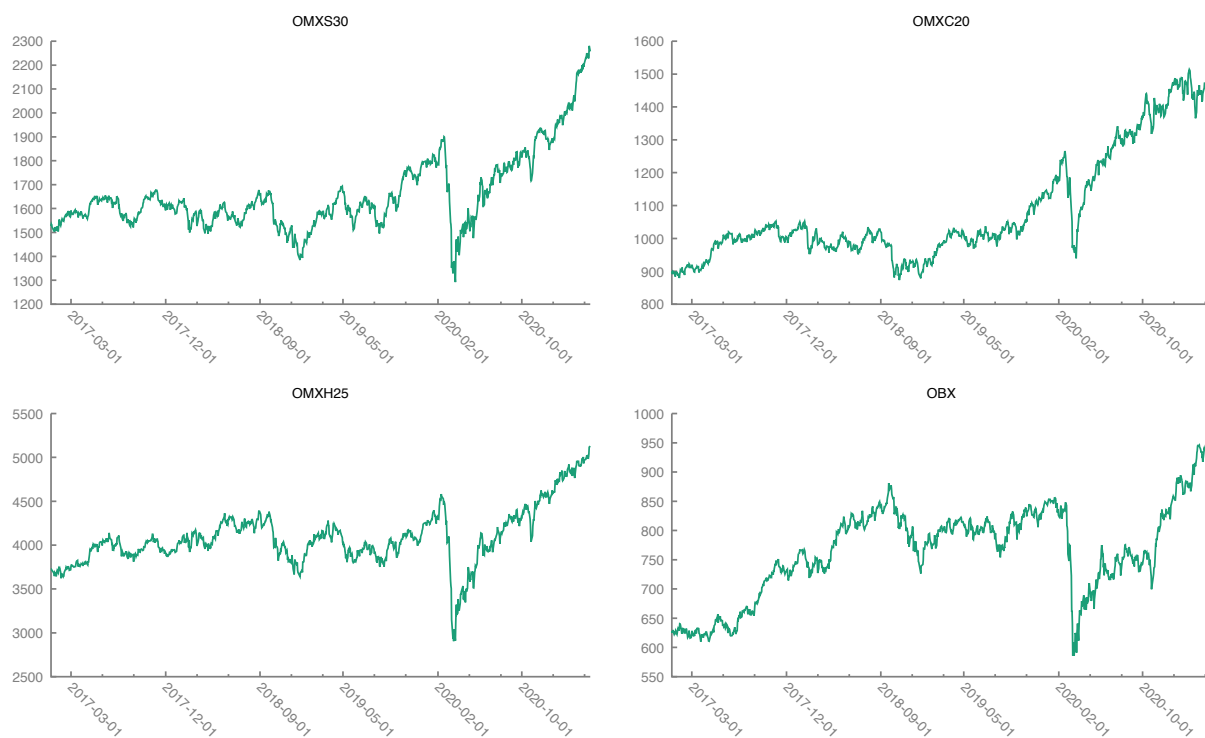
Kus:

R_t – pidev tulumäär ajahetkel t ,

p_t - aktsiaturu päevane sulgemishind ajahetkel t .

Indeksite OBX, OMXC20, OMXS30 ja OMXH25 päevased sulgemishinnad ja arvutatud tootlus on esitatud vastavalt joonistel 1 ja 2.

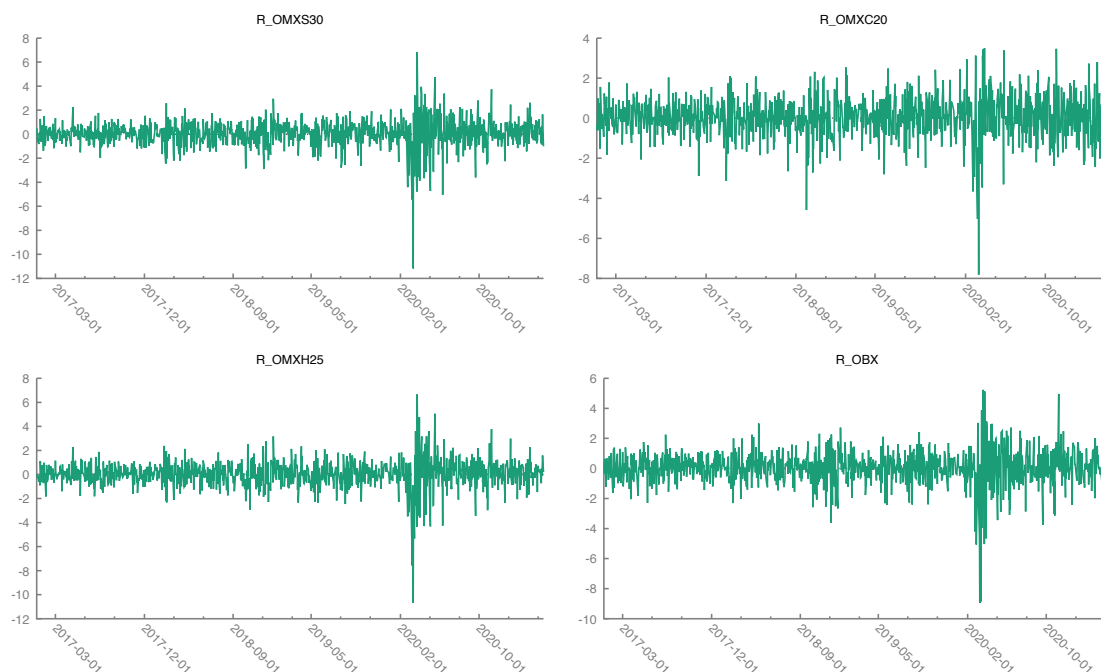
Joonis 1 näitab, et on olemas kindel trend, aktsiabörsid näitavad juhusliku ekslemist ning järelikult on aegread mittestatsionaarsed.



Joonis 1. Põhjamaade börside sulgemishinnad perioodil 01.01.2017 kuni 19.04.2021

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Gretl

Jooniselt 2 on näha et tulumäärade arvutamine kasutades logaritmide diferentsimist võimaldas saavutada olukorda, kui aegread on statsionaarsed.



Joonis 2. Põhjamaade indeksite tulumäärad perioodil 01.01.2017 kuni 19.04.2021
Allikas: koostatud statistikatarkvaras Gretl

Tabelis 2 on esitatud kõigi indeksite päevase tootluse kirjeldava statistika kokkuvõte.

Tabel 2. Põhjamaade börsiindeksite tulumäärade kirjeldav statistika

	R_OMXS30	R_OMXC20	R_OMXH25	R_OBX
Enne COVIDi periood (01.01.2017 - 31.12.2019)				
Keskmine (%)	0,019844	0,031031	0,016748	0,03991
Mediaan (%)	0,069487	0,031006	0,03378	0,052175
Miinum (%)	-2,9018	-4,5864	-2,9439	-3,6016
Maksimum (%)	2,9534	2,5328	3,1573	2,9924
Standardhälve (%)	0,83628	0,87083	0,84756	0,86315
Asümmeetriakordaja	-0,28454	-0,39019	-0,02334	-0,22353
Püstakuse kordaja	0,65939	1,5108	0,58082	0,88903

Jarque-Bera	23,7078	90,3607	10,6103	30,9448
(p väärtus)	$7,11 \times 10^{-6}$	$2,39 \times 10^{-20}$	$4,97 \times 10^3$	$1,91 \times 10^{-7}$
Vaatlused	750	750	750	750
COVIDi periood (01.01.2020 - 19.04.2021)				
Keskmine (%)	0,074547	0,088087	0,059803	0,037752
Mediaan (%)	0,090136	0,11162	0,15815	0,073264
Miinum (%)	-11,173	-7,8208	-10,679	-8,9509
Maksimum (%)	6,8491	3,5049	6,6647	5,2368
Standardhälve (%)	1,638	1,343	1,6305	1,6098
Asümmeetriakordaja	-1,1417	-0,78175	-1,1699	-1,1888
Püstakuse kordaja	8,0481	3,7622	8,1017	6,2913
Jarque-Bera	941,723	224,775	962,978	612,533
(p väärtus)	$1,60 \times 10^{-206}$	$1,55 \times 10^{-49}$	$7,80 \times 10^{-210}$	$9,77 \times 10^{134}$
Vaatlused	325	325	325	325

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Gretl

Päeva andemete baasil arvatud kirjeldav statistika näitab huvitavat asjaolu, et COVIDi perioodil olid Stockholmi, Kopenhaageni ja Helsingi indeksite aritmeetilised keskmised oluliselt suuremad. Kõige suurem keskmine näitaja pandeemia perioodil oli Taani indeksil. Vaatamata sellele, et keskmised tootlused olid COVIDi perioodil suuremad, on suuremad ka minimaalsed väärtused. Kõige minimaalseim väärtus oli Stockholmi indeksil moodustades -11,2%. Maksimumväärtused olid samuti suured. Kõige suurem tõus toimus taaskord OMXS30 indeksil moodustades 6,85%. Sellest saab järeldada, et Stockholmi börsil oli pandeemia ajal kõige suurem volatiilsus. Seda tõestab suurim standardhälve, milleks oli 1,6%. Tavalisel perioodil oli OMXS30 indeksi standardhälve 0,84%. Analüüsid indeksite asümmeetriakordajaid on näha, mõlemal perioodidel on kõigil indeksitel negatiivne ehk vasakkaldeline asümmeetria. COVID perioodi jooksul oli see suurem. Iga perioodi püstakuse kordajad on nullist erinevad, mis tähendab, et esineb kõrvalekaldumine normaaljaotusest. COVIDi perioodil on püstakuse kordajad oluliselt suuremad, võrreldes Covidieelse perioodiga. Suured positiivsed püstakuse kordajad tähendavad, et keskmisele lähedased vaatlused ja äärmuslikud väärtused on sagedasemad. Enne ja peale COVIDi perioodide Jarque-Bera p-väärtused on väiksemad kui 0,05, järelikult lükatakse ümber nullhüpotees normaaljaotuse esinemise kohta.

3.2 Mudeli ülesehitamise etapid

Kõikide autoregressivsete mudelite jaoks eksisteerib ühine protseduur mudeli hindamiseks. Protsessi on võimalik jagada neljaks peamiseks osaks:

1. Statsionaarsuse testimine;
2. Autokorrelatsiooni testimine;
3. Mudeli indentifitseerimine;
4. Parameetrite hindamine;
5. Mudeli diagnostika.

Esimene samm seisneb aegridade statsionaarsuse kontrollimisel. Üks olulisemaid aegridade analüüsi eeldusi on aegridade statsionaarsus. Selle testimiseks kasutatakse ühikjuure test või *Augmented Dickey–Fuller* (ADF) test. (Brooks 2014)

Teine ettevalmistav samm on autokorrelatsiooni testimine. Enne GARCH-tüüpi mudeli hindamist on mõistlik kõigepealt testida ARCH-efekte ja veenduda, et see mudel on andmete jaoks sobiv. Jääkliikmete ruutude autokorrelatsioon tõestab seda, et aegreas on ARCH efekt. Esimene populaarne test on seega autokorrelatsiooni funktsioon ja Box-Ljung'i statistik. (Greene 2002)

Alates kolmandast etapist algab juba mudeli ülesehitamine. Siin on oluline meenutada, et ARCH tüüpi mudelid koosnevad mitmetest võrranditest: keskväertuse võrrandist ja volatiilsuse võrrandist. Vaatamata sellele, et modelleerimise peamine eesmärk on volatiilsuse võrrandi hindamine on väga oluline ka keskväertuse mudel. Lihtsuse mõttes on võimalik öelda, et keskväertuse võrrand on baasmudel, mis annab mingisuguse punkti, millest saab kõrvale kalduda. Keskväertuse mudeliks on tavaliselt ARMA mudel. Identifitseerimine eesmärk on vajalik nii keskväertuse, kui ka volatiilsuse võrrandi jaoks. Selle etapi eesmärgiks on õige järkude arvu määramine. Keskväertuse mudeli mõttes - õige AR ja MA operaatorite arvu ja volatiilsuse mudeli mõttes - õige ARCH ja GARCH argumentide arv. Mõlemal juhul on klassikaline lähenemine ACF-i (autokorrelatsiooni funktsioon) ja PACF-i (osaline autokorrelatsiooni funktsioon) korrelogrammide visuaalne analüüs, kuid praktilises elus analüüsitavad andmed võivad olla segased ja korrelogrammide mustrid võivad olla keerulisemad. Sellisel juhul on optimaalseks lähenemiseks informatsioonikriteeriumite kasutamine. Visuaalse analüüsi asemel vaadetakse näitajaid ja valitakse mudel, mille vastav kriteerium on väiksem. Kõige populaarsemad kriteeriumid on Akaike informatsioonikriteerium ehk AIC, Schwarz'i kriteerium või Bayesi kriteerium ehk SIC või BIC. (Brooks 2014)

Kui on valitud sobiv keskvärtuse mudel, järgneb selle mudeli diagnostika. Etapi eesmärgiks on tõestada, et eksisteerib ARCH efekt ja edasine GARCH tüüpi mudelite hindamine on mõistlik. Enim kasutatud meetod mudeli diagnostika jaoks on jääkliikmete diagnostika. Meetodi peamine eesmärk on uurida, kas jääkliikmete autokorrelatsioon puudub ja jäänud on ainult „valge“ müra. Jääkliikmete autokorrelatsiooni ja valge müra testimiseks kasutatakse samuti ACF ja PACF funktsioone ning Box-Ljung'i Q statistikat. (Brooks 2014) Diagnostika raames kontrollitakse, et parameetrid oleks statistiliselt olulised ja jääkliikmed alluvad normaaljaotusele. ARCH mudelite peamine eeldus on heteroskedastiivsuse esinemine. Selle jaoks kasutatakse ARCH LM testi. (Greene 2002)

Neljas etapp algab siis, kui on valitud õige keskvärtuse mudel ja on valitud õige GARCH tüüpi mudel. GARCH tüüpi mudelite parameetri hindamiseks kasutatakse maksimaalse tõenäosuse hindamise meetodit ehk MLE (*maximum likelihood estimation*). MLE test lubab leida mudeli parameetrite kõige tõenäolisemaid väärtusi lähtudes analüüsitava testidest andmetest. (Brooks 2014)

Viimasena tuleb hinnata GARCH tüüpi mudeli diagnostikat. Diagnostika raames läbiviidavate testide jada on järgmine. Kõigepealt tuleb veenduda, et mudeli parameetrite summa on lähedane ühele. (Brooks 2014, 439, Engle 2001) Parameetrid α on tavaliselt väikesed ja β on suured. Järgmisena on vaja veenduda, et keskvärtuse mudeli jääkliikmete ja volatiilsuse mudeli jääkliikmete ruutude vahel ei esine autokorrelatsiooni ja esineb valge müra. Autokorrelatsiooni puudumine või esinemine tõestatakse korrelogrammi Q-statistiku abil. Viimasena on vaja testida, kas jääkliikmed alluvad normaaljaotusele. Selle jaoks kasutatakse Jarque-Bera statistikat. Viimasena tuleb veenduda, et mudelisse ei jäänud ARCH efekti. See omakorda tähendaks, et mudel on korrektselt identifitseeritud. (Sauga 2016)

4 MODELLEERIMINE JA ANALÜÜS

4.1 Andmete sobivuse testimine

Esimesed olulised etapid on seotud andmete ja valitud modelleerimise meetodi sobivuse testimisega. Aegridade testimise oluline eeldus on statsionaarsus. Nagu juba mainitud, kasutatakse selle eelduse testimiseks ADF testi. Tabelis 3 on esitatud statsionaarsuse testimise tulemused iga börsiindeksi jaoks kahel testitaval perioodil.

Tabel 3. *Augmented Dickey–Fuller* (ADF) testi olulisuse tõenäosuse väärtused

	<i>const-ta</i>	<i>const</i>	<i>const ja trend</i>
Enne COVIDi periood			
OMXS30	$1,26 \cdot 10^{-38}$	$1,35 \cdot 10^{-38}$	$9,03 \cdot 10^{-65}$
OMXC20	$1,68 \cdot 10^{-32}$	$9,81 \cdot 10^{-36}$	$5,74 \cdot 10^{-44}$
OMXH25	$2,55 \cdot 10^{-38}$	$3,25 \cdot 10^{-38}$	$6,05 \cdot 10^{-65}$
OBX	$2,89 \cdot 10^{-32}$	$9,95 \cdot 10^{-31}$	$8,09 \cdot 10^{-65}$
COVIDi periood			
OMXS30	$2,18 \cdot 10^{-5}$	0,000372	0,00122
OMXC20	$7,07 \cdot 10^{-23}$	$1,83 \cdot 10^{-23}$	$2,95 \cdot 10^{-25}$
OMXH25	$3,93 \cdot 10^{-9}$	$9,20 \cdot 10^{-8}$	$6,42 \cdot 10^{-7}$
OBX	$7,01 \cdot 10^{-9}$	$1,80 \cdot 10^{-7}$	$1,19 \cdot 10^{-36}$

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Gretl

Analüüs näitas, et nii ilma konstandita, konstandiga kui ka konstandiga ja trendiga võetakse vastu sisukad hüpoteesid ja iga analüüsitava aegrida kahel erineval perioodil on statsionaarne.

Lisades 1 ja 2 on toodud tulumäärade ruutude Box-Ljungji testimise tulemused. Kõikide aegridade puhul kehtib olulisuse nivool 5% sisukas hüpotees, ehk aegridades esineb autokorrelatsioon. See omakorda tõestab seda, et esineb ARCH efekt ja ARCH ja GARCH mudelid sobivad põhjamaade börsiindeksite volatiilsuse modelleerimiseks.

4.2 Mudelite identifitseerimine ja parameetrite hindamine

4.2.1 Keskvärtuse võrrand

Õigete ARMA mudelite järkude ehk õigete AR ja MA operaatorite arvu valimiseks kasutatakse ülalpool toodud informatsioonikriteeriumite meetodit. Testimisel kasutatakse olulisemad ARMA (p, q) mudelid: ARMA (1, 0), ARMA (2, 0), ARMA (0, 1), ARMA (0, 2), ARMA (1, 1), ARMA (1, 2), ARMA (2, 1), ARMA (2, 2). Kõigepealt valitakse mudelid, mille parameetrid on statistiliselt olulised ja järgmisena valitakse mudel, mille AIC ja BIC kriteeriumid on väiksemad. Juhul, kui analüüsi käigus ei ole võimalik valida kõige sobivama mudelit, kasutatakse ARMA (0, 0) ehk keskvärtuse mudelit, milles on ainult konstant. Lisas 3 on esitatud ARMA mudelite võrdlemise tulemused. Valitud ARMA mudelid on esitatud tabelis 4.

Tabel 4. Keskvärtuse mudeli identifitseerimine

Periood	Indeks	ARMA mudel	AIC	BIC
Enne COVIDi periood	OMXS30	ARMA (0, 0)	1863,223	1872,463
	OMXC20	ARMA (2, 2)	1922,156	1949,877
	OMXH25	ARMA (1, 1)	1883,971	1902,451
	OBX	ARMA (0, 1)	1902,298	1916,158
COVIDi periood	OMXS30	ARMA (2, 2)	1244,343	1267,046
	OMXC20	ARMA (0, 0)	1117,01	1124,578
	OMXH25	ARMA (1, 1)	1241,421	1256,557
	OBX	ARMA (1, 2)	1235,2	1254,119

Allikas: koostatud lisas 3 toodud andmete alusel

Järgmisena tuleb tõestada, et jääkliikmete autokorrelatsioon puudub ja nad moodustavad valge müra. Selline diagnoostika viiakse läbi Q-statistiku abil. Lisades 4 ja 5 on esitatud Box-Ljung'i testide tulemused. Esimese perioodi Q-statistiku p väärtused näitavad, et võetakse vastu null hüpotees ja autokorrelatsioon puudub. Teise perioodi OMXC20 ja OBX indeksite ARMA mudelite jääkliikmete vahel samuti puudub autokorrelatsioon kõikidel testitavatel viitaegadel. OMXS30 ja OMXH25 indeksite ARMA mudelite puhul kehtib aga mõningatel viitaegadel sisukas hüpotees, mis tähendab autokorrelatsiooni olemasolu, kuid kuna käesoleva bakalaureuse töö peamine fookus on volatiilsuse võrrandi hindamine, peetakse valitud ARMA mudelite järke piisavaks.

Enne volatiilsuse võrrandi hindamist on kõigepealt kasulik tõestada ARCH efekti olemasolu. Eksisteerib palju erinevaid teste, kuid tavaliselt kasutatakse Englisa pakutud „Lagrange“ kordaja ehk LM testi. (Greene 2002) Nagu mudeli nimetusest selgub, on ARCH heteroskedastiivne protsess ning LM test lubab hinnata heteroskedastiivsuse olemasolu. Lisas 6 on esitatud indekse ARMA mudelite jääkliikmete LM testi tulemused kahel erineval perioodil. Testi nullhüpoteesiks on ARCH efekti puudumine. Igal testitaval perioodil kõikide mudelite puhul lükatakse olulisuse nivool 5% nullhüpotees ARCH efekti puudumise kohta tagasi ja võetakse vastu sisuline hüpotees.

4.2.2 Volatiilsuse võrrand

Kui on olemas keskväärtuse mudel ja tõestatud, et aegridadel esineb ARCH efekt, on võimalik modelleerida volatiilsuse mudelit. Nagu eelnevalt mainitud, on käesoleva töö uurimiseesmärgi saavutamiseks mõistlik kasutada kolme peamist GARCH tüüpi mudelit: tavaline GARCH, EGARCH ja GJR-GARCH. Volatiilsuse ehk dispersiooni mudeli identifitseerimise protsess on sarnane keskväärtuse mudeli identifitseerimise protsessiga. Kõigepealt on vaja määrata õige p ja q järkude arvu. Tavaline GARCH mudel on sellel juhul erand, kuna GARCH mudel, kus esineb ainult üks GARCH tunnus ja üks ARCH tunnus ehk GARCH (1, 1), on tavaliselt piisav volatiilsuse omaduste hindamiseks (vaata näiteks Brooks 2014, 430, Hansen, Lunde 2003). EGARCH ja GJR-GARCH mudelite puhul on aga kasulik identifitseerida kõige sobivama mudelit. Selleks samuti kasutatakse AIC ja BIC informatsioonikriteeriumid. Identifitseerimise etapi käigus otsustas autor võrrelda järgmisi mudeleid: EGARCH (1, 1), EGARCH (1, 2), EGARCH (1, 3), EGARCH (2, 1), EGARCH (2, 2), EGARCH (2, 3), GJR-GARCH (1, 1), GJR-GARCH (1, 2), GJR-GARCH (1, 3), GJR-GARCH (2, 1), GJR-GARCH (2, 2), GJR-GARCH (2, 3). Lisas 7 on esitatud mudelite võrdlus. Mudeli valiku peamised tingimused on statistiline olulisus nivool 5% ja eelnevalt mainitud informatsioonikriteeriumid AIC ja BIC. Valitud mudelite aruanded on toodud lisades 8 kuni 15.

4.3 Mudelite diagnostika

4.3.1 OMXS30 mudelid

Tabelis 5 on esitatud Stockholmi börsiindeksi OMXS30 GARCH tüüpi mudelite parameetrid kahel testitaval perioodil. Tavalise GARCH mudeli puhul on vaja kontrollida, et ARCH ja GARCH tunnuste summa oleks lähedane kuid jääks alla ühe. Tabelist selgub, et eeldus on täidetud.

Kõikide mudelite parameetrid on statistiliselt olulised vähemalt olulisuse nivool 5%, järelikult on mudelid sobivad edasiseks analüüsiks.

Tabel 5. OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelid kahel perioodil

	Enne COVIDi periood			COVIDi periood		
	GARCH (1, 1)	EGARCH (1, 1)	GJR- GARCH (1, 1)	GARCH (1, 1)	EGARCH (2, 3)	GJR-GARCH (1, 1)
a0	0,0331**	-0,0811***	0,026***	0,0618**	-0,106**	0,042***
a1	0,0821***	0,079**	0,0684***	0,1035***	-0,277***	-0,137***
a2					0,4436***	
b1	0,8713***	0,9568***	0,9354***	0,8723***	1,307***	1,0067***
b2					-0,9897***	
b3					0,638***	
y		-0,1236***	0,1815***		-0,2964***	0,208***

Allikas: koostatud lisades 8 ja 9 toodud andmete alusel

Märkused:

- *** tähendab oluline olulisuse nivool 0,01, ** tähendab oluline olulisuse nivool 0,05.

Diagnostika esimeseks etapiks on keskväärtuse ja volatiilsuse võrrandite õigsuse kontrollimine. Keskväärtuse võrrandi jaoks analüüsitakse jääkliikmete korrelogrammi ja Q-statistikut ning volatiilsuse võrrandi jaoks analüüsitakse jääkliikmete ruutude korrelogrammi ja Q-statistikut.

Lisas 16 on toodud jääkliikmete Q-statistiku testi tulemused. Igal perioodil kõikide mudelite jääkliikmete Q-statistikud on statistiliselt mitteolulised, kuna nende p väärtused on suuremad kui olulisuse nivoo 5%. See näitab, et keskväärtuse võrrand on korrektselt määratud. Lisas 17 toodud jääkliikmete ruutude testi tulemused näitavad, et ainus mudel, mille jääkliikmete ruutude vahel esineb autokorrelatsioon, on GARCH (1, 1) COVIDi perioodil. Selle mudeli volatiilsuse võrrand ei ole korrektne ja ei sobi edasiseks analüüsiks. Kõikide teiste mudelite jääkliikmete ruutude Q-statistikud ei ole olulised ja esineb valge müra, järelikult on mudelid korrektselt identifitseeritud.

Tabelis 6 on esitatud jääkliikmete normaaljaotuse ja heteroskedastiivsuse test.

Tabel 6. OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite Jarque-Bera ja ARCH LM testi tulemused

Period	Mudel	Jarque-Bera testi tulemused	ARCH LM testi tulemused
Enne COVIDi periood	GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 16,09463 P-väärtus 0,00032	LM statistik 2,438 P-väärtus 0,118
	EGARCH (1, 1)	Jarque-Bera 15,48221 P-väärtus 0,000435	LM statistik 0,0414 P-väärtus 0,8388
	GJR-GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 15,07340 P-väärtus 0,000533	LM statistik 0,0249 P-väärtus 0,875
COVIDi periood	EGARCH (2, 3)	Jarque-Bera 20,969 P-väärtus 0,000028	LM statistik 0,1456 P-väärtus 0,703
	GJR-GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 61,576 P-väärtus 0,000000	LM statistik 2,078 P-väärtus 0,149

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Eviews

Tabelist selgub, et igal perioodil mudelite jääkliikmed ei allu normaaljaotusele, kuna Jarque-Bera statistika on oluline. Vaatamata sellele on mõlema perioodi mudelite jääkliikmed homoskedastiivsed, kuna nende LM testi p-väärtused on suuremad kui olulisuse nivoo. See omakorda tähendab, et jääkliikmetesse ei ole jäänud ARCH efekti ja volatiilsuse võrrandid on korrektselt määratud.

4.3.2 OMXC20 mudelid

Tabelis 7 on toodud OMXC20 indeksi volatiilsuse mudelite parameetrid. GARCH mudelite ARCH ja GARCH tunnuste summa on alla ühe. Mudeli diagnostika jaoks viiakse läbi jääkliikmete test.

Tabel 7. OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelid kahel perioodil

	Enne COVIDi periood			COVIDi periood	
	GARCH (1, 1)	EGARCH (2, 2)	GJR-GARCH (1, 1)	GARCH (1, 1)	GJR-GARCH (1, 1)
a0	0,029	-0,017	0,0171***	0,214*	0,139***
a1	0,02**	-0,167**	-0,041***	0,142**	-0,08***

a2		0,174**			
b1	0,941***	0,389**	0,975***	0,732***	0,889***
b2		0,573***			
b3					
y		-0,139***	0,0825***		0,205***

Allikas: koostatud lisades 10 ja 11 toodud andmete alusel

Märkused:

- *** tähendab oluline olulisuse nivool 0,01, ** tähendab oluline olulisuse nivool 0,05, * tähendab oluline olulisuse nivool 0,1.

Lisas 18 toodud Box-Ljung'i test näitab, et iga perioodi kõikide mudelite jääkliikmed moodustavad valge müra ning keskvaartuse võrrand on seega korrektselt määratud. Lisas 19 esitatud Box-Ljung'i test jääkliikmete ruutude kohta tõestab seda, et mõlema perioodi kõikide mudelite volatiilsuse võrrandid on õigesti identifitseeritud. Ainus mudel, mille jääkliikmete ruutude vahel esineb autokorrelatsioon on GARCH (1, 1) mudel COVID-perioodil. Korrelogramm näitab, et 13 ja 14 viitaegadel Q- statistik on statistiliselt oluline, järelikult ei ole mudel korrektne ja ei sobi edasiseks analüüsiks.

Tabel 8. OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite Jarque-Bera ja ARCH LM testi tulemused

Periood	Mudel	Jarque-Bera testi tulemused	ARCH LM testi tulemused
Enne COVIDi periood	GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 144,972 P-väärtus 0,000000	LM statistik 0,508 P-väärtus 0,476
	EGARCH (2, 2)	Jarque-Bera 52,922 P-väärtus 0,000000	LM statistik 0,01 P-väärtus 0,922
	GJR-GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 65,228 P-väärtus 0,000000	LM statistik 0,72 P-väärtus 0,396
COVIDi periood	GJR-GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 9,906 P-väärtus 0,0071	LM statistik 0,861 P-väärtus 0,353

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Eviews

Tabelis 8 on esitatud normaaljaotuse ja heteroskedastiivsuse testide tulemused. OMXC20 indeksi mudelite jääkliikmed ei allu samuti normaaljaotusele, kuid oluline on, et mudelites puudub ARCH efekt. Järelikult on diagnostika läbitud ja mudelite põhjal on võimalik teha järeldusi.

4.3.3 OMXH25 mudelid

Tabel 9. OMXH25 indeksi GARCH tüüpi mudelid kahel perioodil

Enne COVIDi periood			COVIDi periood		
	GARCH (1, 1)	EGARCH (1, 1)	GARCH (1, 1)	EGARCH (2, 1)	GJR-GARCH (1, 1)
a0	0,032**	-0,131***	0,066***	-0,112***	0,051***
a1	0,0856***	0,126***	0,124***	-0,238**	-0,073***
a2				0,4***	
b1	0,872***	0,92***	0,849***	0,967***	0,939***
b2					
b3					
y		-0,139***		-0,177***	0,198***

Allikas: koostatud lisades 12 ja 13 toodud andmete alusel

Märkused:

- *** tähendab oluline olulisuse nivool 0,01, ** tähendab oluline olulisuse nivool 0,05.

Tabelist 9 on näha, et iga mudeli parameetrid on statistiliselt olulised. GARCH mudeli parameetrite summa on lähedane ühele. Lisades 20 ja 21 on esitatud jääkliikmete ja jääkliikmete ruutude korrelogrammid, mille tulemused osundavad sellele, et nii keskvaartuse, kui ka volatiilsuse võrrandid on korrektselt määratud. Tabelis 10 on näidatud Jarque-Bera ja LM testide tulemused.

Tabel 10. OMXH25 indeksi GARCH tüüpi mudelite Jarque-Bera ja ARCH LM testi tulemused

Periood	Mudel	Jarque-Bera testi tulemused	ARCH LM testi tulemused
Enne COVIDi periood	GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 2,787 P-väärtus 0,248	LM statistik 0,152 P-väärtus 0,697
	EGARCH (1, 1)	Jarque-Bera 2,619 P-väärtus 0,27	LM statistik 0,256 P-väärtus 0,613
COVIDi periood	GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 79,816 P-väärtus 0,00000	LM statistik 0,1066 P-väärtus 0,744
	EGARCH (2, 1)	Jarque-Bera 38,044	LM statistik 0,365

		P-väärtus 0,0000	P-väärtus 0,546
	GJR-GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 80,63 P-väärtus 0,00000	LM statistik 0,474 P-väärtus 0,491

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Eviews

Võrreldes ülalpool analüüsitavate mudelitega, näitab OMXH25 indeks enne COVIDi mudelite Jarque-Bera test, et jääkliikmed on normaalselt jaotatud. COVIDi perioodi mudelite jääkliikmed ei ole normaaljaotusega, kuid parameetri hinnangud on endiselt korrektsed, kui keskmise ja volatiilsuse võrrandid on õigesti määratud. (Brooks 2014, 435) Heteroskedastiivsuse test näitas, et jääkliikmetes ei esine rohkem ARCH efekti ning volatiilsuse võrrand on seega õigesti identifitseeritud.

4.3.4 OBX mudelid

Tabel 11. OBX indeksi GARCH tüüpi mudelid kahel perioodil

	Enne COVIDi periood		COVIDi periood		
	GARCH (1, 1)	EGARCH (2, 2)	GARCH (1, 1)	EGARCH (1, 1)	GJR-GARCH (1, 1)
a0	0,036**	0,001	0,077*	-0,036	0,0589***
a1	0,058***	0,209***	0,112***	0,075**	-0,032**
a2		-0,232***			
b1	0,893***	0,413***	0,854***	0,97***	0,916***
b2		0,542***			
b3					
y		-0,155***		-0,17***	0,161***

Allikas: koostatud lisades 14 ja 15 toodud andmete alusel

Märkused:

- *** tähendab oluline olulisuse nivool 0,01, ** tähendab oluline olulisuse nivool 0,05, * tähendab oluline olulisuse nivool 0,1.

Tabelis 11 on esitatud OBX indeksi mudelite parameetrite hinnangud. Kõik parameetrid on statistiliselt olulised. Ainsad erandid on mõlema perioodi EGARCH mudelite konstandid. Nende parameetrid ei ole statistiliselt olulised, kuid see ei tähenda et mudelid ei sobi edasiseks analüüsiks.

Statistiliselt ebaolulised konstandid näitavad, et nende parameetrite hinnangud ei ole nullist oluliselt erinevad. Kõik muud parameetrid on seda aga oluliselt, järelikult edasine diagnostika on võimalik. Lisas 22 on toodud jääkliikmete Q-statistiku testi tulemused. Kõikide mudelite jääkliikmete vahel ei esine autokorrelatsiooni, keskvaartuse võrrandid on identifitseeritud korrektselt. Lisas 23 on esitatud jääkliikmete ruutude korrelogrammid, mille kohaselt enamus mudelitest on korrektselt määratud kuna nende jääkliikmed moodustavad valge müra. Ainus erand on tavaline GARCH (1, 1) mudel. Q-statistiku test näitas, et jääkliikmete ruutude vahel esineb teatud korrelatsioon. Seega mudel ei ole korrektne ja ei sobi õigeks volatiilsuse modelleerimiseks.

Tabel 12. OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite Jarque-Bera ja ARCH LM testi tulemused

Periood	Mudel	Jarque-Bera testi tulemused	ARCH LM testi tulemused
Enne COVIDi periood	GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 18,23 P-väärtus 0,00011	LM statistik 0,0008 P-väärtus 0,977
	EGARCH (2, 2)	Jarque-Bera 8,645 P-väärtus 0,013	LM statistik 1,701 P-väärtus 0,192
COVIDi periood	EGARCH (1, 1)	Jarque-Bera 39,748 P-väärtus 0,0000	LM statistik 0,513 P-väärtus 0,4737
	GJR-GARCH (1, 1)	Jarque-Bera 59,577 P-väärtus 0,00000	LM statistik 0,793 P-väärtus 0,373

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Eviews

Tabelis 12 selgub, et enne COVIDi perioodi on EGARCH (2, 2) ainus mudel, mille jääkliikmed on normaaljaotusega. Teiste mudelite puhul normaaljaotust ei esine, kuid vaatamata sellele on kõikide mudelite jääkliikmete LM statistikud olulised. Sellest järeldub, et jääkliikmetesse ei jäänud ARCH efekti ja volatiilsuse võrrand on õige.

4.4 Analüüs ja järeldused

Mudelid, mis läbisid diagnostika etapi on korrektsed ja sobivad volatiilsuse hindamiseks ja prognoosimiseks. Tabelis 13 on esitatud iga indeksi jaoks sobivad mudelid kahel erineval perioodil.

Tabel 13. Põhjamaade börsiindeksite sobivad GARCH tüüpi mudelid

Enne COVIDi periood	OMXS30	OMXC20	OMXH25	OBX
	GARCH (1, 1)	GARCH (1, 1)	GARCH (1, 1)	GARCH (1, 1)
	EGARCH (1, 1)	EGARCH (2, 2)	EGARCH (1, 1)	EGARCH (2, 2)
	GJR-GARCH (1, 1)	GJR-GARCH (1, 1)		
COVIDi periood	EGARCH (2, 3)	GJR-GARCH (1, 1)	GARCH (1, 1)	EGARCH (1, 1)
	GJR-GARCH (1, 1)		EGARCH (2, 1)	GJR-GARCH (1, 1)
			GJR-GARCH (1, 1)	

Allikas: autori arvutused

Tabelis 13 on näha, et tavalisel ehk enne pandeemia perioodil sobib nii tavaline GARCH (1, 1) mudel, kui ka selle mudeli asümmeetrilised täiendused. Ainult OMXH25 ja OBX indeksite puhul ei sobi GJR-GARCH mudel. Pandeemia perioodi olukord on teistsugune. Selle perioodi volatiilsust kirjeldavad kõige efektiivsemalt asümmeetrilised mudelid. OMXH25 on ainus indeks, mille puhul sobib tavaline GARCH (1, 1) mudel. Võrreldes valitud mudelite lisas 7 toodud informatsioonikriteeriumeid selgub, et kõikidel juhtudel on asümmeetriliste mudelite AIC ja BIC kriteeriumid võrreldes tavalise GARCH (1, 1) mudeliga väiksemad. Tabelist selgub samuti, et ei ole võimalik eelistada ühte mudelit teisele, kuna AIC ja BIC kriteeriumid annavad vastandlikke tulemusi. Näiteks on võimalik võrrelda OMXS30 indeksi EGARCH ja GJR-GARCH mudelite informatsioonikriteeriumeid. EGARCH(2, 3) AIC kriteerium on 3,289 ja GJR-GARCH (1, 1) AIC on 3,314. Sellel juhul tuleb eelistada EGARCH mudelit. Esimese mudeli BIC kriteerium on 3,405 ja teise mudeli BIC on 3,395. Sellel juhul on eelistatud GJR-GARCH mudel. Töö autor otsustas valida iga indeksi jaoks sama tüüpi asümmeetrilise mudeli. Selline lähenemine lubab efektiivsemalt võrrelda kahte perioodi.

Tabel 14. Põhjamaade börsiindeksite valitud mudelite parameetrid perioodide lõikes

	OMXS30		OMXC20		OMXH25		OBX	
	I per.	II per.	I per.	II per.	I per.	II per.	I per.	II per.
	GJR-GARCH (1, 1)	GJR-GARCH (1, 1)	GJR-GARCH (1, 1)	GJR-GARCH (1, 1)	EGARCH (1, 1)	EGARCH (2, 1)	EGARCH (2, 2)	EGARCH (1, 1)
a0	0,026	0,042	0,0171	0,139	-0,131	-0,112	0,001	-0,036
a1	-0,0684	-0,137	-0,041	-0,08	0,126	-0,238	0,209	0,075

a2						0,4	-0,232	
b1	0,9354	1,0067	0,975	0,889	0,92	0,967	0,413	0,97
b2							0,542	
b3								
y	0,1815	0,208	0,0825	0,205	-0,139	-0,177	-0,155	-0,17

Allikas: koostatud lisades 8 kuni 15 toodud andmete alusel

Kõige olulisem parameeter, mille põhjal on võimalik näha, kuidas pandeemia mõjutas aktsiaturgusid on asümmeetriakordaja γ . Tabelitest 5, 7, 9, 11 on näha, et iga perioodi kõikide mudelite ARCH tunnused, GARCH tunnused ja asümmeetria kordajad on statistiliselt olulise 1% tasemel. ARCH tunnuste olulisus tähendab seda, et šokkide suurus ja tugevus omavad olulist mõju indeksite tootlusele. Enamikel juhtudel on COVIDi perioodi šokkide mõju suurem. GARCH tunnuste olulisus näitab seda, et mineviku volatiilsus aitab prognoosida tuleviku volatiilsust. Lisaks sellele on tabelist 13 selgelt näha, et iga mudeli COVIDi perioodi asümmeetriakordaja on oluliselt suurem võrreldes kriisieelse perioodiga. Seda, kas ja kuidas negatiivsed šokid mõjutavad volatiilsust, näitab GJR-GARCH mudelis positiivne asümmeetria kordaja ja EGARCH mudelis – negatiivne asümmeetria kordaja. (Brooks 2014, 441) Iga indeksi korral suurendavad COVIDi perioodi negatiivsed šokid või halvad uudised aktsiaturgude volatiilsust oluliselt rohkem. Edasi esitatakse iga indeksi volatiilsuse võrrandid pandeemia perioodil.

OMXS30 indeksi GJR-GARCH (1, 1) mudel (koostatud lisas 9 esitatud andmete alusel)

$$\sigma_t^2 = 0,042 - 0,137u_{t-1}^2 + (1,0067+0,208) \sigma_{t-1}^2$$

(0,005) (0,0007) (0,0002)(9,85*10⁻⁵)

OMXC20 indeksi GJR-GARCH (1, 1) mudel (koostatud lisas 11 esitatud andmete alusel)

$$\sigma_t^2 = 0,139 - 0,08u_{t-1}^2 + (0,889+0,205) \sigma_{t-1}^2$$

(0,04) (0,031) (0,047)(0,042)

OMXH25 indeksi EGARCH (2, 1) mudel (koostatud lisas 13 esitatud andmete alusel)

$$\ln(\sigma_t^2) = -0,112 + 0,967 \ln(\sigma_{t-1}^2) - 0,177 \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - 0,238 \left[\frac{|u_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right] + 0,4 \left[\frac{|u_{t-2}|}{\sqrt{\sigma_{t-2}^2}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right]$$

(0,036) (0,0099) (0,029) (0,102) (0,107)

OMBX indeksi EGARCH (1, 1) mudel (koostatud lisas 15 esitatud andmete alusel)

$$\ln(\sigma_t^2) = -0,036 + 0,97 \ln(\sigma_{t-1}^2) - 0,17 \frac{u_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + 0,075 \left[\frac{|u_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right]$$

(0,024) (0,0085) (0,021) (0,031)

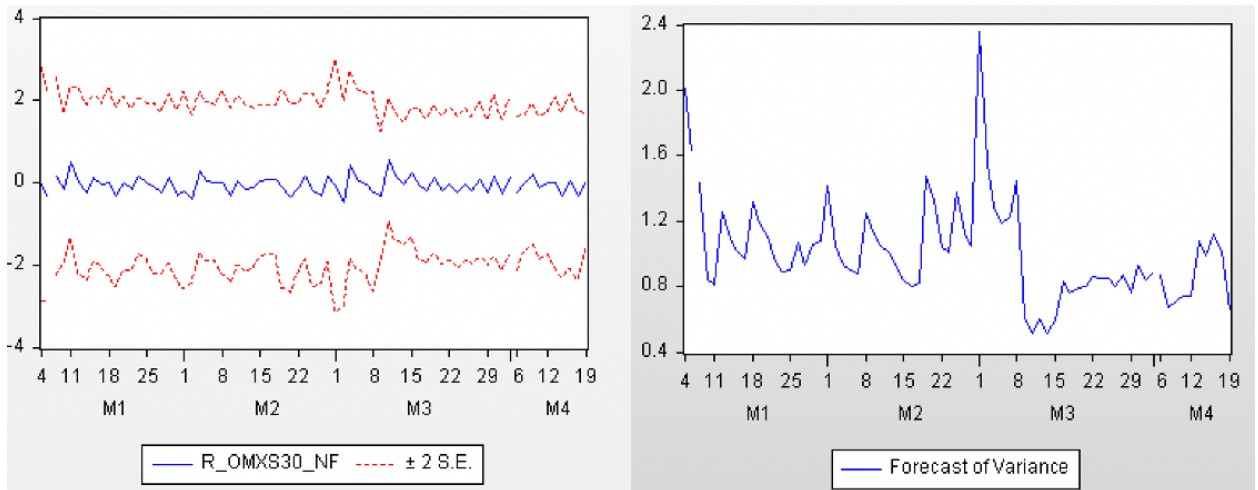
Ülaltoodud volatiilsuse mudelid on läbinud diagnostika etapid ja sobivad volatiilsuse hindamiseks, kuid mudelite tugevust aitab hinnata prognoosimine.

4.4.1 Prognoosimine

Selleks et hinnata, kui täpselt mudel kirjeldab volatiilsust, on kasulik koostada prognoos. Kõigepealt on oluline märkida, et prognoos koostatakse analüüsitava andmete põhjal. On võimalik teha kas valimisisene prognoos (*in-sample forecast*) või valimivälise prognoos (*out-of-sample forecast*). Esimese variandi puhul luuakse prognoos sama andmekogumi jaoks, mida kasutati mudeli parameetrite hindamiseks, kuid klassikaline lähenemine on teha valimisvälise prognoosi. Sellel juhul valim jaotatakse kaheks osaks. Valimi esimese osa põhjal koostatakse volatiilsuse mudel, mida kasutatakse ülejäänud osa prognoosimiseks. Selle protsessi peamine eesmärk on koostatud volatiilsuse mudeli täpsuse hindamine, kuna see annab võimaluse koostatud prognoosi võrdlemiseks tegeliku olukorraga. Prognoosi koostamine lubab tõhusamalt hinnata koostatud volatiilsuse mudelit ja prognoosi täpsus annab võimaluse järelduste tegemiseks ning potentsiaalsete volatiilsuse liikumissuundade hinnadamiseks aktsiaturul. (Brooks 2014, 286)

Eksisteerib kaks peamist prognoosimise viisi: dünaamiline ja staatiline. Dünaamilise prognoosi puhul võetakse aluseks tegelikud vaatlused ja lisatakse eelnevad prognoosid. Sellisel juhul on vaatluste arv piiramatult, mistõttu nimetatakse seda mitmeastmeliseks prognoosimiseks. Staatilise prognoosimise puhul kasutatakse ühesammulist lähenemist, ehk tulevase väärtuse prognoosimiseks kasutatakse eelmised tegelikke väärtuseid. Sellist lähenemist kasutatakse tavaliselt mudeli prognoosimisvõime analüüsimiseks. (Brooks 2014, 286)

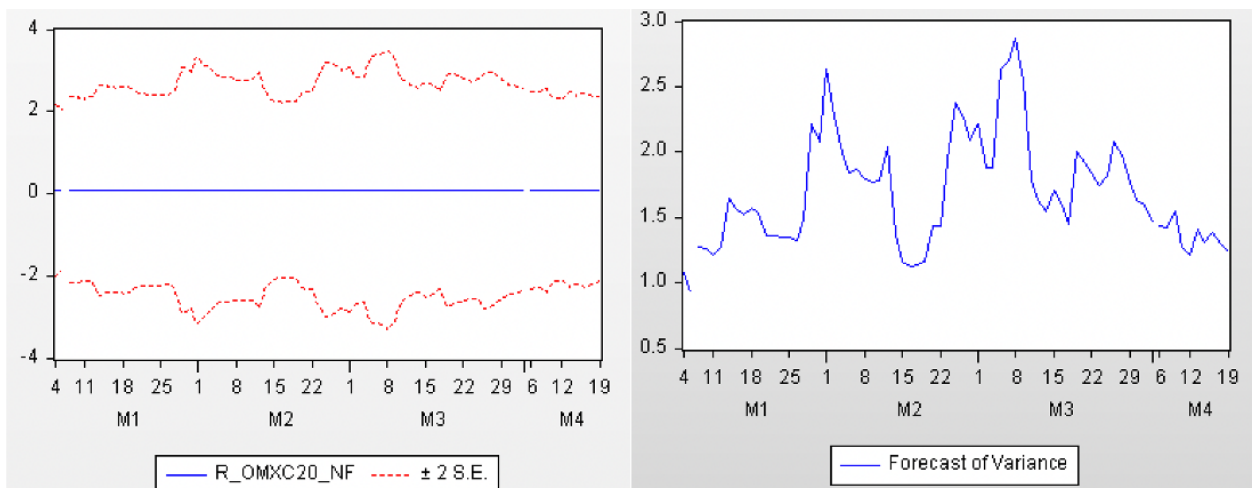
Töö raames koostatud asümmeetriliste mudelite abil koostatakse perioodi 01.01.2021 – 19.04.2021 staatiline prognoos. Selleks on vaja antud periood valimist välja jätta ja eelneva perioodi abil seda prognoosida. Prognoosi koostamine lubab uurida, kuidas koostatud mudelid suudavad hinnata volatiilsust 2021. aasta alguses ja teha olulisi järeldusi aktsiaturgude tulevikukäitumise osas.



Joonis 3. OMXS30 indeksi 01.01.2021 – 04.19.2021 perioodi prognoos

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Eviews

Joonisel 3 on näha, et alates märtsist on Stockholmi aktsiaturu tootlus stabiilsem ja volatiilsus võrreldes aasta algusega palju väiksem. Prognoositava perioodi lõpus on näha, et see algab väikse volatiilsusega, järelkult, arvestades stiliseeritud fakti, et suure volatiilsuse perioodi järel tuleb suur volatiilsuse periood ja vastupidi, ei ole suur volatiilsus tõenäoline. Võrreldes koostatud prognoosi joonisel 2 esitatud tegelikku situatsiooniga on selge, et prognoos on õige.

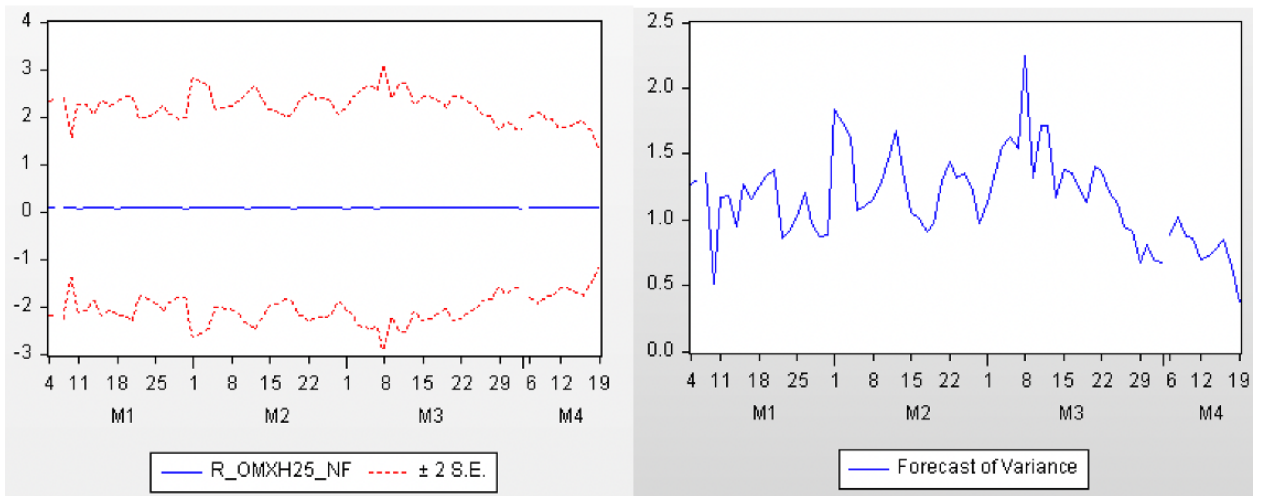


Joonis 4. OMXC30 indeksi 01.01.2021 – 04.19.2021 perioodi prognoos

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Eviews

Joonisel 4 on näha, et Kopenhaageni tootlused on samuti stabiilsed ja volatiilsuse tase oluliselt väheneb. Joonisel 2 esitatud tegeliku tootluse varieeruvus näitab sarnast käitumist, järelkult on

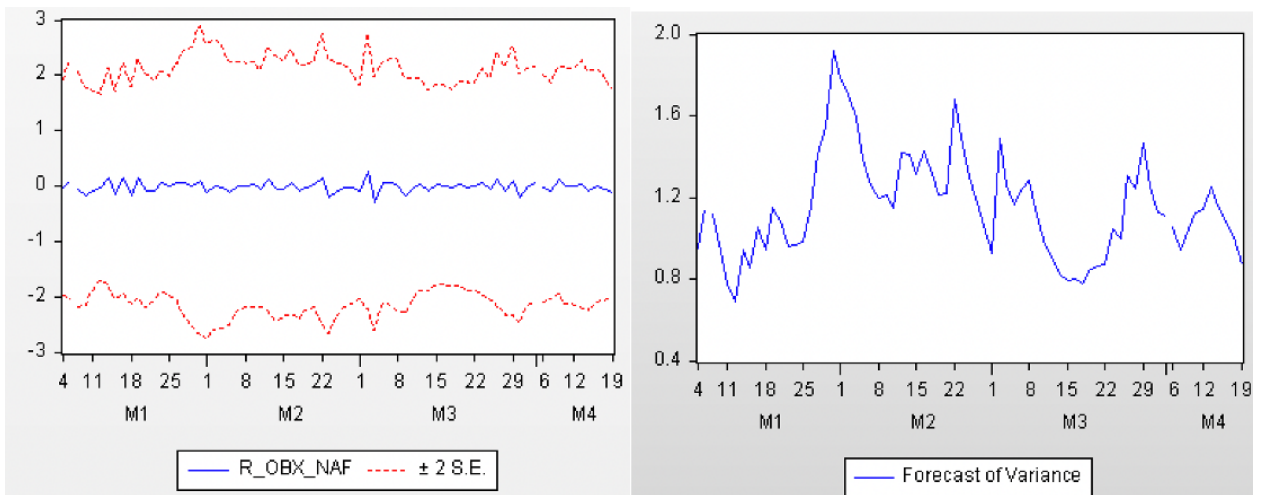
prognoos korrektne. Prognoosi põhjal on võimalik järeldada, et kuna väikse volatiilsusega periood kestab päris kaua, on tõenäoline, et tulevikus volatiilsus suureneb.



Joonis 5. OMXH25 indeksi 01.01.2021 – 04.19.2021 perioodi prognoos

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Eviews

Helsinki aktsiaturu volatiilsus on sarnane sellega eelnevalt analüüsitud turgudega. Volatiilsuse tase väheneb ja tegelikud väärtused joonisel 2 tõestavad, et volatiilsus on korrektset prognoositud.



Joonis 6. OBX indeksi 01.01.2021 – 04.19.2021 perioodi prognoos

Allikas: koostatud statistikatarkvaras Eviews

Joonisel 6 on esitatud Oslo börsi volatiilsuse prognoos ja selle põhjal on võimalik järeldada, et võrreldes teiste indeksitega on OBX indeksil rohkem volatiilsuse tippe. Vaatamata sellele

volatiilsus ning sellest tulenevalt ka riskitase vähenevad. Jooniselt 2 on näha, et reaalne olukord on prognoosiga sarnane.

KOKKUVÕTE

COVID-19 pandeemia on unikaalne olukord, mis mõjutas kõiki tegevusvaldkondi ja eluaspekte, sealhulgas ka finantsturgusid. Pandeemia ulatuse ja suure teadmatuse tõttu tekkis ebaselgus, kuidas finantsturud pandeemia ajal käituvad ja kuidas COVID-19 mõjutab finantsturgude volatiilsust. Käesoleva bakalaureusetöö peamiseks eesmärgiks oli modelleerida Põhjamaade aktsiaturu indekseid volatiilsust Covid-19 pandeemia ajal ja analüüsida selle mõjusid finantsturgude käitumisele. Töö raames analüüsiti Rootsi, Taani, Soome ja Norra börside indekseid. Töö eesmärgi saavutamiseks olid püstitatud järgmised uurimisküsimused:

- Millised GARCH tüüpi mudelid sobivad Põhjamaade aktsiaturgude volatiilsuse modelleerimiseks?
- Kas GARCH tüüpi mudelite tulemus on usaldusväärne?
- Kuidas mõjutas 2020. aasta COVID-19 pandeemia Põhjamaade aktsiaturgusid?
- Mida tähendab volatiilsus pandeemia ajal investori jaoks?

Uurimisküsimustele vastamiseks modelleeris ja võrdles autor kahe erineva perioodi volatiilsust. Esimene periood on COVIDi-eelne ehk ajavahemik alates 01.01.2017 kuni 31.12.2019 ja teine COVIDi-aegne periood ehk ajavahemik alates 01.01.2020 kuni 19.04.2021.

Uurimisprotsess näitas, et Põhjamaade aktsiaturgude volatiilsuse modelleerimiseks sobivad kõik analüüsitud GARCH tüüpi mudelid ehk tavaline GARCH, EGARCH ja GJR-GARCH. Vaatamata sellele, on väga oluline märkida, et mudelite sobivus sõltub tugevalt analüüsitava perioodist. Modelleerimise protsess ja mudelite diagnostika näitasid, et tavalise ehk enne kriisieelse perioodi modelleerimiseks sobivad nii sümmeetrilised, kui ka asümmeetrilised mudelid. Pandeemia perioodi analüüsimiseks sobivad kõige rohkem EGARCH ja GJR-GARCH mudelid. Klassikaline GARCH (1, 1) ei läbinud mudeli adekvaatsuse hindamise etappe.

Tuleb esile tõsta, et enamus mudelitest ei läbinud normaaljaotuse testi, mis tähendab, et nende jääkliikmed ei ole normaalselt jaotatud. Vaatamata sellele näitas edasine ARCH ja GARCH võrrandide korrektsuse test, et mudelid on õiged ja nende põhjal saab teha järeldusi. Seega annavad esitatud asümmeetrilised EGARCH ja GJR-GARCH mudelid usaldusväärseid tulemusi.

COVIDi-eelse ja COVIDi-aegse perioodi mudelite võrdlus näitas, et iga mudeli asümmeetrilised kordajad on pandeemia perioodil oluliselt suuremad, mis tõestab faktiliselt, et negatiivsed šokid ja

halvad uudised põhjustavad tavalise perioodiga võrreldes suuremat volatiilsust. Statistiliselt olulised ja suhteliselt suured ARCH tunnused näitavad šokkide suuremat mõju tootlusele pandeemia perioodil. Olulised GARCH tunnused näitavad, et mineviku volatiilsus suudab olulises osas prognoosida tuleviku volatiilsust.

Vaatamata sellele, et maailmas püsib senimaani suur teadmatus ja teatud hirm, andis volatiilsuse analüüs selgelt mõista, et teise laine ajal on volatiilsus palju väiksem võrreldes pandeemia alguse perioodiga. Olukord maailmas näitab, et tekkinud on „uus normaalsus“, mis tähendab, et paljud ettevõtted suutsid oma äri digitaliseerida, rakendada interneti kauplemist ja pakkuda uusi lahendusi lockdown`i tingimustes. Volatiilsuse langustrend viitab sellele, et finantsturud suutsid samuti COVIDi tingimustega adapteeruda.

SUMMARY

MODELLING NORDIC STOCK MARKET VOLATILITY DURING THE COVID-19 PANDEMIC BASED ON GARCH MODELS

Semjon Mazurök

Stock prices are always volatile and react to many economic and social factors. Volatility is therefore always a relevant and important indicator for any investor. The COVID-19 pandemic in 2020 was a new and unique situation that affected all areas of activity and aspects of life, including the financial markets. The new global situation also created new patterns of stock market behavior that provoked panic, fear and improper actions on the part of investors, companies and government. This became a reason for emerged uncertainty concerning financial markets behavior during the pandemic and how the COVID-19 pandemic affects financial market volatility. The main goal of this bachelor's thesis is to model the volatility of the Nordic stock market indices during the COVID-19 pandemic and to analyze its effects on the financial markets behavior. The indices of the Swedish, Danish, Finnish and Norwegian stock exchanges were analyzed within the framework of the thesis. In order to achieve the main goal of this thesis, the author raised the following research questions:

- Which GARCH-type models are suitable for modeling the volatility of the Nordic stock markets?
- Do GARCH models provide reliable results?
- How did the COVID-19 pandemic affect the Nordic stock markets in 2020?
- What does the volatility during pandemic mean for the investor?

To answer the aforementioned research questions, the author used the classical approach in volatility modeling, namely GARCH type models. Pioneers in the field of volatility modeling are Engle, who proposed his model of autoregressive conditional heteroskedasticity or ARCH (Engle 1982), and Bollerslev, who supplemented this model and proposed a generalized autoregressive conditional heteroskedasticity model or GARCH (Bollerslev 1986). The main focus was to compare traditional GARCH and asymmetric EGARCH and GJR-GARCH models.

The analysis was based on the closing prices of four stock exchange indices: the Stockholm Stock Exchange index OMXS30, the Copenhagen Stock Exchange index OMXC20, the Helsinki index

OMXH25 and the Oslo index OBX. The analyzed sample was divided into two reference periods: the pre-COVID period that is 01.01.2017 - 31.12.2019, and the COVID period that is 01.01.2020 - 19.04.2021.

The research process showed that all analyzed GARCH type models, that is traditional GARCH, EGARCH and GJR-GARCH, are suitable for modeling the volatility of the Nordic stock markets. Nevertheless, it is very important to note that the suitability of the models strongly depends on the period under analysis. The modeling process and model diagnostics showed that both symmetric and asymmetric models are suitable for modeling the volatility during normal or pre-crisis period. However, the asymmetric models EGARCH and GJR-GARCH suite better for analyzing the pandemic period. The classical GARCH (1, 1) did not go through the steps of assessing the adequacy of the model.

Most of the models did not pass the normal distribution test, that means that model's residuals are not normally distributed. Nevertheless, further testing of the correctness of the ARCH and GARCH equations showed that the models are correct and conclusions can be drawn from them. Consequently, the proposed asymmetric EGARCH and GJR-GARCH models give reliable results.

A comparison of pre-COVID and COVID period models showed that the asymmetric coefficients of each model are significantly higher during the pandemic period, resulting in the fact that negative shocks and negative news lead to higher volatility compared to the normal period. Statistically significant and relatively large characteristics of ARCH terms mean a greater impact of shocks on marker returns during a pandemic period. Significant GARCH terms mean that past volatility can significantly predict future volatility.

Despite the fact that there is still a great deal of uncertainty and some fear in the world, the volatility analysis clearly showed that the volatility during the second wave of COVID-19 pandemic is much lower than the volatility at the beginning of the pandemic. The global situation also shows that a "new normality" has emerged, meaning that many companies have been able to digitize their business, implement online trading and offer new solutions during lockdown. The declining trend in volatility suggests that financial markets were also able to adapt to the COVID-19 pandemic conditions.

KASUTATUD ALLIKAD

- About us. (2021). *Nasdaq Nordic*. Kättesaadav: http://www.nasdaqomxnordic.com/about_us, 05. aprill 2021.
- Andersen, T., Bollerslev, T., Diebold, F., & Labys, P. (2003). *Modeling and Forecasting Realized Volatility*. *Econometrica*, 71(2), 579-625.
- Banton, C. (2020). *Stockholm Stock Exchange (STO) .ST*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/s/stockholmstockexchange.asp>, 05. aprill 2021
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., Ljung, G. M. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, (5th ed). New Jersey: John Willey&Sons, Inc.
- Brooks, C. (2008). *Introductory econometrics for finance*, (2nd ed). Inglismaa, Cambridge university press.
- Brooks, C. (2014). *Introductory econometrics for finance*, (3rd ed). Inglismaa, Cambridge university press.
- Chen, J. (2019). *Copenhagen Stock Exchange (CSE)*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/c/copenhagen-stock-exchange.asp>, 05. aprill 2021
- Chen, J. (2020). *Implied Volatility vs. Historical Volatility: What's the Difference?* Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/articles/investing-strategy/071616/implied-vs-historical-volatility-main-differences.asp>, 25. märts 2021
- Claeson, Mariam, & Hanson, Stefan. (2021). *COVID-19 and the Swedish enigma*. *The Lancet* (British Edition), 397(10271), 259-261.
- Cont, R., & Bouchaud, J. (2000). *Herd behavior and aggregate fluctuations in financial markets*. *Macroeconomic Dynamics*, 4(2), 170-196.
- Cortes, G. S., Weidenmier, M. D. (2019). *Stock Volatility and the Great Depression*. *The Review of Financial Studies*, 32(9), 3544–3570.
- Daly, K. (2008). *Financial volatility: Issues and measuring techniques*. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(11), 2377-2393.
- Downey, L. (2020). *Oslo Stock Exchange (OSL) .OL*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/o/oslobors.asp>, 05. aprill 2021
- Engle, R. F. (1982). *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation*. *Econometrica*, 50(4), 987-1007.

- Engle, R. F. (2001). *GARCH 101: The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics*. *The Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 157-168.
- Engle, R.F, Patton, A.J. (2001). *What good is a volatility model?* *Quantitative Finance*, 1(2), 237-245.
- GDP per capita, current prices. (2021). *IMF*. Kättesaadav: <https://www.imf.org/external/datamapper/PPPPC@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD>, 04. aprill 2021.
- GDP per Capita. (2021). *Worldometers*. Kättesaadav: <https://www.worldometers.info/gdp/gdp-per-capita/>, 04. aprill 2021.
- Glosten, L., Jagannathan, R., & Runkle, D. (1993). *On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks*. *The Journal of Finance*, 48(5), 1779-1801.
- Greene, W. H. (2002). *Econometric analysis* (5th ed). New Jersey: Pearson Education
- Helsinki stock Exchange. (2021). *StockMarkets*. Kättesaadav: <https://www.stockmarkets.com/stock-exchanges/europe/helsinki-stock-exchange/>, 05. aprill 2021
- Kuepper, J. (2021). *Volatility*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/v/volatility.asp>, 14. märts 2021.
- McWhinney, J. (2020). *The Nordic Model: Pros and Cons*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/articles/investing/100714/nordic-model-pros-and-cons.asp>, 04. aprill 2021.
- Nasdaq Nordic. (2021). Kättesaadav: <http://www.nasdaqomxnordic.com> , 23. aprill 2021
- Nelson, D. (1991). *Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach*. *Econometrica*, 59(2), 347-370.
- Oslo Bors. (2021). Kättesaadav: https://www.oslobors.no/ob_eng/Oslo-Boers/?Regula , 23. aprill 2021
- Pindyck, R. S., Rubinfeld, D. L. (1998). *Econometric models and economic forecasts*. Singapur: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Poon, S.H. (2005). *A Practical Guide to Forecasting Financial Market Volatility*. Inglismaa, Chichester: John Willey&Sons Ltd
- Rabemananjara, R., & Zakoian, J. (1993). *Threshold Arch Models and Asymmetries in Volatility*. *Journal of Applied Econometrics*, 8(1), 31-49.
- Sauga, A. (2017). *Õppetegevuse portfoolio*. Kättesaadav: <https://www.sauga.pri.ee/portfoolio/>, 23. aprill 2021

- Schwert, G. William. (1989). *Why Does Stock Market Volatility Change Over Time?* The Journal of Finance, 44(5), 1115–1153.
- Schwert, G. William. (1989). *Business cycles, financial crises, and stock volatility*. Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, 31, 83-125.
- Schwert, G. William. (2011). *Stock Volatility during the Recent Financial Crisis*. European Financial Management, 17, 789-805
- Segal, T. (2021). *What Was the Great Depression?* Kättesaadav: https://www.investopedia.com/terms/g/great_depression.asp, 18. märts 2021.
- Shiller, R. J. (1992). *Market Volatility* (1st ed). Inglismaa, London: The MIT Press
- Singh, M. (2021). *The 2007-2008 Financial Crisis in Review*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/articles/economics/09/financial-crisis-review.asp>, 18. märts 2021.
- The territorial impact of COVID-19: Managing the crisis across levels of government. (2020). *OECD*. Kättesaadav: <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/the-territorial-impact-of-covid-19-managing-the-crisis-across-levels-of-government-d3e314e1/>, 21. märts.2021.
- Uddin, M., Chowdhury, A., Anderson, K., Chaudhuri, K. (2021). *The effect of COVID – 19 pandemic on global stock market volatility: Can economic strength help to manage the uncertainty?* Journal of Business Research, 128, 31-44.
- Wagner, H. (2020). *Why Volatility Is Important for Investors*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/articles/financial-theory/08/volatility.asp>, 14. märts 2021.

LISAD

Lisa 1. OMXS30 ja OMXC20 tulumäärade ruutude Box-Ljung'i testide tulemused perioodide lõikes

LAG	OMXS30				OMXC20			
	Enne COVIDi periood		COVIDi periood		Enne COVIDi periood		COVIDi periood	
	Q-stat.	[p-value]	Q-stat.	[p-value]	Q-stat.	[p-value]	Q-stat.	[p-value]
1	26,863	[0,000]	3,777	[0,052]	0,309	[0,578]	2,937	[0,087]
2	38,722	[0,000]	6,742	[0,034]	9,953	[0,007]	3,780	[0,151]
3	55,900	[0,000]	32,416	[0,000]	9,952	[0,019]	34,145	[0,000]
4	66,167	[0,000]	38,383	[0,000]	18,446	[0,001]	43,606	[0,000]
5	66,841	[0,000]	42,688	[0,000]	18,451	[0,002]	43,662	[0,000]
6	67,322	[0,000]	45,591	[0,000]	20,137	[0,003]	43,965	[0,000]
7	70,220	[0,000]	54,798	[0,000]	20,916	[0,004]	59,321	[0,000]
8	79,055	[0,000]	82,425	[0,000]	22,926	[0,003]	60,963	[0,000]
9	80,322	[0,000]	95,758	[0,000]	23,790	[0,005]	65,703	[0,000]
10	89,090	[0,000]	105,871	[0,000]	24,999	[0,005]	82,562	[0,000]
11	93,205	[0,000]	111,007	[0,000]	25,955	[0,007]	82,605	[0,000]
12	103,358	[0,000]	112,852	[0,000]	26,069	[0,010]	88,012	[0,000]
13	106,670	[0,000]	121,250	[0,000]	32,682	[0,002]	99,351	[0,000]
14	108,365	[0,000]	125,237	[0,000]	32,688	[0,003]	99,353	[0,000]
15	108,747	[0,000]	125,287	[0,000]	34,437	[0,003]	99,411	[0,000]
16	123,889	[0,000]	125,767	[0,000]	34,766	[0,004]	99,774	[0,000]
17	124,640	[0,000]	134,232	[0,000]	38,088	[0,002]	99,941	[0,000]
18	127,016	[0,000]	137,109	[0,000]	38,091	[0,004]	100,277	[0,000]
19	130,244	[0,000]	137,110	[0,000]	38,192	[0,006]	100,341	[0,000]
20	131,375	[0,000]	138,354	[0,000]	40,935	[0,004]	100,588	[0,000]
21	131,438	[0,000]	139,951	[0,000]	41,118	[0,005]	100,588	[0,000]
22	131,446	[0,000]	142,319	[0,000]	42,495	[0,005]	100,649	[0,000]
23	131,448	[0,000]	142,324	[0,000]	43,019	[0,007]	100,834	[0,000]

24	131,895	[0,000]	143,507	[0,000]	44,146	[0,007]	100,844	[0,000]
25	133,059	[0,000]	143,516	[0,000]	44,500	[0,010]	100,860	[0,000]
26	134,328	[0,000]			44,666	[0,013]		
27	134,477	[0,000]			44,945	[0,016]		
28	137,841	[0,000]			45,451	[0,020]		

Lisa 2. OMXH25 ja OBX tulumäärade ruutude Box-Ljung'i testide tulemused perioodide lõikes

LAG	OMXH25				OBX			
	Enne COVIDi periood		COVIDi periood		Enne COVIDi periood		COVIDi periood	
	Q-stat.	[p-value]	Q-stat.	[p-value]	Q-stat.	[p-value]	Q-stat.	[p-value]
1	3,921	[0,048]	4,035	[0,045]	13,620	[0,000]	15,540	[0,000]
2	10,131	[0,006]	15,642	[0,000]	18,070	[0,000]	24,200	[0,000]
3	19,808	[0,000]	55,880	[0,000]	40,373	[0,000]	98,232	[0,000]
4	26,743	[0,000]	62,811	[0,000]	44,573	[0,000]	112,379	[0,000]
5	36,525	[0,000]	78,631	[0,000]	44,809	[0,000]	130,726	[0,000]
6	50,575	[0,000]	82,755	[0,000]	47,700	[0,000]	136,601	[0,000]
7	51,693	[0,000]	89,823	[0,000]	49,021	[0,000]	157,826	[0,000]
8	65,853	[0,000]	113,762	[0,000]	55,210	[0,000]	177,224	[0,000]
9	67,683	[0,000]	125,348	[0,000]	57,500	[0,000]	179,580	[0,000]
10	67,685	[0,000]	133,587	[0,000]	60,360	[0,000]	213,023	[0,000]
11	68,606	[0,000]	145,135	[0,000]	61,756	[0,000]	231,306	[0,000]
12	77,919	[0,000]	148,405	[0,000]	90,298	[0,000]	235,834	[0,000]
13	78,189	[0,000]	162,955	[0,000]	92,959	[0,000]	239,628	[0,000]
14	78,675	[0,000]	166,904	[0,000]	99,494	[0,000]	242,932	[0,000]
15	79,569	[0,000]	166,974	[0,000]	102,266	[0,000]	246,798	[0,000]
16	81,606	[0,000]	168,012	[0,000]	110,993	[0,000]	246,878	[0,000]
17	82,398	[0,000]	172,651	[0,000]	111,125	[0,000]	247,167	[0,000]
18	83,281	[0,000]	175,493	[0,000]	111,147	[0,000]	248,305	[0,000]
19	83,419	[0,000]	175,532	[0,000]	112,060	[0,000]	248,377	[0,000]
20	83,481	[0,000]	176,305	[0,000]	112,842	[0,000]	249,314	[0,000]
21	86,293	[0,000]	176,926	[0,000]	113,162	[0,000]	250,655	[0,000]
22	89,850	[0,000]	180,877	[0,000]	113,239	[0,000]	250,741	[0,000]
23	90,570	[0,000]	180,923	[0,000]	114,333	[0,000]	251,551	[0,000]
24	91,220	[0,000]	181,804	[0,000]	114,547	[0,000]	251,758	[0,000]
25	92,009	[0,000]	182,091	[0,000]	116,053	[0,000]	251,758	[0,000]
26	92,044	[0,000]			122,998	[0,000]		

27	93,641	[0,000]			123,195	[0,000]		
28	93,915	[0,000]			126,978	[0,000]		

Lisa 3. ARMA mudelite võrdlemine perioodide lõikes

Enne COVIDi periood								
	OMXS30		OMXC20		OMXH25		OBX	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
ARMA (0, 0)	1863,22 3	1872,463	1921,939	1926,559	1881,323	1885,943	1908,660	1913,280
ARMA (1, 0)	1864,79 0	1878,650	1924,694	1938,554	1885,145	1899,005	1902,970	1916,831
ARMA (2, 0)	1866,77 7	1885,258	1924,841	1943,321	1886,898	1905,378	1903,769	1922,249
ARMA (0, 1)	1864,79 2	1878,653	1924,805	1938,666	1885,138	1898,998	1902,298	1916,158
ARMA (0, 2)	1866,78 2	1885,263	1924,678	1943,158	1886,858	1905,339	1903,759	1922,239
ARMA (1, 1)	1866,73 1	1885,211	1925,760	1944,240	1883,971	1902,451	1903,748	1922,229
ARMA (1, 2)	1868,14 6	1891,246	1926,248	1949,348	1887,468	1910,569	1903,932	1927,032
ARMA (2, 1)	1868,71 7	1891,817	1926,667	1949,767	1885,919	1909,019	1903,535	1926,636
ARMA (2, 2)	1869,99 4	1897,714	1922,156	1949,877	1883,586	1911,307	1904,580	1932,301
COVIDi periood								
	OMXS30		OMXC20		OMXH25		OBX	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
ARMA (0, 0)	1246,08 5	1253,653	1117,010	1124,578	1243,102	1250,669	1234,794	1242,362
ARMA (1, 0)	1247,00 3	1258,355	1118,128	1129,480	1243,127	1254,478	1235,766	1247,118
ARMA (2, 0)	1248,96 5	1264,101	1117,724	1132,859	1244,491	1259,627	1236,603	1251,783
ARMA (0, 1)	1246,98 6	1258,337	1118,259	1129,611	1243,285	1254,637	1235,880	1247,231
ARMA (0, 2)	1248,98 0	1264,115	1117,844	1132,979	1244,788	1259,923	1236,603	1251,738
ARMA (1, 1)	1248,98 3	1264,118	1118,803	1133,939	1241,421	1256,557	1237,415	1252,550
ARMA (1, 2)	1248,93 0	1267,849	1119,817	1138,736	1243,242	1262,161	1235,200	1254,119
ARMA (2, 1)	1250,96 2	1269,881	1119,700	1138,619	1243,274	1262,193	1235,576	1254,495
ARMA (2, 2)	1244,34 3	1267,046	1121,680	1144,382	1242,042	1264,745	1236,906	1259,609

Lisa 4. ARMA mudelite jääkliikmete Box-Ljung'i testide tulemused enne COVIDi perioodil

Enne COVIDi periood								
	OMXS30		OMXC20		OMXH25		OBX	
	ARMA (0, 0)		ARMA (2, 2)		ARMA (1, 1)		ARMA (0, 1)	
LAG	Q-stat	[p-value]	Q-stat	[p-value]	Q-stat	[p-value]	Q-stat	[p-value]
1	0,4333	[0,510]						
2	0,4494	[0,799]					0,4941	[0,482]
3	0,7961	[0,850]			0,1511	[0,697]	0,5383	[0,764]
4	1,4493	[0,836]			2,465	[0,292]	3,7309	[0,292]
5	1,8828	[0,865]	3,5028	[0,061]	2,4657	[0,482]	5,3031	[0,258]
6	2,048	[0,915]	7,3518	[0,025]	2,8163	[0,589]	5,3695	[0,372]
7	2,5967	[0,920]	8,0783	[0,044]	2,9793	[0,703]	5,6223	[0,467]
8	3,603	[0,891]	9,8772	[0,043]	2,9832	[0,811]	6,0952	[0,529]
9	3,899	[0,918]	11,8762	[0,037]	4,8905	[0,673]	7,0222	[0,534]
10	3,9003	[0,952]	11,9622	[0,063]	5,1404	[0,742]	7,184	[0,618]
11	7,6854	[0,741]	12,0029	[0,100]	6,6562	[0,673]	7,58	[0,670]
12	8,844	[0,716]	13,5866	[0,093]	6,7372	[0,750]	9,5093	[0,575]
13	9,5292	[0,732]	14,0861	[0,119]	9,7538	[0,553]	10,5049	[0,572]
14	12,0692	[0,601]	15,0783	[0,129]	11,2146	[0,511]	11,6109	[0,560]
15	13,0063	[0,602]	19,4258	[0,054]	11,3402	[0,582]	11,738	[0,627]
16	13,1418	[0,662]	22,3098	[0,034]	11,5422	[0,643]	15,3198	[0,429]
17	13,2458	[0,720]	25,3081	[0,021]	11,6006	[0,709]	15,7328	[0,472]
18	13,2687	[0,775]	25,3173	[0,032]	11,6758	[0,766]	15,9373	[0,528]
19	20,2665	[0,379]	25,3955	[0,045]	12,0054	[0,800]	15,9933	[0,593]
20	20,3848	[0,434]	25,4129	[0,063]	12,2198	[0,836]	16,0883	[0,651]
21	20,3863	[0,497]	25,8157	[0,078]	12,7008	[0,854]	16,0888	[0,711]
22	20,3872	[0,559]	25,9742	[0,100]	17,1169	[0,645]	16,4981	[0,741]
23	22,7449	[0,476]	26,1123	[0,127]	17,1169	[0,704]	16,5071	[0,790]
24	26,1521	[0,345]	26,3208	[0,155]	19,2166	[0,632]	17,1432	[0,802]

25	26,3434	[0,389]	27,2181	[0,164]	19,7219	[0,659]	18,5396	[0,776]
26	26,3452	[0,444]	29,6376	[0,128]	27,3931	[0,286]	18,9749	[0,798]
27	27,6523	[0,429]	29,7193	[0,158]	27,8324	[0,316]	19,0937	[0,832]
28	27,6576	[0,483]	30,4675	[0,170]	28,8762	[0,317]	20,1679	[0,824]

Lisa 5. ARMA mudelite jääkliikmete Box-Ljung'i testide tulemused COVIDi perioodil

COVIDi periood								
	OMXS30		OMXC20		OMXH25		OBX	
	ARMA (2, 2)		ARMA (0, 0)		ARMA (1, 1)		ARMA (1, 2)	
LAG	Q-stat	[p-value]	Q-stat	[p-value]	Q-stat	[p-value]	Q-stat	[p-value]
1			0,8911	[0,345]				
2			3,4632	[0,177]				
3			3,4646	[0,325]	0,3096	[0,578]		
4			3,6953	[0,449]	3,9043	[0,142]	0,3338	[0,563]
5	5,7955	[0,016]	3,698	[0,594]	5,942	[0,114]	1,3691	[0,504]
6	6,5185	[0,038]	6,021	[0,421]	10,9917	[0,027]	4,5567	[0,207]
7	10,3407	[0,016]	7,5466	[0,374]	14,5858	[0,012]	6,1229	[0,190]
8	10,637	[0,031]	7,5629	[0,477]	21,1545	[0,002]	9,7877	[0,081]
9	10,639	[0,059]	8,3182	[0,502]	21,2146	[0,003]	10,4739	[0,106]
10	11,6678	[0,070]	8,4386	[0,586]	21,2971	[0,006]	13,6915	[0,057]
11	11,8681	[0,105]	8,4399	[0,673]	21,3841	[0,011]	14,5037	[0,070]
12	12,1504	[0,145]	9,9139	[0,624]	21,9749	[0,015]	15,023	[0,090]
13	15,0778	[0,089]	10,455	[0,656]	25,2411	[0,008]	15,5681	[0,113]
14	15,0882	[0,129]	13,6238	[0,478]	26,3334	[0,010]	16,3092	[0,130]
15	16,7976	[0,114]	13,6852	[0,550]	27,9735	[0,009]	16,4804	[0,170]
16	16,8101	[0,157]	13,798	[0,614]	28,6357	[0,012]	18,0518	[0,156]
17	21,5909	[0,062]	14,1126	[0,659]	31,4996	[0,008]	18,7392	[0,175]
18	27,4415	[0,017]	14,1146	[0,722]	32,4723	[0,009]	20,3297	[0,160]
19	30,6755	[0,010]	14,2712	[0,768]	36,2896	[0,004]	20,4212	[0,202]
20	34,2687	[0,005]	15,3294	[0,757]	37,1047	[0,005]	20,9834	[0,227]
21	46,2886	[0,000]	19,2113	[0,572]	45,8259	[0,001]	20,9866	[0,280]
22	46,7778	[0,000]	22,4615	[0,433]	45,8303	[0,001]	21,0418	[0,334]
23	46,8579	[0,000]	23,7649	[0,417]	46,2814	[0,001]	24,3356	[0,228]
24	47,9798	[0,000]	24,9058	[0,411]	46,3713	[0,002]	24,7904	[0,256]
25	48,0062	[0,001]	26,3601	[0,389]	46,9242	[0,002]	30,087	[0,116]

Lisa 6. ARMA mudelite jääkliikmete ARCH LM test

Period	Indeks	ARMA mudel	LM testi tulemused
Enne COVIDi period	OMXS30	ARMA (0, 0)	Null hypothesis: no ARCH effect is present Test statistic: LM = 46.9797 with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 46.9797) = 5.73591e-09$
	OMXC20	ARMA (2, 2)	Null hypothesis: no ARCH effect is present Test statistic: LM = 13.9007 with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 13.9007) = 0.0162528$
	OMXH25	ARMA (1, 1)	Null hypothesis: no ARCH effect is present Test statistic: LM = 25.2964 with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 25.2964) = 0.00012212$
	OBX	ARMA (0, 1)	Null hypothesis: no ARCH effect is present Test statistic: LM = 22.9783 with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 22.9783) = 0.000340805$
COVIDi period	OMXS30	ARMA (2, 2)	Null hypothesis: no ARCH effect is present Test statistic: LM = 36.7279 with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 36.7279) = 6.79086e-07$
	OMXC20	ARMA (0, 0)	Null hypothesis: no ARCH effect is present Test statistic: LM = 37.9412 with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 37.9412) = 3.87724e-07$
	OMXH25	ARMA (1, 1)	Null hypothesis: no ARCH effect is present Test statistic: LM = 61.7316 with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 61.7316) = 5.32929e-12$
	OBX	ARMA (1, 2)	Null hypothesis: no ARCH effect is present Test statistic: LM = 78.8925 with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 78.8925) = 1.43048e-15$

Lisa 7. GARCH, EGARCH ja GJR-GARCH mudelite võrdlus kahel perioodil

Enne COVIDi periood								
Mudel	OMXS30		OMXC20		OMXH25		OBX	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
GARCH (1, 1)	2,419	2,443	2,558	2,595	2,46	2,497	2,499	2,529
EGARCH (1, 1)	2,376	2,407	2,523	2,566	2,435	2,478	2,468	2,505
EGARCH (1, 2)	2,376	2,413	2,525	2,574	2,438	2,487	2,468	2,511
EGARCH (1, 3)	2,377	2,42	2,517	2,573	2,439	2,495	2,459	2,509
EGARCH (2, 1)	2,379	2,416	2,523	2,572	2,436	2,485	2,467	2,51
EGARCH (2, 2)	2,379	2,422	2,52	2,578	2,438	2,493	2,459	2,508
EGARCH (2, 3)	2,379	2,429	2,523	2,585	2,437	2,499	2,46	2,516
GJR-GARCH (1, 1)	2,358	2,389	2,529	2,569	2,438	2,482	2,48	2,517
GJR-GARCH (1, 2)	2,358	2,395	2,527	2,576	2,44	2,49	2,478	2,521
GJR-GARCH (1, 3)	2,36	2,403	2,529	2,584	2,43	2,486	2,474	2,523
GJR-GARCH (2, 1)	2,36	2,397	2,526	2,575	2,441	2,49	2,477	2,52
GJR-GARCH (2, 2)	2,36	2,404	2,526	2,582	2,444	2,499	2,478	2,527
GJR-GARCH (2, 3)	2,362	2,411	2,529	2,59	2,433	2,494	2,476	2,532
COVIDi periood								
Mudel	OMXS30		OMXC20		OMXH25		OBX	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
GARCH (1, 1)	3,468	3,538	3,31	3,357	3,888	3,458	3,34	3,5
EGARCH (1, 1)	3,364	3,446	3,286	3,345	3,338	3,42	3,378	3,46
EGARCH (1, 2)	3,369	3,462	3,28	3,35	3,344	3,437	3,375	3,468
EGARCH (1, 3)	3,362	3,467	3,28	3,361	3,349	3,454	3,381	3,486
EGARCH (2, 1)	3,349	3,442	3,29	3,36	3,316	3,409	3,372	3,465
EGARCH (2, 2)	3,355	3,456	3,286	3,368	3,319	3,424	3,378	3,482
EGARCH (2, 3)	3,289	3,405	3,268	3,361	3,319	3,436	3,383	3,499
GJR-GARCH (1, 1)	3,314	3,395	3,268	3,326	3,322	3,404	3,379	3,461
GJR-GARCH (1, 2)	3,336	3,429	3,27	3,34	3,325	3,418	3,385	3,478
GJR-GARCH (1, 3)	3,34	3,444	3,276	3,357	3,328	3,433	3,373	3,478
GJR-GARCH (2, 1)	3,322	3,415	3,27	3,341	3,323	3,417	3,394	3,487
GJR-GARCH (2, 2)	3,33	3,435	3,245	3,327	3,329	3,434	3,406	3,511
GJR-GARCH (2, 3)	3,346	3,463	3,252	3,345	3,308	3,425	3,393	3,51

Lisa 8. OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi period)

GARCH (1, 1)	Dependent Variable: R_OMXS30_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 15:27 Sample: 1/03/2017 12/30/2019 Included observations: 750 Convergence achieved after 25 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)				
	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
	C	0.039564	0.028626	1.382091	0.1669
	Variance Equation				
	C	0.033076	0.013336	2.480173	0.0131
	RESID(-1)^2	0.082108	0.021574	3.805813	0.0001
	GARCH(-1)	0.871339	0.034388	25.33839	0.0000
	R-squared	-0.000557	Mean dependent var	0.019844	
	Adjusted R-squared	-0.000557	S.D. dependent var	0.836282	
	S.E. of regression	0.836515	Akaike info criterion	2.418718	
Sum squared resid	524.1177	Schwarz criterion	2.443358		
Log likelihood	-903.0193	Hannan-Quinn criter.	2.428213		
Durbin-Watson stat	1.946252				
EGARCH (1, 1)	Dependent Variable: R_OMXS30_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 15:29 Sample: 1/03/2017 12/30/2019 Included observations: 750 Convergence achieved after 27 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients Presample variance: backcast (parameter = 0.7) LOG(GARCH) = C(2) + C(3)*ABS(RESID(-1))/@SQRT(GARCH(-1))) + C(4)*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(5)*LOG(GARCH(-1))				
	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
	C	0.005890	0.028085	0.209717	0.8339
	Variance Equation				
	C(2)	-0.081193	0.028394	-2.859466	0.0042
	C(3)	0.079073	0.031085	2.543752	0.0110
	C(4)	-0.123585	0.019207	-6.434256	0.0000
	C(5)	0.956810	0.013476	71.00209	0.0000
	R-squared	-0.000279	Mean dependent var	0.019844	
	Adjusted R-squared	-0.000279	S.D. dependent var	0.836282	
S.E. of regression	0.836398	Akaike info criterion	2.375978		
Sum squared resid	523.9721	Schwarz criterion	2.406778		
Log likelihood	-885.9917	Hannan-Quinn criter.	2.387846		
Durbin-Watson stat	1.946793				

Lisa 8 järg. OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi period)

GJR-GARCH (1, 1)	Dependent Variable: R_OMXS30_NA				
	Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)				
	Date: 04/26/21 Time: 15:31				
	Sample: 1/03/2017 12/30/2019				
	Included observations: 750				
	Convergence achieved after 33 iterations				
	Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
	Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
	GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(5)*GARCH(-1)				
	=====				
	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
	C	0.015914	0.027672	0.575095	0.5652
=====					
	Variance Equation				
	C	0.026013	0.005630	4.620695	0.0000
	RESID(-1)^2	-0.068389	0.015372	-4.448952	0.0000
	RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.181470	0.027817	6.523713	0.0000
	GARCH(-1)	0.935364	0.017206	54.36154	0.0000
=====					
	R-squared	-0.000022	Mean dependent var	0.019844	
	Adjusted R-squared	-0.000022	S.D. dependent var	0.836282	
	S.E. of regression	0.836291	Akaike info criterion	2.358199	
	Sum squared resid	523.8377	Schwarz criterion	2.388999	
	Log likelihood	-879.3245	Hannan-Quinn criter.	2.370067	
	Durbin-Watson stat	1.947293			
=====					

Lisa 9. OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi period)

GARCH (1, 1)	Dependent Variable: R_OMXS30_NA																							
	Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)																							
	Date: 04/26/21 Time: 15:55																							
	Sample: 1/02/2020 4/19/2021																							
	Included observations: 325																							
	Convergence achieved after 33 iterations																							
	Coefficient covariance computed using outer product of gradients																							
	MA Backcast: 12/27/2019 12/30/2019																							
	Presample variance: backcast (parameter = 0.7)																							
	GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*GARCH(-1)																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Variable</th> <th style="width: 20%;">Coefficient</th> <th style="width: 20%;">Std. Error</th> <th style="width: 20%;">z-Statistic</th> <th style="width: 20%;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td>0.127892</td> <td>0.063641</td> <td>2.009584</td> <td>0.0445</td> </tr> <tr> <td>AR(2)</td> <td>0.667227</td> <td>0.279627</td> <td>2.386134</td> <td>0.0170</td> </tr> <tr> <td>MA(2)</td> <td>-0.728604</td> <td>0.255193</td> <td>-2.855108</td> <td>0.0043</td> </tr> </tbody> </table>					Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.127892	0.063641	2.009584	0.0445	AR(2)	0.667227	0.279627	2.386134	0.0170	MA(2)	-0.728604	0.255193	-2.855108	0.0043
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																				
C	0.127892	0.063641	2.009584	0.0445																				
AR(2)	0.667227	0.279627	2.386134	0.0170																				
MA(2)	-0.728604	0.255193	-2.855108	0.0043																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Variance Equation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td>0.061842</td> <td>0.025960</td> <td>2.382234</td> <td>0.0172</td> </tr> <tr> <td>RESID(-1)^2</td> <td>0.103494</td> <td>0.020365</td> <td>5.081930</td> <td>0.0000</td> </tr> <tr> <td>GARCH(-1)</td> <td>0.872265</td> <td>0.030104</td> <td>28.97482</td> <td>0.0000</td> </tr> </tbody> </table>					Variance Equation					C	0.061842	0.025960	2.382234	0.0172	RESID(-1)^2	0.103494	0.020365	5.081930	0.0000	GARCH(-1)	0.872265	0.030104	28.97482	0.0000
Variance Equation																								
C	0.061842	0.025960	2.382234	0.0172																				
RESID(-1)^2	0.103494	0.020365	5.081930	0.0000																				
GARCH(-1)	0.872265	0.030104	28.97482	0.0000																				
R-squared		-0.002908	Mean dependent var	0.074547																				
Adjusted R-squared		-0.009137	S.D. dependent var	1.638044																				
S.E. of regression		1.645511	Akaike info criterion	3.468070																				
Sum squared resid		871.8810	Schwarz criterion	3.537925																				
Log likelihood		-557.5614	Hannan-Quinn criter.	3.495950																				
Durbin-Watson stat		2.078147																						

Lisa 9 järg. OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi period)

EGARCH (2, 3)	Dependent Variable: R_OMXS30_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 15:56 Sample: 1/02/2020 4/19/2021 Included observations: 325 Convergence achieved after 74 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 12/27/2019 12/30/2019 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) $\text{LOG}(\text{GARCH}) = \text{C}(4) + \text{C}(5) * \text{ABS}(\text{RESID}(-1)) / \text{SQRT}(\text{GARCH}(-1)) + \text{C}(6) * \text{ABS}(\text{RESID}(-2)) / \text{SQRT}(\text{GARCH}(-2)) + \text{C}(7) * \text{RESID}(-1) / \text{SQRT}(\text{GARCH}(-1)) + \text{C}(8) * \text{LOG}(\text{GARCH}(-1)) + \text{C}(9) * \text{LOG}(\text{GARCH}(-2)) + \text{C}(10) * \text{LOG}(\text{GARCH}(-3))$																								
	<hr/> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.060120</td> <td style="text-align: center;">0.061619</td> <td style="text-align: center;">0.975668</td> <td style="text-align: center;">0.3292</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(2)</td> <td style="text-align: center;">0.491186</td> <td style="text-align: center;">0.173204</td> <td style="text-align: center;">2.835881</td> <td style="text-align: center;">0.0046</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(2)</td> <td style="text-align: center;">-0.481629</td> <td style="text-align: center;">0.177244</td> <td style="text-align: center;">-2.717318</td> <td style="text-align: center;">0.0066</td> </tr> </tbody> </table> <hr/>					Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.060120	0.061619	0.975668	0.3292	AR(2)	0.491186	0.173204	2.835881	0.0046	MA(2)	-0.481629	0.177244	-2.717318	0.0066
	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																				
	C	0.060120	0.061619	0.975668	0.3292																				
	AR(2)	0.491186	0.173204	2.835881	0.0046																				
	MA(2)	-0.481629	0.177244	-2.717318	0.0066																				
	Variance Equation																								
	C(4)	-0.106308	0.054095	-1.965220	0.0494																				
	C(5)	-0.276959	0.091096	-3.040292	0.0024																				
	C(6)	0.443555	0.096975	4.573919	0.0000																				
C(7)	-0.296378	0.049643	-5.970226	0.0000																					
C(8)	1.306667	0.122601	10.65792	0.0000																					
C(9)	-0.989718	0.170773	-5.795530	0.0000																					
C(10)	0.638256	0.068511	9.316147	0.0000																					
R-squared	0.003837	Mean dependent var	0.074547																						
Adjusted R-squared	-0.002350	S.D. dependent var	1.638044																						
S.E. of regression	1.639967	Akaike info criterion	3.288568																						
Sum squared resid	866.0168	Schwarz criterion	3.404994																						
Log likelihood	-524.3923	Hannan-Quinn criter.	3.335034																						
Durbin-Watson stat	2.106377																								

Lisa 9 järg. OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi period)

GJR-GARCH (1, 1)	Dependent Variable: R_OMXS30_NA				
	Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)				
	Date: 04/26/21 Time: 15:57				
	Sample: 1/02/2020 4/19/2021				
	Included observations: 325				
	Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 78 iterations				
	Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
	MA Backcast: 12/27/2019 12/30/2019				
	Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
	GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(7)*GARCH(-1)				

	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
	C	0.001744	0.037904	0.046014	0.9633
	AR(2)	0.160739	0.136101	1.181027	0.2376
	MA(2)	-0.051522	0.157572	-0.326975	0.7437

	Variance Equation				
	C	0.041806	0.005031	8.309905	0.0000
	RESID(-1)^2	-0.136957	0.000666	-205.7790	0.0000
	RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.208241	9.83E-05	2119.312	0.0000
	GARCH(-1)	1.006657	0.000207	4867.733	0.0000

	R-squared	-0.013398	Mean dependent var	0.074547	
	Adjusted R-squared	-0.019692	S.D. dependent var	1.638044	
	S.E. of regression	1.654094	Akaike info criterion	3.313607	
	Sum squared resid	881.0006	Schwarz criterion	3.395105	
	Log likelihood	-531.4611	Hannan-Quinn criter.	3.346133	
	Durbin-Watson stat	2.096780			

Lisa 10. OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi perioodi)

<p>GARCH (1, 1)</p>	<p>Dependent Variable: R_OMXC20_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 15:34 Sample (adjusted): 1/05/2017 12/30/2019 Included observations: 748 after adjustments Convergence achieved after 35 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 1/03/2017 1/04/2017 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*GARCH(-1)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.034846</td> <td style="text-align: center;">0.034775</td> <td style="text-align: center;">1.002035</td> <td style="text-align: center;">0.3163</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(2)</td> <td style="text-align: center;">-0.418803</td> <td style="text-align: center;">0.362668</td> <td style="text-align: center;">-1.154785</td> <td style="text-align: center;">0.2482</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(2)</td> <td style="text-align: center;">0.482397</td> <td style="text-align: center;">0.350358</td> <td style="text-align: center;">1.376870</td> <td style="text-align: center;">0.1686</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.028973</td> <td style="text-align: center;">0.022474</td> <td style="text-align: center;">1.289153</td> <td style="text-align: center;">0.1973</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RESID(-1)^2</td> <td style="text-align: center;">0.020222</td> <td style="text-align: center;">0.010299</td> <td style="text-align: center;">1.963564</td> <td style="text-align: center;">0.0496</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GARCH(-1)</td> <td style="text-align: center;">0.941379</td> <td style="text-align: center;">0.037814</td> <td style="text-align: center;">24.89531</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">0.006178</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.032384</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">0.003510</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.871572</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">0.870041</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">2.558254</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">563.9438</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">2.595292</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-950.7870</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">2.572527</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">2.069967</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.034846	0.034775	1.002035	0.3163	AR(2)	-0.418803	0.362668	-1.154785	0.2482	MA(2)	0.482397	0.350358	1.376870	0.1686	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.028973	0.022474	1.289153	0.1973	RESID(-1)^2	0.020222	0.010299	1.963564	0.0496	GARCH(-1)	0.941379	0.037814	24.89531	0.0000	R-squared	0.006178	Mean dependent var	0.032384	Adjusted R-squared	0.003510	S.D. dependent var	0.871572	S.E. of regression	0.870041	Akaike info criterion	2.558254	Sum squared resid	563.9438	Schwarz criterion	2.595292	Log likelihood	-950.7870	Hannan-Quinn criter.	2.572527	Durbin-Watson stat	2.069967																	
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																												
C	0.034846	0.034775	1.002035	0.3163																																																																												
AR(2)	-0.418803	0.362668	-1.154785	0.2482																																																																												
MA(2)	0.482397	0.350358	1.376870	0.1686																																																																												
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																												
C	0.028973	0.022474	1.289153	0.1973																																																																												
RESID(-1)^2	0.020222	0.010299	1.963564	0.0496																																																																												
GARCH(-1)	0.941379	0.037814	24.89531	0.0000																																																																												
R-squared	0.006178	Mean dependent var	0.032384																																																																													
Adjusted R-squared	0.003510	S.D. dependent var	0.871572																																																																													
S.E. of regression	0.870041	Akaike info criterion	2.558254																																																																													
Sum squared resid	563.9438	Schwarz criterion	2.595292																																																																													
Log likelihood	-950.7870	Hannan-Quinn criter.	2.572527																																																																													
Durbin-Watson stat	2.069967																																																																															
<p>EGARCH (2, 2)</p>	<p>Dependent Variable: R_OMXC20_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 15:35 Sample (adjusted): 1/05/2017 12/30/2019 Included observations: 748 after adjustments Convergence achieved after 44 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 1/03/2017 1/04/2017 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) LOG(GARCH) = C(4) + C(5)*ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))) + C(6) *ABS(RESID(-2)/@SQRT(GARCH(-2))) + C(7)*RESID(-1) /@SQRT(GARCH(-1)) + C(8)*LOG(GARCH(-1)) + C(9)*LOG(GARCH(-2))</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.011315</td> <td style="text-align: center;">0.032405</td> <td style="text-align: center;">0.349177</td> <td style="text-align: center;">0.7270</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(2)</td> <td style="text-align: center;">-0.420861</td> <td style="text-align: center;">0.410628</td> <td style="text-align: center;">-1.024433</td> <td style="text-align: center;">0.3056</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(2)</td> <td style="text-align: center;">0.467537</td> <td style="text-align: center;">0.400905</td> <td style="text-align: center;">1.166203</td> <td style="text-align: center;">0.2435</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C(4)</td> <td style="text-align: center;">-0.016909</td> <td style="text-align: center;">0.014943</td> <td style="text-align: center;">-1.131527</td> <td style="text-align: center;">0.2578</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(5)</td> <td style="text-align: center;">-0.166986</td> <td style="text-align: center;">0.076175</td> <td style="text-align: center;">-2.192135</td> <td style="text-align: center;">0.0284</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(6)</td> <td style="text-align: center;">0.173617</td> <td style="text-align: center;">0.079389</td> <td style="text-align: center;">2.186919</td> <td style="text-align: center;">0.0287</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(7)</td> <td style="text-align: center;">-0.138882</td> <td style="text-align: center;">0.028421</td> <td style="text-align: center;">-4.886643</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(8)</td> <td style="text-align: center;">0.388590</td> <td style="text-align: center;">0.185620</td> <td style="text-align: center;">2.093475</td> <td style="text-align: center;">0.0363</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(9)</td> <td style="text-align: center;">0.572787</td> <td style="text-align: center;">0.183475</td> <td style="text-align: center;">3.121885</td> <td style="text-align: center;">0.0018</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">0.005091</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.032384</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">0.002420</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.871572</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">0.870517</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">2.520222</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">564.5608</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">2.575779</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-933.5631</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">2.541632</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">2.070946</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.011315	0.032405	0.349177	0.7270	AR(2)	-0.420861	0.410628	-1.024433	0.3056	MA(2)	0.467537	0.400905	1.166203	0.2435	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C(4)	-0.016909	0.014943	-1.131527	0.2578	C(5)	-0.166986	0.076175	-2.192135	0.0284	C(6)	0.173617	0.079389	2.186919	0.0287	C(7)	-0.138882	0.028421	-4.886643	0.0000	C(8)	0.388590	0.185620	2.093475	0.0363	C(9)	0.572787	0.183475	3.121885	0.0018	R-squared	0.005091	Mean dependent var	0.032384	Adjusted R-squared	0.002420	S.D. dependent var	0.871572	S.E. of regression	0.870517	Akaike info criterion	2.520222	Sum squared resid	564.5608	Schwarz criterion	2.575779	Log likelihood	-933.5631	Hannan-Quinn criter.	2.541632	Durbin-Watson stat	2.070946		
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																												
C	0.011315	0.032405	0.349177	0.7270																																																																												
AR(2)	-0.420861	0.410628	-1.024433	0.3056																																																																												
MA(2)	0.467537	0.400905	1.166203	0.2435																																																																												
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																												
C(4)	-0.016909	0.014943	-1.131527	0.2578																																																																												
C(5)	-0.166986	0.076175	-2.192135	0.0284																																																																												
C(6)	0.173617	0.079389	2.186919	0.0287																																																																												
C(7)	-0.138882	0.028421	-4.886643	0.0000																																																																												
C(8)	0.388590	0.185620	2.093475	0.0363																																																																												
C(9)	0.572787	0.183475	3.121885	0.0018																																																																												
R-squared	0.005091	Mean dependent var	0.032384																																																																													
Adjusted R-squared	0.002420	S.D. dependent var	0.871572																																																																													
S.E. of regression	0.870517	Akaike info criterion	2.520222																																																																													
Sum squared resid	564.5608	Schwarz criterion	2.575779																																																																													
Log likelihood	-933.5631	Hannan-Quinn criter.	2.541632																																																																													
Durbin-Watson stat	2.070946																																																																															

Lisa 10 järg. OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi perioodi)

GJR-GARCH (1, 1)	Dependent Variable: R_OMXC20_NA				
	Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)				
	Date: 04/26/21 Time: 15:37				
	Sample (adjusted): 1/05/2017 12/30/2019				
	Included observations: 748 after adjustments				
	Convergence achieved after 51 iterations				
	Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
	MA Backcast: 1/03/2017 1/04/2017				
	Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
	GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(7)*GARCH(-1)				

Variable Coefficient Std. Error z-Statistic Prob.					

C 0.022320 0.032935 0.677681 0.4980					
AR(2) -0.443118 0.483040 -0.917352 0.3590					
MA(2) 0.482649 0.473593 1.019122 0.3081					

Variance Equation					

C 0.017129 0.005776 2.965383 0.0030					
RESID(-1)^2 -0.041440 0.008980 -4.614863 0.0000					
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) 0.082524 0.019433 4.246625 0.0000					
GARCH(-1) 0.974867 0.009402 103.6854 0.0000					

R-squared 0.005041 Mean dependent var 0.032384					
Adjusted R-squared 0.002370 S.D. dependent var 0.871572					
S.E. of regression 0.870539 Akaike info criterion 2.525954					
Sum squared resid 564.5890 Schwarz criterion 2.569165					
Log likelihood -937.7070 Hannan-Quinn criter. 2.542607					
Durbin-Watson stat 2.072864					

Lisa 11. OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi period)

<p>GARCH (1, 1)</p>	<p>Dependent Variable: R_OMXC20_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 16:02 Sample: 1/02/2020 4/19/2021 Included observations: 325 Convergence achieved after 25 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.131845</td> <td style="text-align: center;">0.070053</td> <td style="text-align: center;">1.882083</td> <td style="text-align: center;">0.0598</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.214385</td> <td style="text-align: center;">0.114820</td> <td style="text-align: center;">1.867142</td> <td style="text-align: center;">0.0619</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RESID(-1)^2</td> <td style="text-align: center;">0.142043</td> <td style="text-align: center;">0.063044</td> <td style="text-align: center;">2.253085</td> <td style="text-align: center;">0.0243</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GARCH(-1)</td> <td style="text-align: center;">0.732381</td> <td style="text-align: center;">0.122173</td> <td style="text-align: center;">5.994625</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.001065</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.088087</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.001065</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">1.343027</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">1.343742</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">3.310281</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">585.0278</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">3.356852</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-533.9207</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">3.328868</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">1.893225</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.131845	0.070053	1.882083	0.0598	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.214385	0.114820	1.867142	0.0619	RESID(-1)^2	0.142043	0.063044	2.253085	0.0243	GARCH(-1)	0.732381	0.122173	5.994625	0.0000	R-squared	-0.001065	Mean dependent var	0.088087	Adjusted R-squared	-0.001065	S.D. dependent var	1.343027	S.E. of regression	1.343742	Akaike info criterion	3.310281	Sum squared resid	585.0278	Schwarz criterion	3.356852	Log likelihood	-533.9207	Hannan-Quinn criter.	3.328868	Durbin-Watson stat	1.893225							
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																								
C	0.131845	0.070053	1.882083	0.0598																																																								
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																								
C	0.214385	0.114820	1.867142	0.0619																																																								
RESID(-1)^2	0.142043	0.063044	2.253085	0.0243																																																								
GARCH(-1)	0.732381	0.122173	5.994625	0.0000																																																								
R-squared	-0.001065	Mean dependent var	0.088087																																																									
Adjusted R-squared	-0.001065	S.D. dependent var	1.343027																																																									
S.E. of regression	1.343742	Akaike info criterion	3.310281																																																									
Sum squared resid	585.0278	Schwarz criterion	3.356852																																																									
Log likelihood	-533.9207	Hannan-Quinn criter.	3.328868																																																									
Durbin-Watson stat	1.893225																																																											
<p>GJR-GARCH (1, 1)</p>	<p>Dependent Variable: R_OMXC20_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 16:04 Sample: 1/02/2020 4/19/2021 Included observations: 325 Convergence achieved after 31 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(5)*GARCH(-1)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.065811</td> <td style="text-align: center;">0.069083</td> <td style="text-align: center;">0.952634</td> <td style="text-align: center;">0.3408</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.139035</td> <td style="text-align: center;">0.041312</td> <td style="text-align: center;">3.365474</td> <td style="text-align: center;">0.0008</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RESID(-1)^2</td> <td style="text-align: center;">-0.080292</td> <td style="text-align: center;">0.030548</td> <td style="text-align: center;">-2.628381</td> <td style="text-align: center;">0.0086</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)</td> <td style="text-align: center;">0.204571</td> <td style="text-align: center;">0.042358</td> <td style="text-align: center;">4.829531</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GARCH(-1)</td> <td style="text-align: center;">0.888749</td> <td style="text-align: center;">0.047213</td> <td style="text-align: center;">18.82424</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.000276</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.088087</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.000276</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">1.343027</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">1.343212</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">3.267697</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">584.5668</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">3.325909</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-526.0007</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">3.290929</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">1.894718</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.065811	0.069083	0.952634	0.3408	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.139035	0.041312	3.365474	0.0008	RESID(-1)^2	-0.080292	0.030548	-2.628381	0.0086	RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.204571	0.042358	4.829531	0.0000	GARCH(-1)	0.888749	0.047213	18.82424	0.0000	R-squared	-0.000276	Mean dependent var	0.088087	Adjusted R-squared	-0.000276	S.D. dependent var	1.343027	S.E. of regression	1.343212	Akaike info criterion	3.267697	Sum squared resid	584.5668	Schwarz criterion	3.325909	Log likelihood	-526.0007	Hannan-Quinn criter.	3.290929	Durbin-Watson stat	1.894718		
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																								
C	0.065811	0.069083	0.952634	0.3408																																																								
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																								
C	0.139035	0.041312	3.365474	0.0008																																																								
RESID(-1)^2	-0.080292	0.030548	-2.628381	0.0086																																																								
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.204571	0.042358	4.829531	0.0000																																																								
GARCH(-1)	0.888749	0.047213	18.82424	0.0000																																																								
R-squared	-0.000276	Mean dependent var	0.088087																																																									
Adjusted R-squared	-0.000276	S.D. dependent var	1.343027																																																									
S.E. of regression	1.343212	Akaike info criterion	3.267697																																																									
Sum squared resid	584.5668	Schwarz criterion	3.325909																																																									
Log likelihood	-526.0007	Hannan-Quinn criter.	3.290929																																																									
Durbin-Watson stat	1.894718																																																											

Lisa 12. OMXH25 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi period)

<p>GARCH (1, 1)</p>	<p>Dependent Variable: R_OMXH25_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 15:42 Sample (adjusted): 1/04/2017 12/30/2019 Included observations: 749 after adjustments Convergence achieved after 41 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 1/03/2017 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*GARCH(-1)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.034071</td> <td style="text-align: center;">0.028769</td> <td style="text-align: center;">1.184311</td> <td style="text-align: center;">0.2363</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(1)</td> <td style="text-align: center;">-0.674570</td> <td style="text-align: center;">0.446914</td> <td style="text-align: center;">-1.509397</td> <td style="text-align: center;">0.1312</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(1)</td> <td style="text-align: center;">0.704627</td> <td style="text-align: center;">0.430065</td> <td style="text-align: center;">1.638418</td> <td style="text-align: center;">0.1013</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.032003</td> <td style="text-align: center;">0.013591</td> <td style="text-align: center;">2.354765</td> <td style="text-align: center;">0.0185</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RESID(-1)^2</td> <td style="text-align: center;">0.085564</td> <td style="text-align: center;">0.025926</td> <td style="text-align: center;">3.300362</td> <td style="text-align: center;">0.0010</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GARCH(-1)</td> <td style="text-align: center;">0.871654</td> <td style="text-align: center;">0.037263</td> <td style="text-align: center;">23.39173</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">0.001235</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.016732</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.001443</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.848130</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">0.848742</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">2.459618</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">537.3903</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">2.496617</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-915.1268</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">2.473875</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">2.023620</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.034071	0.028769	1.184311	0.2363	AR(1)	-0.674570	0.446914	-1.509397	0.1312	MA(1)	0.704627	0.430065	1.638418	0.1013	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.032003	0.013591	2.354765	0.0185	RESID(-1)^2	0.085564	0.025926	3.300362	0.0010	GARCH(-1)	0.871654	0.037263	23.39173	0.0000	R-squared	0.001235	Mean dependent var	0.016732	Adjusted R-squared	-0.001443	S.D. dependent var	0.848130	S.E. of regression	0.848742	Akaike info criterion	2.459618	Sum squared resid	537.3903	Schwarz criterion	2.496617	Log likelihood	-915.1268	Hannan-Quinn criter.	2.473875	Durbin-Watson stat	2.023620							
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																		
C	0.034071	0.028769	1.184311	0.2363																																																																		
AR(1)	-0.674570	0.446914	-1.509397	0.1312																																																																		
MA(1)	0.704627	0.430065	1.638418	0.1013																																																																		
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																		
C	0.032003	0.013591	2.354765	0.0185																																																																		
RESID(-1)^2	0.085564	0.025926	3.300362	0.0010																																																																		
GARCH(-1)	0.871654	0.037263	23.39173	0.0000																																																																		
R-squared	0.001235	Mean dependent var	0.016732																																																																			
Adjusted R-squared	-0.001443	S.D. dependent var	0.848130																																																																			
S.E. of regression	0.848742	Akaike info criterion	2.459618																																																																			
Sum squared resid	537.3903	Schwarz criterion	2.496617																																																																			
Log likelihood	-915.1268	Hannan-Quinn criter.	2.473875																																																																			
Durbin-Watson stat	2.023620																																																																					
<p>EGARCH (1, 1)</p>	<p>Dependent Variable: R_OMXH25_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 15:44 Sample (adjusted): 1/04/2017 12/30/2019 Included observations: 749 after adjustments Convergence achieved after 47 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 1/03/2017 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) LOG(GARCH) = C(4) + C(5)*ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))) + C(6)*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(7)*LOG(GARCH(-1))</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">-0.003468</td> <td style="text-align: center;">0.030885</td> <td style="text-align: center;">-0.112285</td> <td style="text-align: center;">0.9106</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(1)</td> <td style="text-align: center;">0.089619</td> <td style="text-align: center;">1.217221</td> <td style="text-align: center;">0.073625</td> <td style="text-align: center;">0.9413</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(1)</td> <td style="text-align: center;">-0.058682</td> <td style="text-align: center;">1.220835</td> <td style="text-align: center;">-0.048067</td> <td style="text-align: center;">0.9617</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C(4)</td> <td style="text-align: center;">-0.130849</td> <td style="text-align: center;">0.043232</td> <td style="text-align: center;">-3.026683</td> <td style="text-align: center;">0.0025</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(5)</td> <td style="text-align: center;">0.126311</td> <td style="text-align: center;">0.047322</td> <td style="text-align: center;">2.669178</td> <td style="text-align: center;">0.0076</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(6)</td> <td style="text-align: center;">-0.139329</td> <td style="text-align: center;">0.031540</td> <td style="text-align: center;">-4.417576</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(7)</td> <td style="text-align: center;">0.920149</td> <td style="text-align: center;">0.022814</td> <td style="text-align: center;">40.33238</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.000601</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.016732</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.003284</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.848130</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">0.849521</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">2.435026</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">538.3782</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">2.478192</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-904.9172</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">2.451660</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">2.027319</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	-0.003468	0.030885	-0.112285	0.9106	AR(1)	0.089619	1.217221	0.073625	0.9413	MA(1)	-0.058682	1.220835	-0.048067	0.9617	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C(4)	-0.130849	0.043232	-3.026683	0.0025	C(5)	0.126311	0.047322	2.669178	0.0076	C(6)	-0.139329	0.031540	-4.417576	0.0000	C(7)	0.920149	0.022814	40.33238	0.0000	R-squared	-0.000601	Mean dependent var	0.016732	Adjusted R-squared	-0.003284	S.D. dependent var	0.848130	S.E. of regression	0.849521	Akaike info criterion	2.435026	Sum squared resid	538.3782	Schwarz criterion	2.478192	Log likelihood	-904.9172	Hannan-Quinn criter.	2.451660	Durbin-Watson stat	2.027319		
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																		
C	-0.003468	0.030885	-0.112285	0.9106																																																																		
AR(1)	0.089619	1.217221	0.073625	0.9413																																																																		
MA(1)	-0.058682	1.220835	-0.048067	0.9617																																																																		
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																		
C(4)	-0.130849	0.043232	-3.026683	0.0025																																																																		
C(5)	0.126311	0.047322	2.669178	0.0076																																																																		
C(6)	-0.139329	0.031540	-4.417576	0.0000																																																																		
C(7)	0.920149	0.022814	40.33238	0.0000																																																																		
R-squared	-0.000601	Mean dependent var	0.016732																																																																			
Adjusted R-squared	-0.003284	S.D. dependent var	0.848130																																																																			
S.E. of regression	0.849521	Akaike info criterion	2.435026																																																																			
Sum squared resid	538.3782	Schwarz criterion	2.478192																																																																			
Log likelihood	-904.9172	Hannan-Quinn criter.	2.451660																																																																			
Durbin-Watson stat	2.027319																																																																					

Lisa 13. OMXH25 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi period)

<p>GARCH (1, 1)</p>	<p>Dependent Variable: R_OMXH25_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 16:06 Sample: 1/02/2020 4/19/2021 Included observations: 325 Convergence achieved after 45 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 12/30/2019 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*GARCH(-1)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.117661</td> <td style="text-align: center;">0.069628</td> <td style="text-align: center;">1.689852</td> <td style="text-align: center;">0.0911</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(1)</td> <td style="text-align: center;">-0.627862</td> <td style="text-align: center;">0.368784</td> <td style="text-align: center;">-1.702518</td> <td style="text-align: center;">0.0887</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(1)</td> <td style="text-align: center;">0.598206</td> <td style="text-align: center;">0.380271</td> <td style="text-align: center;">1.573103</td> <td style="text-align: center;">0.1157</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.065967</td> <td style="text-align: center;">0.024745</td> <td style="text-align: center;">2.665887</td> <td style="text-align: center;">0.0077</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RESID(-1)^2</td> <td style="text-align: center;">0.123840</td> <td style="text-align: center;">0.023832</td> <td style="text-align: center;">5.196448</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GARCH(-1)</td> <td style="text-align: center;">0.848852</td> <td style="text-align: center;">0.030095</td> <td style="text-align: center;">28.20588</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.004596</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.059803</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.010836</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">1.630542</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">1.639352</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">3.387825</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">865.3674</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">3.457680</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-544.5216</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">3.415704</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">1.783840</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.117661	0.069628	1.689852	0.0911	AR(1)	-0.627862	0.368784	-1.702518	0.0887	MA(1)	0.598206	0.380271	1.573103	0.1157	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.065967	0.024745	2.665887	0.0077	RESID(-1)^2	0.123840	0.023832	5.196448	0.0000	GARCH(-1)	0.848852	0.030095	28.20588	0.0000	R-squared	-0.004596	Mean dependent var	0.059803	Adjusted R-squared	-0.010836	S.D. dependent var	1.630542	S.E. of regression	1.639352	Akaike info criterion	3.387825	Sum squared resid	865.3674	Schwarz criterion	3.457680	Log likelihood	-544.5216	Hannan-Quinn criter.	3.415704	Durbin-Watson stat	1.783840												
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																							
C	0.117661	0.069628	1.689852	0.0911																																																																							
AR(1)	-0.627862	0.368784	-1.702518	0.0887																																																																							
MA(1)	0.598206	0.380271	1.573103	0.1157																																																																							
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																							
C	0.065967	0.024745	2.665887	0.0077																																																																							
RESID(-1)^2	0.123840	0.023832	5.196448	0.0000																																																																							
GARCH(-1)	0.848852	0.030095	28.20588	0.0000																																																																							
R-squared	-0.004596	Mean dependent var	0.059803																																																																								
Adjusted R-squared	-0.010836	S.D. dependent var	1.630542																																																																								
S.E. of regression	1.639352	Akaike info criterion	3.387825																																																																								
Sum squared resid	865.3674	Schwarz criterion	3.457680																																																																								
Log likelihood	-544.5216	Hannan-Quinn criter.	3.415704																																																																								
Durbin-Watson stat	1.783840																																																																										
<p>EGARCH (2, 1)</p>	<p>Dependent Variable: R_OMXH25_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 16:08 Sample: 1/02/2020 4/19/2021 Included observations: 325 Convergence achieved after 86 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 12/30/2019 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) LOG(GARCH) = C(4) + C(5)*ABS(RESID(-1))/@SQRT(GARCH(-1))) + C(6) *ABS(RESID(-2))/@SQRT(GARCH(-2))) + C(7)*RESID(-1) /@SQRT(GARCH(-1)) + C(8)*LOG(GARCH(-1))</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.082213</td> <td style="text-align: center;">0.061085</td> <td style="text-align: center;">1.345886</td> <td style="text-align: center;">0.1783</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(1)</td> <td style="text-align: center;">-0.621066</td> <td style="text-align: center;">0.315205</td> <td style="text-align: center;">-1.970353</td> <td style="text-align: center;">0.0488</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(1)</td> <td style="text-align: center;">0.617275</td> <td style="text-align: center;">0.315188</td> <td style="text-align: center;">1.958436</td> <td style="text-align: center;">0.0502</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C(4)</td> <td style="text-align: center;">-0.111911</td> <td style="text-align: center;">0.035892</td> <td style="text-align: center;">-3.118018</td> <td style="text-align: center;">0.0018</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(5)</td> <td style="text-align: center;">-0.237628</td> <td style="text-align: center;">0.101645</td> <td style="text-align: center;">-2.337816</td> <td style="text-align: center;">0.0194</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(6)</td> <td style="text-align: center;">0.400331</td> <td style="text-align: center;">0.106952</td> <td style="text-align: center;">3.743086</td> <td style="text-align: center;">0.0002</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(7)</td> <td style="text-align: center;">-0.176631</td> <td style="text-align: center;">0.029036</td> <td style="text-align: center;">-6.083281</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(8)</td> <td style="text-align: center;">0.967182</td> <td style="text-align: center;">0.009885</td> <td style="text-align: center;">97.84087</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">0.001275</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.059803</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.004928</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">1.630542</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">1.634555</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">3.315527</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">860.3098</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">3.408668</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-530.7732</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">3.352700</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">1.834157</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.082213	0.061085	1.345886	0.1783	AR(1)	-0.621066	0.315205	-1.970353	0.0488	MA(1)	0.617275	0.315188	1.958436	0.0502	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C(4)	-0.111911	0.035892	-3.118018	0.0018	C(5)	-0.237628	0.101645	-2.337816	0.0194	C(6)	0.400331	0.106952	3.743086	0.0002	C(7)	-0.176631	0.029036	-6.083281	0.0000	C(8)	0.967182	0.009885	97.84087	0.0000	R-squared	0.001275	Mean dependent var	0.059803	Adjusted R-squared	-0.004928	S.D. dependent var	1.630542	S.E. of regression	1.634555	Akaike info criterion	3.315527	Sum squared resid	860.3098	Schwarz criterion	3.408668	Log likelihood	-530.7732	Hannan-Quinn criter.	3.352700	Durbin-Watson stat	1.834157		
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																							
C	0.082213	0.061085	1.345886	0.1783																																																																							
AR(1)	-0.621066	0.315205	-1.970353	0.0488																																																																							
MA(1)	0.617275	0.315188	1.958436	0.0502																																																																							
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																							
C(4)	-0.111911	0.035892	-3.118018	0.0018																																																																							
C(5)	-0.237628	0.101645	-2.337816	0.0194																																																																							
C(6)	0.400331	0.106952	3.743086	0.0002																																																																							
C(7)	-0.176631	0.029036	-6.083281	0.0000																																																																							
C(8)	0.967182	0.009885	97.84087	0.0000																																																																							
R-squared	0.001275	Mean dependent var	0.059803																																																																								
Adjusted R-squared	-0.004928	S.D. dependent var	1.630542																																																																								
S.E. of regression	1.634555	Akaike info criterion	3.315527																																																																								
Sum squared resid	860.3098	Schwarz criterion	3.408668																																																																								
Log likelihood	-530.7732	Hannan-Quinn criter.	3.352700																																																																								
Durbin-Watson stat	1.834157																																																																										

Lisa 13 järg. OMXH25 indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi period)

GJR-GARCH (1, 1)	Dependent Variable: R_OMXH25_NA																												
	Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)																												
	Date: 04/26/21 Time: 16:09																												
	Sample: 1/02/2020 4/19/2021																												
	Included observations: 325																												
	Convergence achieved after 43 iterations																												
	Coefficient covariance computed using outer product of gradients																												
	MA Backcast: 12/30/2019																												
	Presample variance: backcast (parameter = 0.7)																												
	GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(7)*GARCH(-1)																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.043077</td> <td style="text-align: center;">0.066008</td> <td style="text-align: center;">0.652603</td> <td style="text-align: center;">0.5140</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(1)</td> <td style="text-align: center;">-0.612462</td> <td style="text-align: center;">0.395530</td> <td style="text-align: center;">-1.548460</td> <td style="text-align: center;">0.1215</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(1)</td> <td style="text-align: center;">0.617494</td> <td style="text-align: center;">0.396130</td> <td style="text-align: center;">1.558815</td> <td style="text-align: center;">0.1190</td> </tr> </tbody> </table>					Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.043077	0.066008	0.652603	0.5140	AR(1)	-0.612462	0.395530	-1.548460	0.1215	MA(1)	0.617494	0.396130	1.558815	0.1190					
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																									
C	0.043077	0.066008	0.652603	0.5140																									
AR(1)	-0.612462	0.395530	-1.548460	0.1215																									
MA(1)	0.617494	0.396130	1.558815	0.1190																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Variance Equation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.051380</td> <td style="text-align: center;">0.008050</td> <td style="text-align: center;">6.382613</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RESID(-1)^2</td> <td style="text-align: center;">-0.073246</td> <td style="text-align: center;">0.027253</td> <td style="text-align: center;">-2.687593</td> <td style="text-align: center;">0.0072</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)</td> <td style="text-align: center;">0.197706</td> <td style="text-align: center;">0.031001</td> <td style="text-align: center;">6.377455</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GARCH(-1)</td> <td style="text-align: center;">0.938898</td> <td style="text-align: center;">0.019953</td> <td style="text-align: center;">47.05580</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table>					Variance Equation					C	0.051380	0.008050	6.382613	0.0000	RESID(-1)^2	-0.073246	0.027253	-2.687593	0.0072	RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.197706	0.031001	6.377455	0.0000	GARCH(-1)	0.938898	0.019953	47.05580	0.0000
Variance Equation																													
C	0.051380	0.008050	6.382613	0.0000																									
RESID(-1)^2	-0.073246	0.027253	-2.687593	0.0072																									
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.197706	0.031001	6.377455	0.0000																									
GARCH(-1)	0.938898	0.019953	47.05580	0.0000																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">R-squared</td> <td style="text-align: center;">0.002606</td> <td style="text-align: left;">Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.059803</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.003589</td> <td style="text-align: left;">S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">1.630542</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">1.633466</td> <td style="text-align: left;">Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">3.322014</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">859.1637</td> <td style="text-align: left;">Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">3.403512</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-532.8273</td> <td style="text-align: left;">Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">3.354540</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">1.851360</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					R-squared	0.002606	Mean dependent var	0.059803	Adjusted R-squared	-0.003589	S.D. dependent var	1.630542	S.E. of regression	1.633466	Akaike info criterion	3.322014	Sum squared resid	859.1637	Schwarz criterion	3.403512	Log likelihood	-532.8273	Hannan-Quinn criter.	3.354540	Durbin-Watson stat	1.851360			
R-squared	0.002606	Mean dependent var	0.059803																										
Adjusted R-squared	-0.003589	S.D. dependent var	1.630542																										
S.E. of regression	1.633466	Akaike info criterion	3.322014																										
Sum squared resid	859.1637	Schwarz criterion	3.403512																										
Log likelihood	-532.8273	Hannan-Quinn criter.	3.354540																										
Durbin-Watson stat	1.851360																												

Lisa 14. OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (Enne COVIDi period)

GARCH (1, 1)	<p>Dependent Variable: R_OBX_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 15:47 Sample: 1/03/2017 12/30/2019 Included observations: 750 Convergence achieved after 31 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 1/02/2017 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)</p>																																																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>Coefficient</th> <th>Std. Error</th> <th>z-Statistic</th> <th>Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td>0.051215</td> <td>0.028296</td> <td>1.809945</td> <td>0.0703</td> </tr> <tr> <td>MA(1)</td> <td>-0.081657</td> <td>0.039085</td> <td>-2.089232</td> <td>0.0367</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Variance Equation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td>0.035849</td> <td>0.017272</td> <td>2.075538</td> <td>0.0379</td> </tr> <tr> <td>RESID(-1)^2</td> <td>0.058058</td> <td>0.020692</td> <td>2.805810</td> <td>0.0050</td> </tr> <tr> <td>GARCH(-1)</td> <td>0.893443</td> <td>0.037586</td> <td>23.77091</td> <td>0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td>0.012068</td> <td>Mean dependent var</td> <td>0.039910</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td>0.010747</td> <td>S.D. dependent var</td> <td>0.863152</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td>0.858501</td> <td>Akaike info criterion</td> <td>2.498619</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td>551.2941</td> <td>Schwarz criterion</td> <td>2.529419</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td>-931.9821</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td>2.510487</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td>2.069365</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.051215	0.028296	1.809945	0.0703	MA(1)	-0.081657	0.039085	-2.089232	0.0367	Variance Equation					C	0.035849	0.017272	2.075538	0.0379	RESID(-1)^2	0.058058	0.020692	2.805810	0.0050	GARCH(-1)	0.893443	0.037586	23.77091	0.0000	R-squared	0.012068	Mean dependent var	0.039910	Adjusted R-squared	0.010747	S.D. dependent var	0.863152	S.E. of regression	0.858501	Akaike info criterion	2.498619	Sum squared resid	551.2941	Schwarz criterion	2.529419	Log likelihood	-931.9821	Hannan-Quinn criter.	2.510487	Durbin-Watson stat	2.069365																
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																						
C	0.051215	0.028296	1.809945	0.0703																																																																						
MA(1)	-0.081657	0.039085	-2.089232	0.0367																																																																						
Variance Equation																																																																										
C	0.035849	0.017272	2.075538	0.0379																																																																						
RESID(-1)^2	0.058058	0.020692	2.805810	0.0050																																																																						
GARCH(-1)	0.893443	0.037586	23.77091	0.0000																																																																						
R-squared	0.012068	Mean dependent var	0.039910																																																																							
Adjusted R-squared	0.010747	S.D. dependent var	0.863152																																																																							
S.E. of regression	0.858501	Akaike info criterion	2.498619																																																																							
Sum squared resid	551.2941	Schwarz criterion	2.529419																																																																							
Log likelihood	-931.9821	Hannan-Quinn criter.	2.510487																																																																							
Durbin-Watson stat	2.069365																																																																									
EGARCH (2, 2)	<p>Dependent Variable: R_OBX_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 15:49 Sample: 1/03/2017 12/30/2019 Included observations: 750 Convergence achieved after 42 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 1/02/2017 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) LOG(GARCH) = C(3) + C(4)*ABS(RESID(-1))/@SQRT(GARCH(-1))) + C(5)*ABS(RESID(-2))/@SQRT(GARCH(-2))) + C(6)*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(7)*LOG(GARCH(-1)) + C(8)*LOG(GARCH(-2))</p>																																																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>Coefficient</th> <th>Std. Error</th> <th>z-Statistic</th> <th>Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td>0.034164</td> <td>0.025496</td> <td>1.339955</td> <td>0.1803</td> </tr> <tr> <td>MA(1)</td> <td>-0.109362</td> <td>0.041514</td> <td>-2.634369</td> <td>0.0084</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Variance Equation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C(3)</td> <td>0.001391</td> <td>0.021662</td> <td>0.064213</td> <td>0.9488</td> </tr> <tr> <td>C(4)</td> <td>0.209337</td> <td>0.068275</td> <td>3.066071</td> <td>0.0022</td> </tr> <tr> <td>C(5)</td> <td>-0.232025</td> <td>0.068446</td> <td>-3.389891</td> <td>0.0007</td> </tr> <tr> <td>C(6)</td> <td>-0.154711</td> <td>0.028221</td> <td>-5.482074</td> <td>0.0000</td> </tr> <tr> <td>C(7)</td> <td>0.413414</td> <td>0.134380</td> <td>3.076463</td> <td>0.0021</td> </tr> <tr> <td>C(8)</td> <td>0.541833</td> <td>0.132640</td> <td>4.084996</td> <td>0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td>0.013555</td> <td>Mean dependent var</td> <td>0.039910</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td>0.012237</td> <td>S.D. dependent var</td> <td>0.863152</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td>0.857854</td> <td>Akaike info criterion</td> <td>2.458881</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td>550.4639</td> <td>Schwarz criterion</td> <td>2.508162</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td>-914.0804</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td>2.477870</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td>2.015995</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.034164	0.025496	1.339955	0.1803	MA(1)	-0.109362	0.041514	-2.634369	0.0084	Variance Equation					C(3)	0.001391	0.021662	0.064213	0.9488	C(4)	0.209337	0.068275	3.066071	0.0022	C(5)	-0.232025	0.068446	-3.389891	0.0007	C(6)	-0.154711	0.028221	-5.482074	0.0000	C(7)	0.413414	0.134380	3.076463	0.0021	C(8)	0.541833	0.132640	4.084996	0.0000	R-squared	0.013555	Mean dependent var	0.039910	Adjusted R-squared	0.012237	S.D. dependent var	0.863152	S.E. of regression	0.857854	Akaike info criterion	2.458881	Sum squared resid	550.4639	Schwarz criterion	2.508162	Log likelihood	-914.0804	Hannan-Quinn criter.	2.477870	Durbin-Watson stat	2.015995	
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																						
C	0.034164	0.025496	1.339955	0.1803																																																																						
MA(1)	-0.109362	0.041514	-2.634369	0.0084																																																																						
Variance Equation																																																																										
C(3)	0.001391	0.021662	0.064213	0.9488																																																																						
C(4)	0.209337	0.068275	3.066071	0.0022																																																																						
C(5)	-0.232025	0.068446	-3.389891	0.0007																																																																						
C(6)	-0.154711	0.028221	-5.482074	0.0000																																																																						
C(7)	0.413414	0.134380	3.076463	0.0021																																																																						
C(8)	0.541833	0.132640	4.084996	0.0000																																																																						
R-squared	0.013555	Mean dependent var	0.039910																																																																							
Adjusted R-squared	0.012237	S.D. dependent var	0.863152																																																																							
S.E. of regression	0.857854	Akaike info criterion	2.458881																																																																							
Sum squared resid	550.4639	Schwarz criterion	2.508162																																																																							
Log likelihood	-914.0804	Hannan-Quinn criter.	2.477870																																																																							
Durbin-Watson stat	2.015995																																																																									

Lisa 15. OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi periood)

<p>GARCH (1, 1)</p>	<p>Dependent Variable: R_OBX_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 16:12 Sample: 1/02/2020 4/19/2021 Included observations: 325 Convergence achieved after 26 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 12/27/2019 12/30/2019 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*GARCH(-1)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.066643</td> <td style="text-align: center;">0.070391</td> <td style="text-align: center;">0.946752</td> <td style="text-align: center;">0.3438</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(1)</td> <td style="text-align: center;">-0.105371</td> <td style="text-align: center;">0.073413</td> <td style="text-align: center;">-1.435307</td> <td style="text-align: center;">0.1512</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(2)</td> <td style="text-align: center;">0.043608</td> <td style="text-align: center;">0.063999</td> <td style="text-align: center;">0.681395</td> <td style="text-align: center;">0.4956</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.077092</td> <td style="text-align: center;">0.040108</td> <td style="text-align: center;">1.922115</td> <td style="text-align: center;">0.0546</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RESID(-1)^2</td> <td style="text-align: center;">0.111773</td> <td style="text-align: center;">0.025266</td> <td style="text-align: center;">4.423833</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GARCH(-1)</td> <td style="text-align: center;">0.854162</td> <td style="text-align: center;">0.041915</td> <td style="text-align: center;">20.37832</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">0.003641</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.037752</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.002547</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">1.609835</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">1.611884</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">3.430352</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">836.6111</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">3.500207</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-551.4322</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">3.458231</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">1.898193</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.066643	0.070391	0.946752	0.3438	AR(1)	-0.105371	0.073413	-1.435307	0.1512	MA(2)	0.043608	0.063999	0.681395	0.4956	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.077092	0.040108	1.922115	0.0546	RESID(-1)^2	0.111773	0.025266	4.423833	0.0000	GARCH(-1)	0.854162	0.041915	20.37832	0.0000	R-squared	0.003641	Mean dependent var	0.037752	Adjusted R-squared	-0.002547	S.D. dependent var	1.609835	S.E. of regression	1.611884	Akaike info criterion	3.430352	Sum squared resid	836.6111	Schwarz criterion	3.500207	Log likelihood	-551.4322	Hannan-Quinn criter.	3.458231	Durbin-Watson stat	1.898193							
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																		
C	0.066643	0.070391	0.946752	0.3438																																																																		
AR(1)	-0.105371	0.073413	-1.435307	0.1512																																																																		
MA(2)	0.043608	0.063999	0.681395	0.4956																																																																		
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																		
C	0.077092	0.040108	1.922115	0.0546																																																																		
RESID(-1)^2	0.111773	0.025266	4.423833	0.0000																																																																		
GARCH(-1)	0.854162	0.041915	20.37832	0.0000																																																																		
R-squared	0.003641	Mean dependent var	0.037752																																																																			
Adjusted R-squared	-0.002547	S.D. dependent var	1.609835																																																																			
S.E. of regression	1.611884	Akaike info criterion	3.430352																																																																			
Sum squared resid	836.6111	Schwarz criterion	3.500207																																																																			
Log likelihood	-551.4322	Hannan-Quinn criter.	3.458231																																																																			
Durbin-Watson stat	1.898193																																																																					
<p>EGARCH (1, 1)</p>	<p>Dependent Variable: R_OBX_NA Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps) Date: 04/26/21 Time: 16:12 Sample: 1/02/2020 4/19/2021 Included observations: 325 Convergence achieved after 56 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients MA Backcast: 12/27/2019 12/30/2019 Presample variance: backcast (parameter = 0.7) LOG(GARCH) = C(4) + C(5)*ABS(RESID(-1))/@SQRT(GARCH(-1)) + C(6)*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(7)*LOG(GARCH(-1))</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">0.013952</td> <td style="text-align: center;">0.067787</td> <td style="text-align: center;">0.205819</td> <td style="text-align: center;">0.8369</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AR(1)</td> <td style="text-align: center;">-0.097942</td> <td style="text-align: center;">0.069280</td> <td style="text-align: center;">-1.413719</td> <td style="text-align: center;">0.1574</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MA(2)</td> <td style="text-align: center;">0.059416</td> <td style="text-align: center;">0.054825</td> <td style="text-align: center;">1.083742</td> <td style="text-align: center;">0.2785</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Variance Equation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Variable</th> <th style="text-align: center;">Coefficient</th> <th style="text-align: center;">Std. Error</th> <th style="text-align: center;">z-Statistic</th> <th style="text-align: center;">Prob.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C(4)</td> <td style="text-align: center;">-0.035566</td> <td style="text-align: center;">0.024129</td> <td style="text-align: center;">-1.473981</td> <td style="text-align: center;">0.1405</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(5)</td> <td style="text-align: center;">0.074701</td> <td style="text-align: center;">0.030843</td> <td style="text-align: center;">2.421990</td> <td style="text-align: center;">0.0154</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(6)</td> <td style="text-align: center;">-0.170119</td> <td style="text-align: center;">0.020605</td> <td style="text-align: center;">-8.256373</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C(7)</td> <td style="text-align: center;">0.970801</td> <td style="text-align: center;">0.008521</td> <td style="text-align: center;">113.9299</td> <td style="text-align: center;">0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>R-squared</td> <td style="text-align: center;">0.004465</td> <td>Mean dependent var</td> <td style="text-align: center;">0.037752</td> </tr> <tr> <td>Adjusted R-squared</td> <td style="text-align: center;">-0.001718</td> <td>S.D. dependent var</td> <td style="text-align: center;">1.609835</td> </tr> <tr> <td>S.E. of regression</td> <td style="text-align: center;">1.611218</td> <td>Akaike info criterion</td> <td style="text-align: center;">3.378395</td> </tr> <tr> <td>Sum squared resid</td> <td style="text-align: center;">835.9192</td> <td>Schwarz criterion</td> <td style="text-align: center;">3.459893</td> </tr> <tr> <td>Log likelihood</td> <td style="text-align: center;">-541.9892</td> <td>Hannan-Quinn criter.</td> <td style="text-align: center;">3.410921</td> </tr> <tr> <td>Durbin-Watson stat</td> <td style="text-align: center;">1.916349</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C	0.013952	0.067787	0.205819	0.8369	AR(1)	-0.097942	0.069280	-1.413719	0.1574	MA(2)	0.059416	0.054825	1.083742	0.2785	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	C(4)	-0.035566	0.024129	-1.473981	0.1405	C(5)	0.074701	0.030843	2.421990	0.0154	C(6)	-0.170119	0.020605	-8.256373	0.0000	C(7)	0.970801	0.008521	113.9299	0.0000	R-squared	0.004465	Mean dependent var	0.037752	Adjusted R-squared	-0.001718	S.D. dependent var	1.609835	S.E. of regression	1.611218	Akaike info criterion	3.378395	Sum squared resid	835.9192	Schwarz criterion	3.459893	Log likelihood	-541.9892	Hannan-Quinn criter.	3.410921	Durbin-Watson stat	1.916349		
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																		
C	0.013952	0.067787	0.205819	0.8369																																																																		
AR(1)	-0.097942	0.069280	-1.413719	0.1574																																																																		
MA(2)	0.059416	0.054825	1.083742	0.2785																																																																		
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.																																																																		
C(4)	-0.035566	0.024129	-1.473981	0.1405																																																																		
C(5)	0.074701	0.030843	2.421990	0.0154																																																																		
C(6)	-0.170119	0.020605	-8.256373	0.0000																																																																		
C(7)	0.970801	0.008521	113.9299	0.0000																																																																		
R-squared	0.004465	Mean dependent var	0.037752																																																																			
Adjusted R-squared	-0.001718	S.D. dependent var	1.609835																																																																			
S.E. of regression	1.611218	Akaike info criterion	3.378395																																																																			
Sum squared resid	835.9192	Schwarz criterion	3.459893																																																																			
Log likelihood	-541.9892	Hannan-Quinn criter.	3.410921																																																																			
Durbin-Watson stat	1.916349																																																																					

Lisa 15 järg. OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite aruanded (COVIDi period)

GJR-GARCH (1, 1)	Dependent Variable: R_OBX_NA				
	Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)				
	Date: 04/26/21 Time: 16:13				
	Sample: 1/02/2020 4/19/2021				
	Included observations: 325				
	Convergence achieved after 30 iterations				
	Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
	MA Backcast: 12/27/2019 12/30/2019				
	Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
	GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(7)*GARCH(-1)				

	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
	C	0.031527	0.068692	0.458970	0.6463
	AR(1)	-0.098696	0.070737	-1.395254	0.1629
	MA(2)	0.073800	0.059988	1.230246	0.2186

	Variance Equation				
	C	0.058866	0.018670	3.152969	0.0016
	RESID(-1)^2	-0.031649	0.014630	-2.163244	0.0305
	RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.160749	0.028789	5.583702	0.0000
	GARCH(-1)	0.915846	0.021812	41.98894	0.0000

	R-squared	0.004165	Mean dependent var	0.037752	
	Adjusted R-squared	-0.002021	S.D. dependent var	1.609835	
	S.E. of regression	1.611461	Akaike info criterion	3.379216	
	Sum squared resid	836.1717	Schwarz criterion	3.460714	
	Log likelihood	-542.1226	Hannan-Quinn criter.	3.411742	
	Durbin-Watson stat	1.918069			

	Inverted AR Roots	-.10			
	Inverted MA Roots	-.00+.27i	-.00-.27i		

Lisa 16. OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete Q-statistik

Enne COVIDi periood						COVIDi periood					
GARCH (1, 1)		EGARCH (1, 1)		GJR-GARCH (1, 1)		GARCH (1, 1)		EGARCH (2, 3)		GJR-GARCH (1, 1)	
Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*
1.0631	0.303	1.7828	0.182	1.3302	0.249	0.5856		2.5993		3.1047	
1.0642	0.587	1.8493	0.397	1.3685	0.504	2.7424		3.1678		3.5630	
1.1663	0.761	1.9581	0.581	1.5341	0.674	2.8514	0.091	3.1787	0.075	3.5635	0.059
1.3562	0.852	2.0097	0.734	1.6458	0.801	4.7564	0.093	3.1967	0.202	3.6288	0.163
1.8300	0.872	3.6674	0.598	3.8035	0.578	6.8726	0.076	7.1752	0.067	6.2454	0.100
2.1847	0.902	4.1043	0.663	4.0881	0.665	7.3314	0.119	8.6183	0.071	7.4385	0.114
2.5948	0.920	4.4784	0.723	4.4142	0.731	8.8604	0.115	9.1924	0.102	8.6732	0.123
3.5133	0.898	5.8475	0.664	5.5821	0.694	9.8187	0.132	9.2699	0.159	9.2672	0.159
3.8517	0.921	6.1092	0.729	5.8876	0.751	10.377	0.168	9.2719	0.234	9.7174	0.205
3.8546	0.954	6.1113	0.806	5.8893	0.824	10.646	0.223	9.2924	0.318	9.7953	0.280
7.0718	0.793	8.1225	0.702	8.4599	0.672	10.722	0.295	9.3486	0.406	10.289	0.328
7.7535	0.804	8.4947	0.745	9.1572	0.689	10.858	0.369	10.069	0.434	10.713	0.380
7.9139	0.849	8.5802	0.804	9.2560	0.753	11.229	0.424	10.559	0.481	11.479	0.404
10.325	0.738	11.327	0.660	11.827	0.620	13.080	0.363	13.989	0.301	13.083	0.363
10.366	0.796	11.424	0.722	11.845	0.691	14.509	0.339	15.719	0.265	14.920	0.312

Lisa 17. OMXS30 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete ruutude Q-statistik

Enne COVIDi periood						COVIDi periood					
GARCH (1, 1)		EGARCH (1, 1)		GJR-GARCH (1, 1)		GARCH (1, 1)		EGARCH (2, 3)		GJR-GARCH (1, 1)	
Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*
2.4287	0.119	0.0409	0.840	0.0244	0.876	0.5886	0.443	0.1461	0.702	2.0828	0.149
2.4475	0.294	0.2944	0.863	0.1156	0.944	1.4923	0.474	0.7703	0.680	2.8317	0.243
2.5442	0.467	0.9563	0.812	0.9879	0.804	6.8588	0.077	0.9389	0.816	6.6438	0.084
3.1535	0.532	2.3486	0.672	2.9649	0.564	6.9015	0.141	1.5949	0.810	6.7364	0.150
5.9831	0.308	5.6734	0.339	6.4360	0.266	7.1129	0.212	2.2017	0.821	6.7477	0.240
8.3748	0.212	6.1446	0.407	6.8214	0.338	7.3947	0.286	2.2047	0.900	7.0166	0.319
8.7369	0.272	7.0823	0.420	7.3593	0.392	7.4882	0.380	2.3881	0.935	7.4052	0.388
9.9300	0.270	7.7109	0.462	8.2101	0.413	7.8117	0.452	2.5718	0.958	7.8791	0.445
10.733	0.294	9.1206	0.426	9.9017	0.358	8.7851	0.457	2.9515	0.966	8.9421	0.443
10.983	0.359	10.773	0.375	11.423	0.326	15.909	0.102	6.0921	0.807	13.562	0.194
11.119	0.433	11.680	0.388	12.238	0.346	17.029	0.107	6.5597	0.834	14.418	0.211
12.682	0.393	13.026	0.367	13.150	0.358	17.893	0.119	8.0901	0.778	15.685	0.206
12.736	0.468	13.036	0.445	13.176	0.434	38.863	0.000	10.823	0.626	25.825	0.018
12.952	0.530	13.145	0.515	13.435	0.493	38.927	0.000	10.881	0.695	26.085	0.025
14.824	0.464	15.661	0.405	15.436	0.420	40.164	0.000	11.951	0.683	26.641	0.032

Lisa 18. OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete Q-statistik

Enne COVIDi periood						COVIDi periood			
GARCH (1, 1)		EGARCH (2, 2)		GJR-GARCH (1, 1)		GARCH (1, 1)		GJR-GARCH (1, 1)	
Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*
1.1875		0.9971		0.7728		0.0337	0.854	0.0776	0.781
1.2875		1.4883		1.1554		0.8398	0.657	0.2085	0.901
2.3079	0.129	3.1062	0.078	3.4438	0.063	1.0740	0.783	0.5156	0.915
4.8598	0.088	6.8511	0.033	6.6500	0.036	1.2344	0.872	0.9494	0.917
5.5866	0.134	7.7104	0.052	7.4906	0.058	1.2348	0.941	0.9597	0.966
8.4439	0.077	9.0003	0.061	8.9784	0.062	3.1692	0.787	2.6983	0.846
8.4519	0.133	9.0244	0.108	9.0890	0.106	3.4473	0.841	3.0557	0.880
8.8274	0.184	9.8091	0.133	9.6720	0.139	3.6994	0.883	3.1912	0.922
9.6833	0.207	10.233	0.176	10.347	0.170	3.9901	0.912	3.6550	0.933
9.9014	0.272	10.388	0.239	10.581	0.227	4.5561	0.919	4.1267	0.941
10.335	0.324	10.604	0.304	11.093	0.269	4.7072	0.945	4.1293	0.966
14.529	0.150	15.602	0.112	16.002	0.100	5.5881	0.935	4.9989	0.958
14.584	0.202	15.625	0.156	16.009	0.141	5.9526	0.948	5.8277	0.952
16.358	0.175	17.113	0.145	17.466	0.133	9.1554	0.821	8.5293	0.860
23.766	0.033	25.585	0.019	25.198	0.022	9.3408	0.859	8.5448	0.900

Lisa 19. OMXC20 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete ruutude Q-statistik

Enne COVIDi periood						COVIDi periood			
GARCH (1, 1)		EGARCH (2, 2)		GJR-GARCH (1, 1)		GARCH (1, 1)		GJR-GARCH (1, 1)	
Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*
0.5103	0.475	0.0097	0.921	0.7236	0.395	0.0037	0.952	0.8704	0.351
2.2782	0.320	0.0672	0.967	1.7821	0.410	2.0366	0.361	2.1036	0.349
2.9506	0.399	0.8507	0.837	2.8484	0.416	4.8870	0.180	4.0485	0.256
5.0411	0.283	1.0121	0.908	3.1100	0.540	5.3853	0.250	4.4389	0.350
5.1623	0.396	1.0150	0.961	3.1514	0.677	7.2239	0.205	7.6059	0.179
5.2861	0.508	1.0671	0.983	3.1979	0.784	7.8398	0.250	8.4090	0.210
5.2889	0.625	1.1021	0.993	3.2980	0.856	10.621	0.156	8.7281	0.273
5.5626	0.696	1.3141	0.995	3.3256	0.912	11.090	0.197	9.5978	0.294
5.5748	0.782	1.3142	0.998	3.3449	0.949	11.120	0.268	9.7472	0.371
7.4502	0.682	2.8698	0.984	5.1171	0.883	16.302	0.091	11.375	0.329
7.4911	0.758	3.2170	0.988	5.3491	0.913	16.560	0.122	12.215	0.348
7.6446	0.812	3.4105	0.992	5.5635	0.936	17.018	0.149	13.049	0.365
9.7660	0.713	3.5832	0.995	5.5960	0.960	30.371	0.004	21.061	0.072
9.8305	0.774	3.6054	0.997	5.6609	0.974	30.375	0.007	21.340	0.093
9.9409	0.823	3.7807	0.998	5.7252	0.984	30.392	0.011	21.416	0.124

Lisa 20. OMXP25 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete Q-statistik

Enne COVIDi periood				COVIDi periood					
GARCH (1, 1)		EGARCH (1, 1)		GARCH (1, 1)		EGARCH (2, 1)		GJR-GARCH (1, 1)	
Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*
0.0074		0.0053		1.7933		0.2493		0.4963	
0.0076		0.2024		1.8412		0.3705		1.0207	
0.2533	0.615	0.2112	0.646	2.1872	0.139	1.5568	0.212	2.0770	0.150
2.2971	0.317	3.0187	0.221	3.4069	0.182	2.2710	0.321	3.6157	0.164
2.3017	0.512	3.0187	0.389	4.9507	0.175	2.7340	0.434	4.9538	0.175
2.3614	0.670	3.2995	0.509	5.1522	0.272	3.0153	0.555	5.2813	0.260
2.4128	0.790	3.3001	0.654	6.1561	0.291	3.3426	0.647	5.8339	0.323
2.4140	0.878	3.3945	0.758	9.4659	0.149	5.1000	0.531	9.3712	0.154
3.5599	0.829	4.5588	0.714	9.6190	0.211	5.1111	0.646	9.6145	0.211
3.6908	0.884	4.7127	0.788	9.6248	0.292	5.4912	0.704	9.6391	0.291
5.2540	0.812	5.4927	0.789	9.9114	0.358	6.1518	0.725	9.9870	0.352
5.3244	0.868	5.4958	0.856	9.9683	0.443	6.1540	0.802	9.9934	0.441
7.3454	0.770	7.5604	0.752	10.126	0.519	6.5960	0.831	10.190	0.513
8.5900	0.737	8.4896	0.746	10.132	0.604	6.6097	0.882	10.197	0.599
8.6569	0.798	8.5470	0.806	10.919	0.618	6.9331	0.906	10.701	0.636

Lisa 21. OMXP25 indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete ruutude Q-statistik

Enne COVIDi periood				COVIDi periood					
GARCH (1, 1)		EGARCH (1, 1)		GARCH (1, 1)		EGARCH (2, 1)		GJR-GARCH (1, 1)	
Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*
0.1527	0.696	0.2576	0.612	0.1079	0.743	0.3694	0.543	0.4789	0.489
0.2939	0.863	0.2675	0.875	1.0791	0.583	2.0700	0.355	2.1488	0.342
0.5860	0.900	0.2684	0.966	5.5475	0.136	2.0810	0.556	4.2051	0.240
1.5891	0.811	1.0104	0.908	5.9961	0.199	2.0811	0.721	4.6000	0.331
1.6083	0.900	1.0541	0.958	6.1789	0.289	2.5651	0.767	4.8998	0.428
1.8428	0.934	1.8206	0.935	6.5262	0.367	3.1424	0.791	5.5044	0.481
2.1977	0.948	2.1899	0.949	6.8573	0.444	3.5181	0.833	5.7568	0.568
3.2803	0.916	4.3663	0.823	8.0029	0.433	4.4797	0.811	6.7778	0.561
3.4338	0.945	4.4239	0.881	8.3230	0.502	4.8190	0.850	7.3280	0.603
5.0709	0.886	4.9476	0.895	14.794	0.140	9.0711	0.525	11.720	0.304
5.3570	0.913	4.9476	0.934	16.315	0.130	9.6731	0.560	12.204	0.348
5.6404	0.933	5.2053	0.951	16.552	0.167	10.052	0.611	12.206	0.429
6.3692	0.932	5.3725	0.966	20.411	0.085	10.249	0.673	15.695	0.266
8.0542	0.886	5.8133	0.971	20.941	0.103	10.431	0.730	16.026	0.312
8.1039	0.920	5.9170	0.981	21.259	0.129	10.459	0.790	16.076	0.377

Lisa 22. OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete Q-statistik

Enne COVIDi periood				COVIDi periood					
GARCH (1, 1)		EGARCH (2, 2)		GARCH (1, 1)		EGARCH (1, 1)		GJR-GARCH (1, 1)	
Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*
0.0202		0.1301		0.5451		0.1574		0.2223	
0.4016	0.526	0.9476	0.330	0.5453		0.1646		0.2584	
0.4018	0.818	0.9578	0.619	0.5496	0.458	0.2833	0.595	0.3563	0.551
4.8851	0.180	5.9604	0.114	0.6442	0.725	0.2872	0.866	0.3681	0.832
8.0347	0.090	10.433	0.034	1.6209	0.655	1.7846	0.618	1.7281	0.631
8.0496	0.154	10.433	0.064	1.6465	0.800	1.9198	0.751	1.8664	0.760
8.2567	0.220	10.458	0.107	1.9617	0.854	2.3969	0.792	2.0955	0.836
8.5072	0.290	10.612	0.156	6.6178	0.358	5.2945	0.507	6.2607	0.395
8.8185	0.358	11.161	0.193	7.8291	0.348	6.3373	0.501	7.9101	0.341
9.1530	0.423	11.608	0.236	10.153	0.254	7.8668	0.447	9.5588	0.297
9.5662	0.479	12.062	0.281	10.650	0.300	9.1733	0.421	10.359	0.322
10.027	0.528	12.339	0.339	12.192	0.272	10.472	0.400	11.842	0.296
10.575	0.566	12.553	0.402	12.307	0.341	10.507	0.485	11.946	0.368
10.749	0.632	12.801	0.463	13.388	0.342	11.834	0.459	13.288	0.348
11.012	0.685	13.042	0.523	13.430	0.415	12.153	0.515	13.420	0.416

Lisa 23. OBX indeksi GARCH tüüpi mudelite jääkliikmete ruutude Q-statistik

Enne COVIDi periood				COVIDi periood					
GARCH (1, 1)		EGARCH (2, 2)		GARCH (1, 1)		EGARCH (1, 1)		GJR-GARCH (1, 1)	
Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*	Q-Stat	Prob*
0.0008	0.977	1.7099	0.191	0.4415	0.506	0.5185	0.471	0.8018	0.371
2.1726	0.337	1.7366	0.420	0.4578	0.795	0.5285	0.768	0.9046	0.636
6.5230	0.089	4.9007	0.179	6.4534	0.092	5.1524	0.161	4.0638	0.255
6.5743	0.160	4.9895	0.288	7.0410	0.134	5.2980	0.258	4.5787	0.333
6.5747	0.254	5.0718	0.407	7.3931	0.193	5.4641	0.362	4.6929	0.455
6.7910	0.341	6.5380	0.366	7.4981	0.277	5.4841	0.483	4.7510	0.576
6.8397	0.446	6.5957	0.472	7.6186	0.367	5.5960	0.588	4.9549	0.665
7.9915	0.434	8.5967	0.377	8.2396	0.410	5.7265	0.678	5.2778	0.728
8.4743	0.487	9.5941	0.384	8.6283	0.472	5.9910	0.741	5.5203	0.787
11.166	0.345	10.104	0.431	26.722	0.003	17.890	0.057	17.416	0.066
11.625	0.392	10.216	0.511	27.575	0.004	22.038	0.024	20.007	0.045
22.414	0.033	19.608	0.075	28.628	0.004	24.341	0.018	22.229	0.035
23.001	0.042	20.037	0.094	30.674	0.004	24.686	0.025	22.797	0.044
23.627	0.051	20.789	0.107	31.938	0.004	25.469	0.030	24.079	0.045
23.628	0.072	21.083	0.134	32.002	0.006	25.829	0.040	24.181	0.062

Lisa 24. Lihtlitsens

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Semjon Mazurõk (autori nimi)

1. annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
„Põhjamaade aktsiaturgude volatiilsuse modelleerimine COVID-19 pandeemia ajal tuginedes
GARCH tüüpi mudelitele“

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Karin Jõeveer
(juhendaja nimi)

- 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh TalTechi raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks TalTechi veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TalTechi raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

13.05.2021

(kuupäev)

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.