

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Majandusanalüüsi ja rahanduse instituut

Jaagup Kukk

KRÜPTOVALUUTA DOMINANTSI ROLL KRÜPTOTURUL

Bakalaureusetöö

Õppekava TABB, peeriala äirahandus

Juhendaja: Ilzija Ahmet, PhD

Tallinn 2022

Deklareerin, et olen koostanud lõputöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele selle koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 7166 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Jaagup Kukk

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 193618TABB

Üliõpilase e-posti aadress: jaagup.kukk@gmail.com

Juhendaja: Ilzija Ahmet, PhD:

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: /lisatakse ainult lõputöö puhul/

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
1. KÜPTOVALUUTADE JA DOMINANTSIDE SEOSED.....	10
1.1. Krüptovaluutad ja krüptoturg.....	10
1.2. Krüptovaluutade dominantsi tutvustus.....	13
1.3. Varasemate uuringute tulemused.....	15
2. ANDMED JA METOODIKA.....	20
2.1. Uuringus kasutatud muutujad.....	20
2.2. NARDL mudel.....	21
2.2.1. Asümmeetria.....	22
2.2.2. Mittelineaarse ARDL mudeli loomine.....	23
2.2.3. Pikaajaliste seoste testimine ja asümmeetrilised dünaamilised kordajad...	25
2.2.4. Kitsenduste tegemine.....	26
2.3. Krüptovaluutade dominantside mõju modelleerimine.....	27
3. NARDL MUDELIST AVALDUVAD SEOSED.....	30
3.1. Bitcoin mudel.....	30
3.2. Ethereum mudel.....	31
3.3. Binance Coini mudel.....	32
3.4. Ripple'i mudel.....	33
3.5. Solana mudel.....	34
3.6. Järeldused ja soovitused tulevasteks uuringuteks.....	34
KOKKUVÕTE.....	37
SUMMARY.....	39
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU.....	42
LISAD.....	46
Lisa 1. Varasemate uuringute mudelid.....	46
Lisa 2. Krüptovaluutade kirjeldav statistika.....	48
Lisa 3. Dominantside kirjeldav statistika.....	49

Lisa 4. Teiste varaklasside kirjeldav statistika.....	50
Lisa 5. Asümmeetrilised veaparandusmodelid.....	51
Lisa 6. Asümmeetriliste veaparandusmodelite testid.....	53
Lisa 7. Bitcoin „VAR lag selection“	54
Lisa 8. Bitcoin mudeli „VAR lag selection“	55
Lisa 9. Bitcoin mudeli „long run form and bounds test“	56
Lisa 10. Bitcoin ECM.....	58
Lisa 11. Bitcoin mudeli Wald testid koos seletava valemiga.....	59
Lisa 12. Bitcoin mudeli Bitcoin dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik.....	60
Lisa 13. Bitcoin mudeli Ethereum dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik.....	61
Lisa 14. Bitcoin mudeli autokorrelatsiooni test	62
Lisa 15. Bitcoin mudeli heteroskedastiivsuse test.....	63
Lisa 16. Bitcoin Jarque-Bera graafik.....	64
Lisa 17. Bitcoin mudeli CUSUM graafik.....	65
Lisa 18. Bitcoin mudeli CUSUMSQ graafik.....	66
Lisa 19. Bitcoin mudeli jääkide graafik.....	67
Lisa 20. Ethereum „VAR lag selection“	68
Lisa 21. Ethereum mudeli „VAR lag selection“	69
Lisa 22. Ethereum mudeli „long run form and bounds test“	70
Lisa 23. Ethereum ECM.....	72
Lisa 24. Ethereum mudeli Wald testid koos seletava valemiga.....	73
Lisa 25. Ethereum mudeli Bitcoin dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik.....	75
Lisa 26. Ethereum mudeli Ethereum dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik.....	76
Lisa 27. Ethereum mudeli autokorrelatsiooni test.....	77
Lisa 28. Ethereum mudeli heteroskedastiivsuse test.....	78
Lisa 29. Ethereum Jarque-Bera graafik.....	79
Lisa 30. Ethereum mudeli CUSUM graafik.....	80
Lisa 31. Ethereum mudeli CUSUMSQ graafik.....	81
Lisa 32. Ethereum mudeli jääkide graafik.....	82
Lisa 33. Binance Coin „VAR lag selection“	83

Lisa 34. Binance Coini mudeli „VAR lag selection“	84
Lisa 35. Binance Coini mudeli „long run form and bounds test“	85
Lisa 36. Binance Coini ECM.....	87
Lisa 37. Binance Coini mudeli Wald testid koos seletava valemiga.....	88
Lisa 38. Binance Coini mudeli Bitcoin dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik...	89
Lisa 39. Binance Coini mudeli Ethereum dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik	90
Lisa 40. Binance Coini mudeli autokorrelatsiooni test.....	91
Lisa 41. Binance Coini mudeli heteroskedastiivsuse test.....	92
Lisa 42. Binance Coini Jarque-Bera graafik.....	93
Lisa 43. Binance Coini mudeli CUSUM graafik.....	94
Lisa 44. Binance Coini mudeli CUSUMSQ graafik.....	95
Lisa 45. Binance Coini mudeli jääkide graafik.....	96
Lisa 46. Ripple'i „VAR lag selection“	97
Lisa 47. Ripple'i mudeli „VAR lag selection“	98
Lisa 48. Ripple'i mudeli „long run form and bounds test“	99
Lisa 49. Ripple'i ECM.....	101
Lisa 50. Ripple'i mudeli Wald testid koos seletava valemiga.....	103
Lisa 51. Ripple'i mudeli Bitcoin dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik.....	105
Lisa 52. Ripple'i mudeli Ethereum dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik.....	106
Lisa 53. Ripple'i mudeli autokorrelatsiooni test.....	107
Lisa 54. Ripple'i mudeli heteroskedastiivsuse test.....	108
Lisa 55. Ripple'i Jarque-Bera graafik.....	109
Lisa 56. Ripple'i mudeli CUSUM graafik.....	110
Lisa 57. Ripple'i mudeli CUSUMSQ graafik.....	111
Lisa 58. Ripple'i mudeli jääkide graafik.....	112
Lisa 59. Solana „VAR lag selection“	113
Lisa 60. Solana mudeli „VAR lag selection“	114
Lisa 61. Solana mudeli „long run form and bounds test“	115
Lisa 62. Solana ECM.....	117
Lisa 63. Lihtlitsents.....	118

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida Bitcoin, Ethereum ja Binance Coini dominantsi mõju viie krüptovaluuta: Bitcoin, Ethereum, Binance Coin, Ripple ja Solana hindadele 2017. aastal toimunud krüptoturu krahhi järgsel perioodil.

Bakalaureusetöö koosneb kolmest osast: esimene peatükk annab ülevaate krüptovaluutadest, krüptoturust, ning tutvustab ka uuringu keskmeks olevat krüptovaluuta dominantsi. Lisaks tutvustatakse ka ühte Bitcoin dominantsil põhinevat kauplemisstrateegiat ja antakse ülevaate ka varasematest uuringutest, mis käsitlevad krüptovaluutade hindu ja krüptoturul esinevaid seoseid. Peatükis esitletakse ka uuringuks püstitatud kolme hüpoteesi milleks on:

H1: Krüptovaluutade dominantsid omavad rolli krüptovaluutade hindade kujunemisel;

H2: Bitcoin dominantsi langus tõstab altcoinide hindu;

H3: Ethereum dominants avaldab kõige suuremat mõju krüptovaluutade hindadele krüptovaluutade dominantsidest.

Teine peatükk käsitleb uuringus kasutatavat mudelit, milleks on NARDL (*nonlinear autoregressive distributed lag*) mudel, mis võimaldab kirjeldada asümmeetrilisi lühi- ja pikaajalisi mõjusid. Uuringu vaatlusperioodiks on 17.12.2017-31.03.2022, ning andmed on päevase sagedusega. Saadud mudelite jääkide heteroskedastiivsust kontrolliti Breusch-Pagan testiga, ning autokorrelatsiooni Breusch-Godfrey testiga.

Kolmandas peatükis on näha uuringus koostatud mudelite tulemusi, mille põhjal saame vastu võtta esimese hüpoteesi, kuid teine ja kolmas hüpotees erilist tõestust ei leia. Sellest tulenevalt saame väita, et eksisteerib statistiliselt oluline seos krüptovaluutade dominantside ja hindade vahel, kuid seosed on erinevad sõltuvalt krüptovaluutast.

Võtmesõnad: Dominants, Krüptovaluuta, NARDL, BTC, ETH

SISSEJUHATUS

Krüptovaluuta on uusim varaklass maailmas, saades alguse Bitcoiniga (BTC) aastal 2009. Sellest ajast saati on krüptovaluutade maastikule ilmunud mitmed uued ja erinevate funktsiooniga krüptovaluutad, mida kollektiivselt kutsutakse altcoinideks, nagu näiteks Ethereum (ETH) ja Binance Coin (BNB), mis võimaldavad nutilepinguid (*smart contract*). Kuigi krüptovaluutad võivad oma funktsioonilt erineda, on siiski kõigi krüptovaluutadel ühine asjaolu, et need töötavad plokiiahela (*blockchain*) baasil, mis võimaldab saada täiuslikku ja tõest informatsiooni terve turu kohta reaalaajas. Sedavõrd täpset informatsiooni on teiste varaklasside puhul sisuliselt võimatu koguda. Informatsioonist plokiahelal on võimalik leida ka iga krüptovaluuta dominants (*market dominance*), ehk kui suur osakaal on mingi krüptovaluutal kogu krüptoturul.

Mitmed teadustööd on proovinud leida seoseid Bitcoin ja altcoinide vahel, kuid lühikese ajaloo ja võrdlemisi suure volatiilsuse tõttu on seosed krüptoturul pidevas muutuses. (Gandal, Halaburda. 2016; Yaya *et al.* 2019) Uuemad uuringud kaasavad oma mudelites lisaks Bitcoinile ja altcoinidele ka mitmeid muid varaklasside esindajaid nagu näiteks kuld, nafta, rahakursid, ning erinevad indeksid ja indeksfondid, (Corbet *et al.* 2018; Ciaian *et al.* 2018). Lisaks on kirjeldatud erinevaid perioode krüptoturul ja kirjeldatud sisemisi seoseid turul. (Bouri *et al.* 2018; Yi *et al.* 2018; Yaya *et al.* 2019; Ji *et al.* 2019; Kristoufek 2020; Kristjanpoller *et al.* 2020; Kumar *et al.* 2022)

Autorile teadaolevalt ei ole varasemalt üheski uuringus proovitud kirjeldada krüptovaluutade dominantsi rolli krüptovaluutade hinna kujunemisel. Sellest tulenevalt pole antud uuringu tulemusi võimalik otse võrrelda varasemate uuringutega. Küll aga on pakutud võimalikke kauplemisstrateegiaid (Bybit Learn 2021), mis rakendavad mingil moel dominantsi ja on võimalik uurida kas pakutud strateegiast tulenevad seosed esinevad ka empiirikas. Seega on käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks uurida krüptovaluutade dominantside mõjusid erinevate krüptovaluutade hindade kujunemises, võttes arvesse ka teiste varaklasside mõjud, lisaks kas välja pakutud kauplemisstrateegia võib ka empiirikast toetust saada ja kas ka varasemates uuringutes avaldunud seosed peavad paika ka krüptovaluutade dominantsidega.

Krüptovaluutade dominantsi muutumine võib autori arvates mängida olulist rolli erinevate krüptovaluutade hindade kujunemises. Lisaks aitavad kirjeldatud seosed luua parema ülevaate krüptoturu sisemistest mehhanismidest ja sellest tulenevalt on investoritel võimalik luua paremaid mudeleid investeerimiseks. Antud töö ülesandeks on seega kinnitada või ümber lükata hüpoteesid:

H1: Krüptovaluutade dominantsid omavad rolli krüptovaluutade hindade kujunemisel;

H2: Bitcoin dominantsi langus tõstab altcoinide hindu;

H3: Ethereum dominants avaldab kõige suuremat mõju krüptovaluutade hindadele krüptovaluutade dominantsidest.

Antud töö keskmeks on seega kolme suurima turukapitalisatsiooniga krüptovaluuta, täpsemalt: Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH) ja Binance Coin dominantsi (BNB), ning krüptovaluutade hindade seoste kaardistamine, jättes välja stabiilkrüptovaluutad (*stablecoin*), nagu näiteks Tether. Uurimismeetodina on antud töös rakendatud NARDL (*nonlinear autoregressive distributed lag*) mudelit, mis on välja töötatud Shin *et al.* (2014) poolt. NARDL mudel võimaldab kirjeldada nii lühi- kui ka pikaajalisi seoseid, ning lisaks võimaldab mudel kirjeldada ka muutujate asümmeetrilise mõju. Asümmeetriat siinkohal iseloomustab regressori ebavõrdne mõju sõltuvale muutujale, sõltuvalt sellest kas muutus on positiivne või negatiivne.

Dominantside seoseid või nende puudumist kirjeldatakse uuringu koostamise hetkel viie suurima turukapitalisatsiooniga krüptovaluutade hindadega. Seega vaadeldakse BTC, ETH, BNB, Ripple'i (XRP) ja Solana (SOL) hindu ja igale krüptovaluutale koostatakse enda mudel, ehk kokku koostatakse viis mudelit. Peale hindade ja dominantside kaasatakse mudelisse ka teiste varaklasside esindajad kontrollmuutujatena: kuld (GOLD), nafta (OIL), S&P 500 indeks (SP500) ja Ameerika Ühendriikide 10a võlakirja tootlus (US10Y). Vaadeldavaks perioodiks on 17.12.2017-31.03.2022, ning kõik andmed on päevase sagedusega ja saadud kõik Tradingview veebilehelt.

Antud töö esimeses osas tutvustatakse lähemalt krüptovaluutat kui varaklassi, tuues välja peamised aspektid, mis eristavad krüptovaluutasid teineteisest. Lisaks antakse ka lühikokkuvõtte krüptovaluutade 13 aastase ajaloost, ning selle aja jooksul tehtud uuringutest. Peatükis tutvustatakse lähemalt ka dominantsi, mis on antud töö keskne uurimisobjekt.

Antud töö teises peatükis antakse ülevaade uuringus rakendatud muutujatest, milleks on krüptovaluutade hinnad,. Lisaks sellele, tutvustatakse uuringus rakendatud meetodit, mis võimaldab kirjeldada dominantsi asümmeetrilist pika- ja lühiajalist mõju uuritavate krüptovaluutade hindadele, arvestades teiste varaklasside mõjuga. Peatükis on esitatud ka viie koosatud mudeli diagnostika.

Antud töö kolmandas peatükis esitatakse teises peatükis koostatud mudelite tulemused. Lisaks sellele tehakse järeldused dominantside rollist krüptoturul ja antakse hinnang püstitatud hüpoteesidele. Seejärel antakse ettepanekuid edasisteks uuringuteks.

1. KRÜPTOVALUUTADE JA DOMINANTSIDE SEOSED

Antud peatükk annab ülevaate krüptovaluutast ja selle turust, krüptovaluutade dominantsist, suurematest sündmustes krüptoturu ajaloos ja kirjeldab krüptovaluuta kui varaklassi seoseid muude varaklassidega ja tutvustab uuringus esitatud hüpoteese. Lisaks sellele, on peatükis ülevaade ka eelnevalt koostatud sarnastest teadustöödest ja nende tulemustest.

1.1. Krüptovaluutad ja krüptoturg

Krüptovaluuta sai alguse anonüümsest programmeerijast varjunimega Satoshi Nakamoto (2008). Esimeseks krüptoks oli Satoshi enda loodud Bitcoin. Bitcoin võrk alustas töoga aastal 2009 ja sellest ajast alates on krüptoturule tekkinud ka muud krüptovaluutad mida kollektiivselt kutsutakse altcoinideks. Krüptovaluutad saavad erineda teineteisest mitmel viisil ja on tihti loodud erinevateks sihtotstarveteks. (Ciaian *et al.* 2018)

Üheks peamiseks eristajaks krüptovaluutadel on nende valideerimismeetod, ehk viis, kuidas uued plokiid plokiahelasse (*blockchain*) kirjutatakse. Kaks kõige populaarsemat on *Proof-of-Work* (POW) ja *Proof-of-Stake* (POS). POW puhul proovivad kõik võrgus olevad masinad lahendada krüptograafilist funktsiooni, ning esimene, kes saab õige vastuse, saab õiguse kirjutada uue ploki. Lisaks tasustatakse valideerijat uue kaevandatud (*crypto mining*) krüptovaluutaga ja tehingutasudega. Pidev täiel võimsusel töötamine on POW krüptovaluutade võrkudele omane, ning sellest tulenevalt on POW vägagi energianõudlik valideerimismeetod. POS seevastu kasutab panustamist (*staking*), kus võrk valib järgmise valideerija osaliselt juhuse järgi kuid suurema võimaluse järgmiseks valideerijaks saada annab suurem panus (*stake*) võrku ja aeg viimatisest valideerimisest. Panused on üldiselt võrgu enda krüptovaluutas ja panust tehes lukustatakse krüptovaluuta teatud ajaks, ehk sellega pole võimalik panuse perioodil kaubelda. Kuna masinad ei pea POS võrgus pidevalt töötama, on selle süsteemi eeliseks ka väiksem energiakulu, kui võrrelda POS. (Gandal, Halaburda 2016; Ciaian *et al.* 2018)

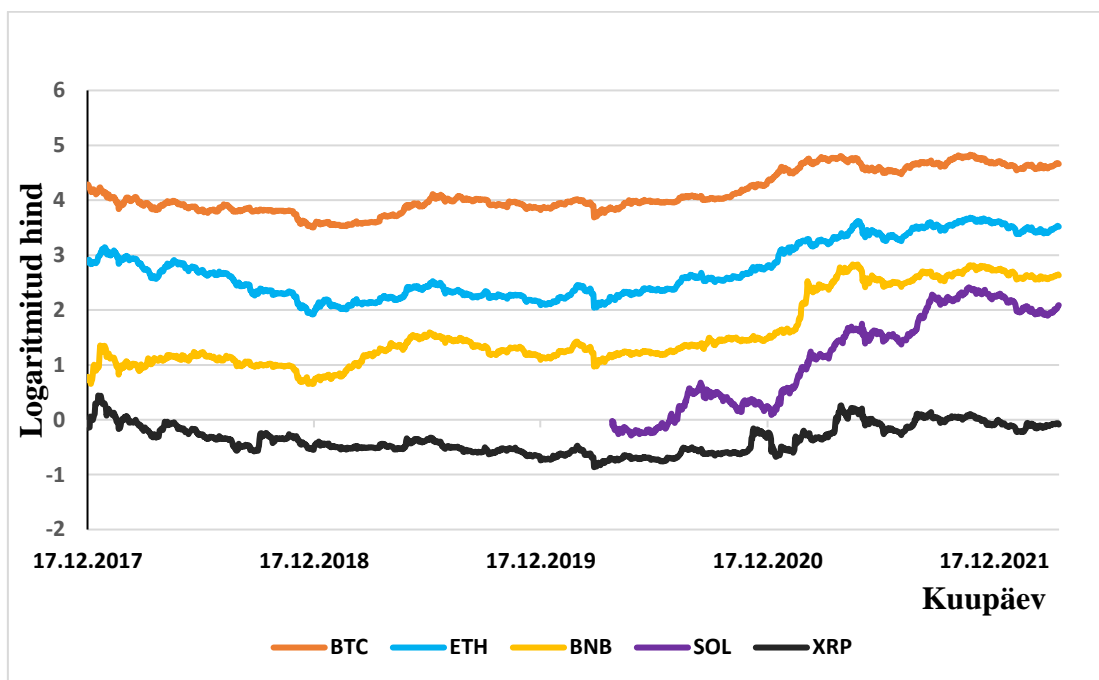
Krüptovaluutad võivad erineda ka oma tokenoomika (*tokenomics*) poolest. See kirjeldab kuidas toimivad võrgu maksustamised ja tasustamised, määrab maksimaalse võimaliku krüptovaluuta koguse süsteemis, kuidas valideerijaid tasustatakse ja kirjeldab ka muid kauplemissomapärasid kui neid peaks olema. (Ciaian *et al.* 2018)

Krüptovaluutadel on ka mitmed erinevad otstarbed. Bitcoin ise võimaldab vaid võrgusiseseid makseid, kuid plokiahelal on võimalik jooksutada ka nutilepinguid (*smart contract*), mis on oma olemuselt lihtsad programmid, mida valideerija saab täita. Nutilepingud on aluseks Ethereumile ja võimaldavad plokiahelale arendada detsentraliseeritud rakendusi (*decentralized application/dapp*). (Ciaian *et al.* 2018) Eraldi tasub välja tuua ka stabiilkrüptovaluutad (*stablecoins*), mis on oma väärtuselt 1:1 võrdsed mingi tavavaluutaga, üldiselt USA dollar. (Wei 2018) Kõige populaarsem stabiilkrüptovaluuta on Tether, mis on antud uuringu kirjutamisel turukapitalisatsiooni poolest kolmas suurim krüptovaluuta turul. Erinevatel krüptovaluutadel on veel mitmeid muid otstarbeid, kuid antud uuringus uurime vaid kahte populaarseimat sorti krüptovaluutasid. Täpsemalt, on uuringus vaatluse maksete krüptovaluutad, nagu näiteks Bitcoin ja nutilepingute krüptovaluutad, nagu näiteks Ethereum.

Olenemata sellest, et krüptoturg on uuringu kirjutamise ajal eksisteerinud vaid 13 aastat, on selle aja sees toimunud mitmed märkimisväärsed sündmused. Nagu ka eelnevalt mainitud, sai krüptoturg alguse aastal 2009 Bitcoiniga, kuid alguses oli ühe BTC väärtus sisuliselt 0 dollarit. Esimene märkimisväärne hinnatõus toimus 17-18. juulil 2010, kui ühe BTC hind tõusis üheksa sendini. Kuna väärtus oli enne seda alla ühe sendi siis oli kahe päevaga hind kümnekordistunud. Järgnevad paar aastat olid enamasti rahulikud, kuid volatiilsus tõusis jällegi aastal 2013, kui hind tõusis aprilliks 230 dollarini, olles jaanuaris vaid 13 dollarit. Küll aga ei jäänud hind siiski veel stabiilset üle 100 dollari, langedes alla 70 dollari juuliks. Suurest langusest hoolimata, suutis BTC hind sama aasta oktoobris veel ületada 1000 dollari piiri kuid langes siiski veel uuesti alla 700 mõned päevad hiljem.

2015. aasta juulis ilmus krüptoturule tänaseks suuruselt teine krüptovaluuta Ethereum. Ethereum pani aluse ja oli inspiratsiooniks paljudele tänapäeva krüptoprojektidele, võimaldades läbi võrgu pidada nutilepinguid. 2017. aastal hakkas BTC muutuma laialdaselt populaarseks ja maiks tõusis

hind üle 2000 dollari. Kuna BTC leidis palju kajastust meedias, ning jäi silma ka investoritele, hakkas hind üha kiiremini tõusma jõudes 19 345 dollarini 15. detsembril. Peale seda tippu langes BTC hind siiski järsult ja ei tõusnud samale tasemele mitu aastat. Yaya *et al.* (2019) avastas, et peale seda tippu, muutusid krüptoturul sisemised seosed. Seega sai 17. detsembrist 2017 murdepunkt mida mitmed tööd, kaasa arvatud ka antud uuring, kasutavad modelleerimisel, et eristada perioode. Antud uuringus vaatluse all olevate krüptovaluutade hindu alates eelnevalt mainitud uuringus täpsustatud kuupäevast on kujutatud allpool joonisel (joonis 1). Hinnad on ka logaritmitud, et tuua need samale suuruskaalale.



Joonis 1. Krüptovaluutade logaritmitud hinnad perioodil 12.2017-02.2022

Allikas: autori arvutused

2017. aastal alustas tegevusega ka Binance, mis on tänaseks ka üks maailma suurimatest krüptovaluutade börsidest. Binance tõi ka turule enda krüptovaluuta nimega Binance Coin, mis on ka aluseks Binance Smart Chainile (BSC). BSC on nutilepingute võrk sarnaselt Ethereumile, kuid POW asemel on kasutusel POS. Suuresti tänu BSC võrgule on BNB tänaseks kolmas suurim krüptovaluuta, kui stabiilkrüptovaluutad arvestusest välja jätta.

2020. aastal algas ülemaailmne COVID-19 pandeemia, mis avaldas ka märkimisväärset mõju krüptoturule (Kumar *et al.* 2022). BTC tõusis 7000 dollarilt aasta alguses 29 000 dollarini aasta lõpus ja jätkas kasvuga ka 2021. aastal, ületades 60 000 dollarit ja seades sisse uue rekordi 10. novembril 2021, kui hind jõudis 68 990 dollarini. Sellest ajast saadik on BTC kõikunud 30 ja 60 tuhande vahel. Siiani pole täpselt konsensusele jõutud, kas järsk hinnatõus tuleneb naturaalsest nõudluse suurenemisest. Nii antud töö autori, kui ka teiste uuringute autorite hinnangul on kindlasti oluline roll hinnatõusus ka USA monetaarpoliitikal, kuna arvestades nõudlusepakkumise dünaamikat ja kvantitatiivset lõdvendamist (*quantitative easing*) on BTC hinnatõus põhjendatud. (Kumar *et al.* 2022)

1.2. Krüptovaluutade dominantsi tutvustus

Kuna kõik krüptovaluutade tehingud on plokiahelal näha, koos nende toimumisajaga, ning kuna on võimalik vaadata ka krüptovaluutade hinda nende tehingute ajal, siis on alati võimalik välja arvutada kogu krüptoturu väärtus. Kogu turu väärtuse teadmise võimalus eristab krüptovaluutat teistest varaklassidest. Aktsiate puhul ei ole võimalik realistlikult arvutada terve majanduse hetkeväärtust, kuna peaks arvestama ka erafirmade (*private company*) väärtustega ja seda globaalselt pidevalt reaalselt. Maavarade puhul pole teada kui palju neid täpselt maa peal eksisteerib, mis välistab selle koheselt. Võlakirjade populatsioon on küll mingil määral kaardistatav, kuid mitte samaväärse täpsusega nagu krüptoturgu. On küll võimalik teada, kui palju on mingi aruande hetkel kellelgi võlakirju, kuid kõiki võlakirju turul ei ole võimalik reaalselt arvesse võtta. Kuna krüptovaluutad on sedavõrd hästi kaardistatavad on kogu krüptoturu väärtusest võimalik leida ka individuaalsete krüptovaluutade dominantsid (*market dominance*), ehk turuosakaalud reaalselt.

Autorile teadaolevalt ei ole varasemates uuringutes proovitud kaardistada krüptovaluutade dominantside rolli krüptovaluutade hindadele kvantitatiivsel meetodil, ning sellest tulemusel püstitatakse esimene hüpotees:

H1: Krüptovaluutade dominantsid omavad rolli krüptovaluutade hindade kujunemisel.

Esimese hüpoteesiga on võimalik toetust leida ka laiemale seisukohale, täpsemalt et dominantse on võimalik kasutada hindade ennustamisel. Olenemata sellest, et krüptovaluutade dominantse pole kasutatud teaduslikes uuringutes, on internetis mitteteaduslikul kujul esitatud kauplemisstrateegiaid, mis dominantse rakendavad. Näiteks esitas Bybit Learn (2021) strateegia, mis kirjeldab kuidas kaubelda Bitcoin ja altcoinidega vaadates Bitcoin hinda ja dominantsi pakkudes välja kaks meetodit, vaadates trende (tabel 1) või võrreldes dominantsi hetketaset ajaloolise tasemega. Antud uuringu raames uurime lähemalt vaid trendide strateegiat, kuna see vaatab dominantsi liikumist.

Tabel 1. Bitcoin dominantsi kauplemisstrateegia

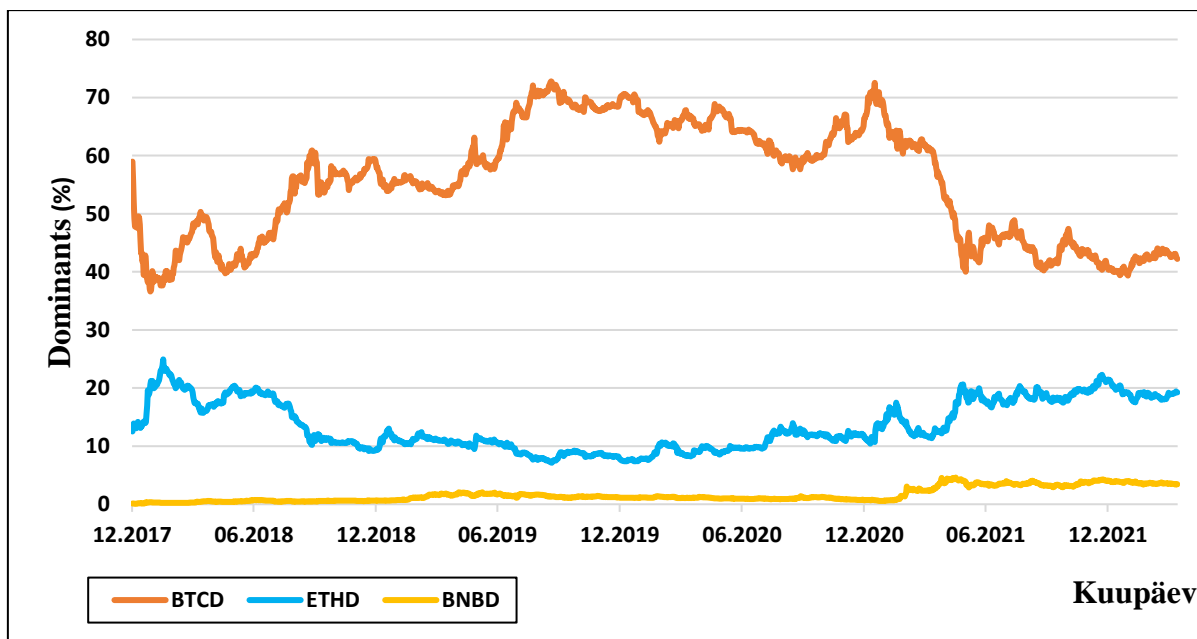
BTC dominant	BTC hind	Signaal
BTCD tõuseb	BTC hind tõuseb	Osta BTC
BTCD tõuseb	BTC hind langeb	Müü altcoine
BTCD langeb	BTC hind tõuseb	Osta altcoine
BTCD langeb	BTC hind langeb	Müü BTC

Allikas: Bybit Learn (2021); autori tõlgitud

Kui vaadata Bitcoin dominantsi ja kauplemissignaale avaldub seos, et Bitcoin dominantsi tõus on Bitcoin hinnale hea kuid altcoini hindadele halb, ning Bitcoin dominantsi languse puhul on mõju mõlemale vastupidine. Selle seose olemasolu toetamiseks püstitatakse uuringu teine hüpotees:

H2: Bitcoin dominantsi langus tõstab altcoinide hindu.

BTC on ajalooliselt olnud ja on siiani suurima dominantisiga krüptovaluuta. Küll aga on altcoinid muutunud järjest populaarsemaks. BTC moodustas aastani 2017 üle 90% krüptoturust, kuid alates Ethereum ja BSC tekkest, on see osakaal järjest vähenenud. Tänapäevaks moodustab BTC veidi üle 40% krüptoturust kuid on siiski umbes kaks korda suurem Ethereumist, mis moodustab umbes 20%. Järgneval joonisel (Joonis 2) on näha ka uuringus vaadeldavate krüptovaluutade dominantse aja jooksul.



Joonis 2. Krüptovaluutade dominantsid perioodil 12.2017-02.2022

Allikas: Tradingview

1.3. Varasemate uuringute tulemused

Kuna krüptovaluuta on omamoodi ja uus varaklass, siis polnud algselt ka selge, millised seosed ja efektid turul esinevad. Esialgsed uuringud keskendusid tihtipeale ainult Bitcoin omadustele, kuid üks esimestest uuringutest, mis proovis kirjeldada seoseid krüptoturu siseselt, ning kas turul mängib suuremat rolli toetus (*reinforcement*) või asendus (*substitution*) efekt oli Gandal ja Halaburda (2016) artikkel. Toetuse all mõeldakse efekti, mida kirjeldab investorite eelistus investeerida kõige populaarsemasse krüptosse, ehk Bitcoin. Asenduse all mõeldakse efekti, mida kirjeldab investorite eelistus investeerida altcoinidesse. Asendusefekti võib põhjustada kas alternatiivi näiv väärtuseelis või üleüldine spekulatiivne investeerimisstrateegia. Asendusefekti olemasolul on võimalik vaadelda krüptovaluutat finantsilise varaklassina (*financial asset*). Uuringus kasutatud meetodi ja andmete lühikirjeldus on esitatud lisa 1. Uuringuperiood jaotati veel omakorda kolmeks vaatlusperioodiks, et neid omavahel täpsemalt võrrelda. Uuringus vaadeldud Perioodide tulemusena leiti, et üleüldine huvi krüptovaluutade vastu teisel perioodil tekitas asendusefekti. Seevastu huvi puudumine esimesel ja kolmandal perioodil toetas toetusefekti ülekaalu olemasolu. Lisaks näidatakse, et Bitcoin hinnatõusul on pea kõigile uuringus vaadatud altcoinidele negatiivne või peaaegu olematu mõju, kui võtta arvesse avalik huvi.

Esimesed uuringud, mis proovisid leida seoseid ka teiste varaklasside ja krüptovaluutadega said sarnaseid tulemusi. Ciaian *et al.* (2018) uuringus (lisa 1) uuritakse Bitcoin ja altcoinide omavahelisi lühi- ja pikaajalisi seoseid, kaasates ARDL (*autoregressive distributed lag*) mudelisse ka teiste varaklasside esindajaid kontrollmuutujatena. Uuringus püstitatakse ka kaks hüpoteesi: esiteks, et Bitcoin mängib rolli altcoinide hindade moodustumises ja teiseks, et Bitcoiniga sarnaste altcoinide vahel esineb tugevam kointegratsioon. Uuringus leiti, krüptoturul on seos Bitcoin ja altcoinide vahel, ning et Bitcoin mängib lühiperspektiivis suuremat rolli altcoinide hindade moodustumisel, kui pikas perspektiivis, võttes vastu esimese hüpoteesi lühiperspektiivis. Lisaks leiti, et pikas perspektiivis on teistel varaklassidel suurem mõju altcoini hindadele, kui Bitcoinil, lükates esimese hüpoteesi ümber pikas perspektiivis. Lühiperspektiivis oli ka näha tugevamat seost Bitcoinile sarnasemate altcoinidega, kuid esines ka küllalt tugev seos osade Bitcoinist erinevamate altcoinidega, ehk teisele hüpoteesile pole lühiperspektiivis võimalik hinnangut anda. Seevastu pikas perspektiivis lükati teine hüpotees ümber. Lisaks leiti, et krüptovaluutade kogus (*supply*), omab vaid osalist tähtsust altcoinide hindade moodustumisel.

Corbet *et al.* (2018) seevastu kasutasid oma uuringus ülekandumise (*spillover*) mudeleid (lisa 1), mis kirjeldavad, kuidas nii krüptovaluutade kui ka teiste varade hinnad teineteisega seotud on (*connectedness*). Lisaks näidatakse, et krüptoturg on rohkem sõltuv enda sisemistest muutustest, kui muude turgude muutustest. Sellest tulenevalt leiavad uuringu autorid, et krüptovaluutad võiksid omada kohta investorite portfoolios, et seda diversifitseerida. Küll aga tunnistavad autorid, et krüptoturul on omad idiosünkraatilised riskid, millega investorid peavad arvestama, kui soovitakse krüptovaluutadesse investeerida.

Bouri *et al.* (2018) kasutava kolme mudelit (lisa 1), ning uurivad teiste varaklasside mõju Bitcoin hinnale. Kasutusel on nii NARDL, QARDL (*quantile autoregressive distributed lag*) ja QNARDL (*quantile nonlinear autoregressive distributed lag*) mudeleid. QARDL võtab arvesse sõltuva muutuja jaotust, ning QNARDL ühendab NARDL ja QARDL mudelite omadused. Uuringu tulemusena leiti, et eksisteerib asümmeetriline seos maavarade ja Bitcoin vahel, ning ka kulla ja Bitcoin vahel. Sellest tulenevalt saab väita, et krüptovaluutad ei eksisteeri omaette varaklassina, vaid on seotud erineval määral ka teiste varaklassidega.

Yi *et al.* (2018) uurisid oma mudelis (lisa 1) 52 krüptovaluuta omavahelisi seoseid. Uuringu tulemused näitasid, et Bitcoin mängib küll krüptoturul olulist rolli ning tekitab suuri volatiilsuse šokke teistele krüptovaluutadele, pole see siiski domineeriv kogu turu üle. Uuringus leitud tulemus osaliselt kinnitab ka Ciaian *et al.* (2018) uuringut, täpsemalt asjaolu, et Bitcoin ei oma pikas perspektiivis mõju altcoinide hindadele. Lisaks näidatakse uuringus, et krüptoturg omab kirjeldatavat stabiilsust, mida investorid saavad kasutada investeerides krüptoturgu. Investeerides erinevatesse krüptovaluutadesse, ning mitte ainult Bitcoin, saavad investorid vähendada oma portfoolio riski, mis tuleneb krüptoturu volatiilsusest. (Ciaian *et al.* 2018; Corbet *et al.* 2018)

Ji *et al.* (2019) uuringu mudelid (lisa 1) kirjeldasid kuue krüptovaluuta ja teiste varaklasside vahelisi ülekandumisi sarnaselt Corbet *et al.* (2018) uuringule. Ji *et al.* (2019) uuringus näidatakse, et Litecoinil on oluline mõju koos Bitcoiniga, ning võib ühel hetkel Bitcoinile võtta kõige mõjusama krüptovaluutana. Tänapäevaks on näha, et see ennustus polnud tõene ja Bitcoin on siiani maailma suurim krüptovaluuta. Lisaks kirjeldatakse uuringus ka teiste varaklasside ja indeksite mõju krüptoturule, kinnitamaks Bouri *et al.* (2018) uuringut.

Yaya *et al.* (2019) uuringu mudelid (lisa 1) kirjeldavad erinevate krüptovaluutade kointegratsiooni, ning selle muutumist tulenevalt 2017. aastal toimunud krüptoturu langusest. Uuringu tulemused näitavad, et peale hinnakrahhi esineb madalam kointegratsioon, kuid sellest olenemata on seoseid võimalik ikkagi kirjeldada. Seega on investoritel modelleerimisel võimalik arvestada 2017. aasta detsembril toimunud hinnakrahhiga. Yaya *et al.* (2019) uuringu tulemustest on ka antud uuringu vaatlusperioodi alguse valik tehtud.

Kristoufek (2020) proovib vastata oma uuringuga (lisa 1) küsimusele, kas Bitcoin on turvalisem investeering, kui kuld. Uuringu tulemused näitasid, et Kuld on siiski kõige turvalisem investeering. Sellest olenemata, soovib Kristoufek siiski omade mitmekülgset krüptovaluutade portfooliot, et vähendada üleüldist tururiski. Lisaks mainitakse, et Bitcoinil on siiski võimalik oma positsiooni tõestada, kuna COVID-19 pandeemia lõplikud mõjud majandusele uuringu kirjutamise ajal pole veel teada.

Kristjanpoller *et al.* (2020) uurisid (lisa 1) viie krüptovaluuta ja teiste varaklasside asümmeetrilisi multifraktaalset (*multifractality*) seoseid. Uuringust selgus, et erinevad krüptovaluutad on teistest varaklassidest erineval määral mõjutatud, ning et väiksemad muutused on paremini ennustatavad, kui suuremad. Lisaks väidetakse, et investorid peaksid investeerimisotsuseid tehes arvestama krüptoturu asümmeetriaga, sest negatiivsed šokid suurendavad volatiilsust rohkem, kui positiivsed šokid.

Demir *et al.* (2021) rakendas, sarnaselt antud uuringule, NARDL mudelit (lisa 1), et kirjeldada Bitcoin, krüptovaluutade netiotsingute ja teiste varaklasside mõju altcoinide hindade kujunemisele. Uuringu tulemused näitasid, et Bitcoin mõju altcoinide hindadele on asümmeetriline, hinna langusel on suurem mõju enamikele altcoinidele, kui hinna tõusul. Lisaks pole Bitcoinil pikaajalist seost kõikide krüptovaluutadega, kuid lühiajaline kointegratsioon esines kõigiga. Demir *et al.* (2021) rakendab ka Yaya *et al.* (2019) uuringus esile toodud murdepunkti, ning kinnitab krüptoturu seoste muutumist peale hinnakrahhi.

Kumar *et al.* (2022) uurisid krüptovaluutade ja muude varaklasside seoseid volatiilsuste ülekandumisi (lisa 1), ning jagas need kolmeks investeerimisperioodiks, tulenevalt COVID-19 pandeemiast. Uuringust tuli välja, COVID-19 pandeemia tulemusena krüptoturu ühendatus eksogeensetele šokkidele suurenes, ning autorid toovad võimaliku põhjusena välja kvantitatiivse lõdvendamise. Lisaks näidati, et ühendatus on suurem lühiperspektiivis, ehk lühiajalised kauplemisstrateegiad peaksid turbulentsedel aegadel sellega arvestama. Lisaks toestati ka Yi *et al.* (2018) ja Ciaian *et al.* (2018) seisukohti, et Bitcoin ei ole alati kõige mõjusam tegur teiste krüptovaluutade hindades, ning hoopis Ethereum avaldas kõige suuremat mõju kogu valimile vaatlusperioodi jooksul.

Wei (2018) uuringus (lisa 1) kirjeldati suurima stabiilkrüptovaluuta Tetheri loomise (*Tether grant*) mõju Bitcoinile. Paljude investorite arvates Tetheri loomine tõstab Bitcoin hindu, kuid uuringust selgub, et Tetheri loomisele üldiselt järgneb Bitcoin langus. Lisaks leiti, et Tetheri loomise tagajärjel Bitcoin ja Tetheri kauplemismahud suurenevad.

Kristoufek (2021) uuringus (lisa 1) on kirjeldatud mitmete erinevate stabiilkrüptovaluutade mõju kolmele suurimale krüptovaluutale uuringu kirjutamise ajal. Uuringu tulemused kinnitasid Wei (2018) tulemusi, ehk stabiilkrüptovaluutade loomine ei tõsta krüptovaluutade hindu. Lisaks näitas uuring, et stabiilkrüptovaluutasid luuakse tihti peale teiste krüptovaluutade hindade tõusu, ilmselt et rahuldada turu likviidsussoove.

Antud uuringu raames püstitatakse ka kolmas hüpotees varasemate uuringute, täpsemalt Ciaian *et al.* (2018), Corbet *et al.* (2018), Yi *et al.* (2018) ja Kumar *et al.* (2022) tulemuste toetamiseks. Täpsemalt proovitakse tõestada Ethereumi domineerivat mõju krüptoturul. Seega proovitakse antud uuringus leida vastus kokku kolmele hüpoteesile:

H1: Krüptovaluutade dominantsid omavad rolli krüptovaluutade hindade kujunemisel;

H2: Bitcoin'i dominantsi langus tõstab altcoinide hindu;

H3: Ethereum'i dominants avaldab kõige suuremat mõju krüptovaluutade hindadele krüptovaluutade dominantsidest.

2. ANDMED JA METOODIKA

Antud peatükis tutvustab autor uuringus kasutatavaid andmeid, annab neist ülevaate ning tutvustab ka uurimismeetodit (NARDL mudel), millega andmeid töödeldakse.

2.1. Uuringus kasutatud muutujad

Antud bakalaureusetöö kasutab uuringuks kvantitatiivseid aegridu, täpsemalt võtab uuring vaatluse alla töö koostamise hetkel 5 suurima turukapitalisatsiooniga krüptovaluutat, jättes välja stabiilkrüptovaluutad Tether ja USD Coin. Tulenevalt varasematest uuringutest ei mängi Tether teiste krüptovaluutade hinna moodustumisel statistiliselt olulist rolli (Wei 2018; Kristoufek 2021). Krüptovaluutade valimis on seega:

- 1) Bitcoin (BTC);
- 2) Ethereum (ETH);
- 3) Binance Coin (BNB);
- 4) Ripple (XRP);
- 5) Solana (SOL).

Krüptovaluutade kirjeldav statistika on nähtav lisas 2. Bitcoin ja Ripple on mõlemad maksete kesksed krüptovaluutad, kuid ülejäänud on nutilepingute põhised krüptovaluutad. Kuna Solana esimene plokk loodi alles aastal 2020, on Solana uuringus ainus vaatluse alla olev krüptovaluuta, mis ei eksisteerinud kogu vaatlusperioodi jooksul.

Lähtudes töö eesmärgist kaasatud ka BTC, ETH ja BNB dominantsid (BTCD, ETHD ja BNBD vastavalt). Autori hinnangul ei ole tõenäoline, et teised väiksema turukapitalisatsiooniga

krüptovaluutade dominantsid, kui BNB, võiksid avaldada mõju krüptovaluutade hindadele. Dominantsid on kalkuleeritud Tradingview.com lehekülje poolt ja esitatakse protsendina. Dominantside kirjeldav statistika on nähtav lisas 3 ja võrdlus vaatlusperioodi jooksul joonisel 2. Nii kirjeldavast statistikast, kui ka jooniselt on näha, et BNB dominants on võrreldes teiste dominantsidega märkimisväärselt madalam.

Peale krüptovaluutade on kontrollmuutujatena, on sarnaselt Demir *et al.* (2021) ja Ciaian *et al.* (2018) uuringutes koostatud mudelitele, kaasatud ka antud uuringu mudelis teiste varaklasside esindajaid. Antud uuringus on teiste varaklasside esindajateks:

- 1) S&P 500 indeks (SP500);
- 2) Ameerika Ühendriikide 10 aastase võlakirja tootlus (US10Y);
- 3) Kulla untsi hind USA dollarites (GOLD);
- 4) Brenti nafta barreli hind dollarites (OIL)

Teiste varaklasside esindajate kirjeldav statistika on nähtav lisas 4. Uuringu vaatlusperioodiks on 17.12.2017-28.02.2022 tuginedes Yaya *et al.* (2019) uuringule, ehk vaatluse all on vaid peale 2017. aastal toimunud languse periood. Iga vaatlusega vaadatakse päevalõpu hinda, ning nädalavahetustele pikendatakse vajadusel reedene vaatlus. Kõik andmed on saadud leheküljelt Tradingview.com ja on logaritmitud, et lihtsustada mudeli tõlgendamist, ning et tuua need samale suuruskaalale.

2.2. NARDL mudel

Töös on kasutatud kvantitatiivset uurimusmeetodit. Täpsemalt rakendatakse NARDL(p , q) (*nonlinear autoregressive distributed lag*) mudelit, mis võimaldab näidata süsteemi erinevate osade vahelisi asümmeetrilisi lühi- ja pikaajalisi seoseid järgides Shin *et al.* (2014) meetodit, mis on edasi arendatud ARDL mudelist (Pesaran, Shin 1998; Pesaran *et al.* 2001). NARDL mudeli eelduseks on, et kõikide muutujate integratsiooniaste on kas $I(0)$ või $I(1)$.

Kui NARDL mudel näitab kointegratsiooni olemasolu, saab väita, et krüptovaluutade dominantsidel on statistiliselt oluline roll krüptovaluutade hindade kujunemisel ja vastu võtta esimese hüpoteesi. Lisaks mõju olemasolule kirjeldab mudel ka mõjude suurusi ja suundasid, mis võimaldab teha täpsemaid järeldusi dominantside seostest krüptovaluutade hindadega, ning esitada otsus teisele ja kolmandale hüpoteesile.

2.2.1. Asümmeetria

Asümmeetriat iseloomustab sõltuva muutuja muutuste vahede suurust sõltuvalt sellest kas sõltumatu muutus on positiivne või negatiivne. Teisisõnu, uuritakse mittelineaarset regressiooni (Shin *et al.* 2014):

$$y_t = \alpha + \beta^+ x_t^+ + \beta^- x_t^- + \varepsilon_t \quad (1)$$

kus

y_t ja x_t – skalaar I(1) vektorid;

α – konstant;

β^+ ja β^- – positiivse ja negatiivse sõltumatu muutuja tegurid;

ε_t – jääkväärtus.

Lisaks on x_t jaotatud valemis (1) lahti vastavalt (Shin *et al.* 2014):

$$x_t = x_0 + x_t^+ + x_t^- \quad (2)$$

kus

x_t^+ ja x_t^- – sõltumatu muutuja positiivsete ja negatiivsete šokkide summa

Sõltuva muutuja positiivsed ja negatiivsed šokid on võimalik leida allpool oleva valemiga (3), mille tulemusena tekib sõltumatust muutujast kaks uut muutujat. Täpsemalt on x_t^+ puhul tulemus kas positiivne või 0, ning x_t^- puhul kas negatiivne või 0. (Shin *et al.* 2014)

$$x_t^+ = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta x_j, 0), x_t^- = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta x_j, 0) \quad (3)$$

Juhul kui $\beta^+ \neq \beta^-$ ja mõlemad koefitsiendid on statistiliselt olulised, võime öelda, et x mõjutab y -it asümmeetriliselt. Juhul kui $\beta^+ = \beta^-$ on x mõju sümmeetriline, ehk muutuse amplituud y -s on samaväärne olenemata sellest, mis suunas x muutus. Valem (1) kujutab antud kujul ka muutujate pikaajalist regressiooni, ehk teisisõnu proovib valem (1) kirjeldada tasakaalu seisu muutujate vahel. (Shin *et al.* 2014)

2.2.2. Mittelineaarse ARDL mudeli loomine

Üldjuhul pole valem (1) kasutuskõlblik, sest see ei arvesta muutujate endogeensuse ja jääkide korrelatsiooniga, ning sellest tulenevalt ei rahulda valemis (1) OLS-i kaudu arvatud tegurid Gauss-Markovi teoreemi. Nende probleemide lahendamiseks esitasid Shin *et al.* (2014) mittelineaarse ARDL(p, q) mudeli:

$$y_t = \sum_{j=1}^p \phi_j y_{t-j} + \sum_{j=0}^q (\theta_j^+ x_{t-j}^+ + \theta_j^- x_{t-j}^-) + \varepsilon_t \quad (4)$$

kus

ϕ_j – autoregressiivse muutuja koefitsient;

θ_j^+ ja θ_j^- – asümmeetrilised jaotatud regressorite koefitsiendid;

p – sõltuva muutuja viidete arv;

q – sõltumatute muutujate viidete arv.

Valemi (4) saab ümber kirjutada veaparandusmudeliks (ECM, *error correction model*) järgides Pesaran *et al.* (2001) meetodit ja saades valemi kujul:

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \theta^+ x_{t-1}^+ + \theta^- x_{t-1}^- + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} (\varphi_j^+ \Delta x_{t-j}^+ + \varphi_j^- \Delta x_{t-j}^-) + \varepsilon_t = \rho \xi_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} (\varphi_j^+ \Delta x_{t-j}^+ + \varphi_j^- \Delta x_{t-j}^-) + \varepsilon_t \quad (5)$$

kus

$\rho = \sum_{j=1}^p \phi_j - 1$ – autoregressiivne pikaajaline koefitsient;

$\gamma_j = -\sum_{i=j+1}^p \phi_i$, kus $j = 1, \dots, p-1$ – autoregressiivne lühiajaline koefitsient;

$\xi_t = y_t - \beta^+ x_t^+ - \beta^- x_t^-$ – mittelineaarne veaparandus termin;

$\beta^+ = -\theta^+ / \rho$ ja $\beta^- = -\theta^- / \rho$ – asümmeetrilised pikaajalised koefitsiendid veaparandusmudelil;

$\theta^+ = \sum_{j=0}^q \theta_j^+$ – positiivsete pikaajaliste šokkide koefitsient;

$\theta^- = \sum_{j=0}^q \theta_j^-$ – negatiivsete pikaajaliste šokkide koefitsient;

$\varphi_j^+ = -\sum_{i=j+1}^q \theta_i^+$, kus $j = 1, \dots, p-1$ – positiivsete lühiajaliste šokkide koefitsient;

$\varphi_j^- = -\sum_{i=j+1}^q \theta_i^-$, kus $j = 1, \dots, p-1$ – negatiivsete lühiajaliste šokkide koefitsient;

$\varphi_0^+ = \theta_0^+$;

$\varphi_0^- = \theta_0^-$.

Lisaks võtame mudeli jaoks aluseks, et (Shin *et al.* 2014):

$$\Delta x_t = v_t \quad (6)$$

Siinkohal võtame ka mudeli eelduseks, et muutused muutujates u_t ja v_t on keskväärtuseta IID protsess, ehk nende šokid on iseseisvad ja identselt jaotatud. Selleks, et arvestada muutujate ja jäägi korrelatsiooni võimalusega valemis (5), muudetakse andmete genereerimisprotsessi Δx_t jaoks nõnda, et (Shin *et al.* 2014):

$$\Delta x_t = \sum_{j=1}^{q-1} \Lambda_j \Delta x_{t-j} + v_t \quad (7)$$

kus

Λ_j – sõltumatu muutuja lühiajaline koefitsient;

$v_t \sim \text{IID}(0, \Sigma_v)$;

Σ_v – $k \times k$ kovariatsiooni maatriks.

Valemit (7) on seega võimalik kasutada ε_t kirjeldamiseks järgneva valemiga (Shin *et al.* 2014):

$$\varepsilon_t = \omega' v_t + e_t = \omega' (\Delta x_t - \sum_{j=1}^{q-1} \Lambda_j \Delta x_{t-j}) + e_t \quad (8)$$

kus

ω' – veaparandusmudeli koefitsient.

e_t – jääkväärtus, mis on iseseisev muutujast v_t .

Kui asendada valemis (5) jääkväärtus ε_t valemiga (8) saame asümmeetrilise ECM-i valemi (Shin *et al.* 2014):

$$\Delta y_t = \rho \xi_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} (\pi_j^{+'} \Delta x_{t-j}^+ + \pi_j^{-'} \Delta x_{t-j}^-) + e_t \quad (9)$$

kus

$\pi_0^+ = \theta_0^+ + \omega$ – sõltumatu muutuja positiivne lühiajaline nullkoefitsient;
 $\pi_0^- = \theta_0^- + \omega$ – sõltumatu muutuja negatiivne lühiajaline nullkoefitsient;
 $\pi_j^+ = \varphi_j^+ - \omega' \Lambda_j$, kus $j = 1, \dots, p-1$ – sõltumatu muutuja positiivsed lühiajalised koefitsiendid;
 $\pi_j^- = \varphi_j^- - \omega' \Lambda_j$, kus $j = 1, \dots, p-1$ – sõltumatu muutuja negatiivsed lühiajalised koefitsiendid.

Järgides ülal lahti seletatud protsessi saame esitada NARDL ECM-i eeldused, et luua töötav mudel. Eeldusteks on (Shin *et al.* 2014):

- 1) $e_t \sim IID(0, \sigma_e^2)$;
- 2) x_t on valemist (7) saadud $k \times 1$ vektor I(1) muutujaid;
- 3) e_t ei korreleeru v_t -ga tulenevalt valemist (8);
- 4) $\rho < 0$, et mudelit saaks lugeda dünaamiliselt stabiilseks;
- 5) muutused muutujates u_t ja v_t on keskväertuseta IID protsess.

Eeldustele lähtudes püstitatakse ka mudeli nullhüpotees $H_0: \beta^+ = \beta^-$, ehk esineb sümmeetriline pikaajaline seos, mida on võimalik Wald testiga ümber lükata jälgides χ^2 test statistiku jaotuse tõenäosust. Sama meetodit kasutades on võimalik kinnitada ka lühiajaliste tegurite asümmeetriat, kuid lühiajaliste tegurite puhul kasutatakse positiivsete ja negatiivsete tegurite summasid, sest lühiajalised tegurid koosnevad ka viidetest. (Pesaran, Shin 1998; Shin *et al.* 2014)

2.2.3. Pikaajaliste seoste testimine ja asümmeetrilised dünaamilised kordajad

Selleks et kontrollida tegurite pikaajalist kointegratsiooni valemis (9), järgitakse Banerjee *et al.* (1998) t-statistikut (t_{BDM}) ja püstitatakse nullhüpotees $H_0: \rho = 0$, ning Pesaran *et al.* (2001) F-testi (F_{PSS}), mille käigus püstitatakse hüpotees $H_0: \rho = \theta^+ = \theta^- = 0$. Mõlema testi sisukas hüpotees on seega kointegratsiooni olemasolu. Kui F_{PSS} ületab kriitilise piiri ja t_{BDM} jääb alla kriitilise piiri saame ümber lükata vastava nullhüpoteesi. (Shin *et al.* 2014)

Asümmeetriliste muutujate lühiajaliste muutuste mõju sõltuva muutuja tasakaaluolekule on võimalik kirjeldada valemitega (Shin *et al.* 2014):

$$m_h^+ = \sum_{j=0}^h \frac{\partial y_{t+j}}{\partial x_t^+} \quad (10)$$

Positiivsete muutuste puhul ja negatiivsete muutuste puhul

$$m_h^- = \sum_{j=0}^h \frac{\partial y_{t+j}}{\partial x_t^-} \quad (11)$$

kus

kui $h \rightarrow \infty$, siis $m_h^+ \rightarrow \beta^+$ ja $m_h^- \rightarrow \beta^-$;

$\beta^+ = \frac{-\theta^+}{\rho}$ – sõltumatu muutuja positiivne pikaajaline koefitsient;

$\beta^- = \frac{-\theta^-}{\rho}$ – sõltumatu muutuja negatiivne pikaajaline koefitsient.

Saadud kordajatest on võimalik moodustada joonis, mis illustreerib, lisaks mõju suurusele ka seda mis perioodi (lühi- või pikaajalised) tegurid avaldavad asümmeetrilist mõju. Kui positiivsete ja negatiivsete sõltumatute muutujate muutuste mõju sõltuvale muutujale on erinev, siis on graafikul kujutletav asümmeetria joon (*asymmetry plot*) 0-joonest eemal, vastasel juhul on seos lineaarne. (Shin *et al.* 2014)

2.2.4. Kitsenduste tegemine

NARDL ECM saab võtta neli kuju sõltuvalt sellest, kas ja milliseid muutujad on lineaarse mõjuga. Kui kõik muutujad avaldavad asümmeetrilist mõju nii lühi- kui ka pikaajalisel, siis võtab NARDL ECM kuju valemi (9) järgi. Juhul kui esineb pikaajaline sümmeetria, on võimalik rakendada kitsendus $\theta^+ = \theta^- = \theta$ ja kogu valem esitada kujul (Shin *et al.* 2014):

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \theta x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} (\pi_i^+ \Delta x_{t-i}^+ + \pi_i^- \Delta x_{t-i}^-) + e_t \quad (12)$$

Lühiajaliste kitsenduste puhul on võimalik eristada kahte sorti sümmeetriat: $\pi_i^+ = \pi_i^-$ kõigi $i = 0, \dots, q-1$ puhul või siis $\sum_{i=0}^{q-1} \pi_i^+ = \sum_{i=0}^{q-1} \pi_i^-$. Mõlemat sorti kitsendust saab kujutada mudelis (Shin *et al.* 2014):

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \theta^+ x_{t-1}^+ + \theta^- x_{t-1}^- + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} \pi_i \Delta x_{t-i} + e_t \quad (13)$$

Kui arvestada mõlema perioodi sümmeetriaga saab esitada kõige kitsendatuma valemi kujul (Shin *et al.* 2014):

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \theta x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} \pi_i \Delta x_{t-i} + e_t \quad (14)$$

Valemitesse on võimalik kaasata lisaks asümmeetriliste muutujate ka sümmeetrilised muutujad saades täispika NARDL ECM üldvalemi kujul (Shin *et al.* 2014):

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \theta^+ x_{t-1}^+ + \theta^- x_{t-1}^- + \theta_z z_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} (\pi_i^+ \Delta x_{t-i}^+ + \pi_i^- \Delta x_{t-i}^- + \pi_z \Delta z_{t-i}) + e_t \quad (15)$$

kus

z_t – sümmeetrilise muutuja $g \times 1$ vektor regressoreid,

θ_z – sümmeetrilise muutuja pikaajaline mõjutegur,

π_z – sümmeetrilise muutuja lühiajaline mõjutegur.

2.3. Krüptovaluutade dominantside mõju modelleerimine

Antud uuringu läbiviimiseks on kasutatud Eviewsi ökonomeetria tarkvara. Lisaks kasutati Pat Obi (2020) Youtube'i NARDL videoseeriat abina mudelite koostamisel. Esimese sammuna kontrollitakse kas kõik muutujad on kas $I(0)$ või $I(1)$ kasutades ADF testi (*augmented Dickey-Fuller*) (Dickey, Fuller 1979), $I(2)$ muutujaid pole võimalik mudelis rakendada (Shin *et al.* 2014). Peale selle selgitatakse välja iga krüptovaluuta ja mudeli maksimaalsete viidete valik, kasutades VAR mudelit. Seejärel lastakse programmil koostada ARDL mudel, määraes sõltuvaks muutujaks ühe krüptovaluutadest ja kaasates ka dominantsi näitajad (BTCD, ETHD ja BNBD) ning teiste varaklasside näitajad (GOLD, OIL, SP500 ja US10Y). Mudelis kasutatakse VARi mudelist saadud viiteaeg, ning lisaks kasutatakse heteroskedastiivsust arvesse võtvaid standardvigu. Seejärel saab täpsustada mudelis asümmeetrilised muutujad, milleks on antud uuringu raames dominantside näitajad. Seega antud uuringu raames on moodustatud 5 mudelit, mille üldist NARDL (p, q, r, s, u, v, w, n) ECM-i saab esitada kujul:

$$\Delta KRÜPTO_t = c + at + \rho KRÜPTO_{t-1} + \beta_1 BTCD_{t-1}^+ + \beta_2 BTCD_{t-1}^- + \beta_3 ETHD_{t-1}^+ + \beta_4 ETHD_{t-1}^- + \beta_5 BNBD_{t-1}^+ + \beta_6 BNBD_{t-1}^- + \beta_7 GOLD_{t-1} + \beta_8 OIL_{t-1} + \beta_9 SP500_{t-1} + \beta_{10} US10Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta KRÜPTO_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} (\pi_1 \Delta BTCD_{t-i}^+ + \pi_2 \Delta BTCD_{t-i}^-) +$$

$$\sum_{i=0}^{r-1}(\pi_3\Delta ETHD_{t-i}^+ + \pi_4\Delta ETHD_{t-i}^-) + \sum_{i=0}^{s-1}(\pi_5\Delta BNBD_{t-i}^+ + \pi_6\Delta BNBD_{t-i}^-) + \sum_{i=1}^{u-1}\gamma_2\Delta GOLD_{t-i} + \sum_{i=1}^{v-1}\gamma_3\Delta OIL_{t-i} + \sum_{i=1}^{w-1}\gamma_4\Delta SP500_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1}\gamma_5\Delta US10Y_{t-i} + e_t \quad (16)$$

kus

KRÜPTO – vastavalt uurimise all olev krüptovaluuta (BTC, ETH, BNB, XRP, SOL),

p kuni n – muutujate viidete arv

c – konstant,

αt – ajatrend,

ρ – autoregressiivne pikaajaline mõjutegur,

β_1 kuni β_{10} – pikaajalised mõjutegurid,

γ_1 kuni γ_5 – sümmeetrilised lühiajalised mõjutegurid,

π_1 kuni π_6 – asümmeetrilised lühiajalised mõjutegurid,

$BTCD^+$ ja $BTCD^-$ – BTC dominantsi positiivsed ja negatiivsed šokid,

$ETHD^+$ ja $ETHD^-$ – ETH dominantsi positiivsed ja negatiivsed šokid,

$BNBD^+$ ja $BNBD^-$ – BNB dominantsi positiivsed ja negatiivsed šokid,

$GOLD$ – kuld,

OIL – nafta,

$SP500$ – SP500 indeks,

$US10Y$ – USA kümne aasta võlakirja tootlus,

e_t – jääkväärtus.

Seejärel on võimalik vaadata ka piirtesti (*bounds test*) tulemust, et kinnitada kointegratsiooni (Pesaran, Shin 1998; Shin *et al.* 2014). Kointegratsiooni olemasolu korral saab võtta mudelis kasutusel olevad asümmeetrilised tegurid ja kontrollida nende asümmeetriat Wald-i testiga (Shin *et al.* 2014). Valmis mudeli põhjal saab luua ka dünaamiliste kordajate graafikud, mis näitavad sõltumatu muutuja sümmeetrilisust ajas. Lisaks koostatakse ka CUSUM ja CUSUMQ graafikud, mis näitavad, kui mudel muutub ebastabiilseks. Lisaks saab kontrollida ka mudeli jääkide jaotust, autokorrelatsiooni ja heteroskedastiivsust, et uurida mudeli ennustusvõimet.

Uuringu esimese hüpoteesi vastu võtmiseks peab vähemalt üks dominantsidest mängima statistiliselt olulist rolli, olenemata sellest, kas mõju sõltuval muutujale on asümmeetriline või mitte. Uuringu teise hüpoteesi vastu võtmiseks peab Bitcoin dominants sõltuva muutujaga negatiivses seoses olema, ehk Bitcoin dominantsi langusele peaks järgnema sõltuva muutuja kasv.

Bitcoin'i enda mudeli puhul on teise hüpoteesi vastuvõtmise eeldus vastupidine, ehk Bitcoin'i dominantsil on positiivne seos, ning Bitcoin'i dominantsi langusele järgneb samuti langus. Uuringu kolmanda hüpoteesi vastu võtmiseks peaksid Ethereum'i mõjud sõltuvale muutujale olema kõige suuremad, ehk Ethereum'i asümmeetrilised koefitsiendid peavad olema suurima aritmeetilise keskmisega. Aritmeetiline keskmine teeb võrdluse võimalikuks ka sümmeetriliste koefitsientidega.

Uuringu käigus koostatud mudelite kokkuvõtte on nähtavad lisas 5. Uuringus koostatud mudelite diagnostika kokkuvõtte on nähtav lisas 6. Uuringu raames koostatud testid, mudelite tulemused ja graafikud on esitatud lisades 7-62. Seoste kirjeldamiseks kasutatakse tasandite mudelit (valem 1) (*levels equation*).

3. NARDL MUDELIST AVALDUVAD SEOSED

Antud peatükk annab ülevaate kõikide dominantside ja teiste varaklasside seostest krüptovaluutade hindadega. Saadud tulemustega antakse hinnang töös püstitatud hüpoteesile, ning tehakse ka ettepanekuid edasisteks uuringuteks.

3.1. Bitcoin mudel

Bitcoin mudelist (Lisad 5-19) on näha, et nii Bitcoin, kui ka Ethereum dominantsid mõjutavad asümmeetriliselt Bitcoin hinda nii lühi-, kui ka pikas perspektiivis. Seevastu BNB dominants ei omanud statistiliselt olulist rolli nii sümmeetriliselt kui ka asümmeetriliselt, ning on lõplikult mudelist välja jäetud. Tulemuse põhjal saab Bitcoin mudeli puhul esimese hüpoteesi vastu võtta. Ainus uuringusse kaasatud teine varaklass mis omas statistiliselt olulist rolli 5% piires Bitcoin hinnas oli SP500, mille 1% tõusu tagajärjel tõuseb Bitcoin hind üldiselt 2,4%.

Bitcoin dominantsi negatiivne mõju on suurem positiivsest mõjust, täpsemalt Bitcoin dominantsi 1% tõusu puhul tõuseb Bitcoin hind üldiselt 2,5%, kuid Bitcoin dominantsi languse puhul langeb Bitcoin hind üldiselt 4,1%. Ethereum dominantsi tõusu puhul tõuseb Bitcoin hind üldiselt 1,7%, kuid Ethereum dominantsi languse puhul langeb Bitcoin hind 0,8%, ehk Ethereum positiivsed šokid on negatiivsetest mõjusamad. Bitcoin puhul on näha, Bitcoin enda dominants mõjutab hinda rohkem, kui Ethereum dominants, kuna Bitcoin dominantsi koefitsiendid on Ethereum dominantsi omadest märkimisväärselt suuremad. Saadud tulemuse põhjal saame Bitcoin mudeli puhul vastu võtta teise hüpoteesi, kuna Bitcoin dominantsi tõusule järgneb Bitcoin hinnakasv, ning dominantsi languse puhul Bitcoin hind langeb. Kolmandat hüpoteesi ei ole antud mudeli puhul võimalik vastu võtta, kuna Bitcoin dominants avaldab suuremat mõju kui Ethereum dominants.

Koostatud mudeli jääkide vahel ei esine autokorrelatsiooni. Küll aga esineb mudelis heteroskedastiivsus, ning selle tõttu on mudelis kasutatud korrigeeritud standardvigu, mis ei kaota

heteroskedastiivsust, kuid võtab seda arvesse. Bitcoin mudeli jääkide jaotus ei allu ka normaaljaotusele, kui vaadata Jarque-Bera testi tulemust, kuid visuaalselt graafikut vaadates on näha, et üksikud jäägid eiravad normaaljaotust, ning tulenevalt suurest vaatluste arvust on saadud tulemus autori arvates piisavalt hea, et selle põhjal järeldusi teha. Mudeli jääkide diagrammil on näha ka jääkide aegrida, kus on näha üksikuid erindid, mis kajastusid ka Jarque-Bera testis. Lisaks on CUSUM graafikult näha, et mudel püsib 5% piiri sees, kuid CUSUMSQ graafikult väljub joon vahepeal piiridest.

3.2. Ethereumi mudel

Ethereumi Mudelist (Lisad 5, 6 ja 20-32) on näha, et nii Bitcoin, kui ka Ethereum dominantsid mõjutavad asümmeetriliselt Bitcoin hinda nii lühi-, kui ka pikas perspektiivis, kuid BNB dominants ei omanud statistiliselt olulist rolli nii sümmeetriliselt kui ka asümmeetriliselt, ning on lõplikult mudelist välja jäetud. Tulemuste põhjal saame Ethereumi mudeli puhul samuti esimese hüpoteesi vastu võtta. Ainus uuringusse kaasatud teine varaklass mis omas statistiliselt olulist rolli 5% piires Ethereum hinnas oli taaskord SP500, mille 1% tõusu tagajärjel tõuseb Ethereum hind üldiselt 2,1%.

Bitcoin dominantsi negatiivne mõju on jällegi suurem positiivsest mõjust, täpsemalt Bitcoin dominantsi 1% tõusu puhul tõuseb Ethereum hind üldiselt 1,4%, kuid Bitcoin dominantsi languse puhul langeb Ethereum hind üldiselt 3,1%. Saadud tulemuse põhjal ei võeta Ethereumi mudeli puhul vastu teist hüpoteesi. Ethereum dominantsi tõusu puhul tõuseb Ethereum hind üldiselt 2,8%, kuid Ethereum dominantsi languse puhul langeb Ethereum hind 1,8%, ehk Ethereum positiivsed šokid on negatiivsetest mõjusamad. Ethereum mudelist on näha, et Ethereum hinda mõjutab Ethereum enda dominants rohkem, kui Bitcoin dominants. Küll aga on Ethereum puhul mõlema dominantsi mõju peaaegu sama suur, kuid piisavalt erinev, et Ethereumi mudeli puhul vastu võtta kolmas hüpotees.

Ethereumi mudeli jääkide vahel ei esine autokorrelatsiooni. Küll aga esineb mudelis heteroskedastiivsus, ning selle tõttu on mudelis kasutatud korrigeeritud standardvigu, mis ei kaota

heteroskedastiivsust, kuid võtab seda arvesse. Ethereumi mudeli jääkide jaotus ei allu ka normaaljaotusele, kui vaadata Jarque-Bera testi tulemust, kuid visuaalselt graafikut vaadates on näha, et üksikud jäägid eiravad normaaljaotust, ning tulenevalt suurest vaatluste arvust on saadud tulemus autori arvates piisavalt hea, et selle põhjal järeldusi teha. Mudeli jääkide diagrammil on näha ka jääkide aegrida, kus on näha ka üksikuid erindeid, mis kajastusid ka Jarque-Bera testis. Lisaks on CUSUM graafikult näha, et mudel püsib 5% piiri sees, kuid CUSUMSQ graafikult väljub joon vahepeal piiridest.

3.3. Binance Coini mudel

Binance Coini Mudelist (Lisad 5, 6 ja 33-45) on näha, et nii Bitcoin, kui ka Ethereumi dominantsid mõjutavad asümmeetriliselt Bitcoin hinda nii lühi-, kui ka pikas perspektiivis, kuid BNB dominants ei omanud asümmeetrilist rolli BNB hinna moodustumisel, vaid on esindatud sümmeetriliselt. Tulemuste põhjal saame BNB mudeli puhul esimese hüpoteesi vastu võtta. Ainus uuringusse kaasatud teine varaklass mis omas statistiliselt olulist rolli 5% piires BNB hinnas oli jällegi SP500, mille 1% tõusu tagajärjel tõuseb BNB hind üldiselt 2,2%. Peale SP500 on 10% piires mudelis oluline teine varaklass ka kuld, mille hinna 1% tõusu tagajärjel langeb BNB hind üldiselt 2%.

Bitcoin dominantsi negatiivne mõju on jällegi suurem positiivsest mõjust, täpsemalt Bitcoin dominantsi 1% tõusu puhul tõuseb BNB hind üldiselt 1,4%, kuid Bitcoin dominantsi languse puhul langeb BNB hind üldiselt 3,2%. Saadud tulemuste põhjal BNB mudeli puhul teist hüpoteesi vastu võtta ei saa. Ethereumi dominantsi tõusu puhul tõuseb BNB hind üldiselt 2%, kuid Ethereumi dominantsi languse puhul langeb BNB hind 1%, ehk Ethereumi positiivsed šokid on negatiivsetest mõjusamad. BNB enda dominantsi 1% muutus mõjutab BNB hinda 0,9% samas suunas. BNB mudelis mõjutab BNB hinda dominantsidest kõige rohkem Bitcoin dominants, ning kõige vähem mõjutab BNB hinda BNB enda dominants. Saadud tulemuste põhjal BNB mudeli puhul ei saa vastu võtta ka kolmandat hüpoteesi.

BNB mudeli jääkide vahel ei esine autokorrelatsiooni. Küll aga esineb mudelis heteroskedastiivsus, ning selle tõttu on mudelis kasutatud korrigeeritud standardvigu, mis ei kaota heteroskedastiivsust, kuid võtab seda arvesse. BNB mudeli jääkide jaotus ei allu ka normaaljaotusele, kui vaadata Jarque-Bera testi tulemust, kuid visuaalselt graafikut vaadates on näha, et üksikud jäägid eiravad normaaljaotust, ning tulenevalt suurest vaatluste arvust on saadud tulemus autori arvates piisavalt hea, et selle põhjal järeldusi teha. Mudeli jääkide diagrammil on näha ka jääkide aegrida, kus on näha ka üksikuid erindeid, mis kajastusid ka Jarque-Bera testis. Lisaks on CUSUM graafikult näha, et mudel ei püsi alati 5% piiri sees, vaid väljub vahepeal, kuid veidi hiljem langeb tagasi 5% piiride vahele. CUSUMSQ graafikult seevastu väljub joon piiride vahelt üsna tihti.

3.4. Ripple'i mudel

Ripple'i Mudelist (Lisad 5, 6 ja 46-58) on näha, et nii Bitcoin, kui ka Ethereumi dominantsid mõjutavad asümmeetriliselt Ripple'i hinda nii lühi-, kui ka pikas perspektiivis, kuid BNB dominants ei omanud statistiliselt olulist rolli nii sümmeetriliselt kui ka asümmeetriliselt, ning on lõplikult mudelist välja jäetud. Saadud tulemuste põhjal võtame esimese hüpoteesi Ripple'i mudeli puhul vastu. Ripple'i mudelis olid teistest varaklassidest 5% piires olulised nii kuld, kui ka SP500. Kulla hinna 1% muutuse puhul muutub Ripple'i hind üldiselt 0,2% vastassuunda, ning SP500 1% muutuse puhul muutub Ripple'i hind üldiselt 1,4% samas suunas. Ripple'i mudelis oli teistest varaklassidest 10% piires oluline ka Ameerika Ühendriikide 10a võlakirja tootlus, mille 1% muutuse puhul muutub Ripple'i hind üldiselt 0,5% samas suunas.

Bitcoin dominantsi positiivne mõju mudelis on suurem negatiivsest mõjust, täpsemalt Bitcoin dominantsi 1% tõusu puhul langeb Ripple'i hind üldiselt 1,2%, kuid Bitcoin dominantsi languse puhul langeb Ripple'i hind üldiselt 0,1%. Teisisõnu on Bitcoin dominantsi ja Ripple'i hinna vahel alati negatiivne seos, mille tulemusena ei saa otsust teise hüpoteesi kohta langetada. Ethereum dominantsi tõusu puhul tõuseb Ripple'i hind üldiselt 0,5%, ning Ethereum dominantsi languse puhul tõuseb Ripple'i hind 0,2%, ehk Ethereum dominantsi muutus omab alati positiivset mõju Ripple'i hinnale. Ripple'i mudeli tulemustest on näha, et Bitcoin dominants mõjutab Ripple'i

hinda rohkem, kui Ethereumi dominants. Saadud tulemuste põhjal ei võeta Ripple'i mudeli puhul vastu ka kolmandat hüpoteesi.

Ripple'i mudeli jääkide vahel ei esine autokorrelatsiooni. Küll aga esineb mudelis heteroskedastiivsus, ning selle tõttu on mudelis kasutatud korrigeeritud standardvigu, mis ei kaota heteroskedastiivsust, kuid võtab seda arvesse. Ripple'i mudeli jääkide jaotus ei allu ka normaaljaotusele, kui vaadata Jarque-Bera testi tulemust, kuid visuaalselt graafikut vaadates on näha, et üksikud jäägid eiravad normaaljaotust, ning tulenevalt suurest vaatluste arvust on saadud tulemus autori arvates piisavalt hea, et selle põhjal järeldusi teha. Mudeli jääkide diagrammil on näha ka jääkide aegrida, kus on näha ka üksikuid erindeid, mis kajastusid ka Jarque-Bera testis. Lisaks on CUSUM graafikult näha, et mudel püsib 5% piiri sees, kuid CUSUMSQ graafikult väljub joon vahepeal piiridest.

3.5 Solana mudel

Solana mudel (Lisad 5, 6 ja 59-62) ei näidanud kointegratsiooni olemasolu, ehk antud uuringus kasutatud dominantsid ei oma statistiliselt olulist rolli Solana hinna kujunemisel. Solana mudeli puhul seega esimest hüpoteesi vastu ei võeta, ning teisele ja kolmandale hüpoteesile pole võimalik hinnangut anda.

3.6. Järeldused ja soovitusel tulevasteks uuringuteks

Mudelite tulemustest on näha, et krüptovaluutade dominantsid mängivad rolli pea kõigis uuringus vaadeldud krüptovaluutade hinnas, seega saame vastu võtta uuringu esimese hüpoteesi, milleks oli:

H1: Krüptovaluutade dominantsid omavad rolli krüptovaluutade hindade kujunemises.

Ainus mudel, mille puhul ükski vaatluse all olev dominants ei mänginud rolli oli Solana. Kuna vaadeldud krüptovaluutade dominantsid ei mängi saadud tulemuste põhjal rolli kõigi

krüptovaluutade hindades, tuleks investoritel enne dominantsi kaasamist mudelisse uurida, kas dominantsidel on üldsegi statistiliselt oluline roll uuritava krüptovaluuta hinna kujunemisel. Lisaks tasub märkida, et mõju avaldasid üldiselt ainult Bitcoin ja Ethereumi dominantsid. Ainus mudel, kus BNB dominantsi rolli mängis oli BNB enda mudel, ehk on võimalik, et Ripple'i ja Solana dominantsid oleksid enda krüptovaluutade mudelites statistiliselt olulist rolli mänginud.

Uuringu tulemused ei toetanud ka Bybit Learni (2021) välja pakutud kauplemisstrateegiat. Strateegia võeti kokku hüpoteesiga:

H2: Bitcoin dominantsi langus tõstab altcoinide hindu.

Teine hüpotees võeti vastu ainult Bitcoin mudelis, ehk kauplemisstrateegia on sobilik Bitcoiniga kauplemiseks. Teiste krüptovaluutade puhul strateegiat kasutada ei saa, sest üldiselt oli Bitcoin dominantsi ja krüptovaluutade hindade vahel positiivne seos, ehk koefitsiendid olid positiivsed. Erandiks oli Ripple, mis, sõltumata Bitcoin dominantsi muutuse suunast, alati langeb. Uuringu tulemustest võib seega järeldada, et Bitcoin dominantsi suhe on erinevate krüptovaluutadega erinev. Seega tehes järeldusi teiste krüptovaluutade hindade kujunemisel kasutades muutusi Bitcoin dominantsis, on eelnevalt vaja välja selgitada, milline seos uuritava krüptovaluuta ja dominantsi vahel esineb, ning strateegias kirjeldatud üleüldine seos, et Bitcoin dominantsi langusele järgneb altcoinide hindade tõus ei pea paika.

Uuringu kolmanda hüpoteesi eesmärk on toetada varasemate uuringute tulemusi, milleks on, et Ethereum avaldab suuremat mõju teistele krüptovaluutadele, kui Bitcoin. Täpsemalt oli kolmandaks hüpoteesiks:

H3: Ethereum dominants avaldab kõige suuremat mõju krüptovaluutade hindadele krüptovaluutade dominantsidest.

Uuringu tulemused ei ole piisavad, et kolmandat hüpoteesi vastu võtta. Bitcoin avaldas suuremat mõju Ethereumist kolmes mudelis. Ainus mudel, kus Ethereum dominantsi mõjud ületasid Bitcoin omasid oli Ethereum enda mudel. Saadud tulemus on seega suuresti vastuolus varasemate uuringutega, kuid samas oli varasemates uuringutes vaadeldud Ethereum hinda mitte dominantsi, nii et tulemused ei pruugigi üle kanduda. Saadud tulemus osaliselt kinnitab ka esimest hüpoteesi, kuna kui dominantsid ei käitu krüptovaluutade hindade moodustumisel sarnaselt hindadele, vaid

omavad teisi seoseid krüptovaluutade hindadega. Sellest tulenevalt võib dominantside kaasamine mudelites koos hindadega parandada mudeli kirjeldusvõimet.

Kuna dominantsid mängivad statistiliselt olulist rolli osades mudelites, on dominantse võimalik kasutada hindade ennustamise mudelites. Sellest tulenevalt pakub autor välja edasistes uuringutes, mis uurivad krüptovaluutade hindade kujunemist, kaasata ka krüptovaluutade dominantse. Lisaks võiks uurida ka dominantside volatiilsuse ülekandumist hindadele ja teistele dominantsidele, mis aitaks kirjeldada veel täpsemini sisemisi seoseid krüptoturul. Antud uuringu mudelite heteroskedastiivsuse eemaldamiseks võiks proovida koostada ka teiste parameetritega mudeleid, mis probleemi väldiksid.

KOKKUVÕTE

Tulenevalt krüptoturu vähesest vanusest ja teiste varaklassidega võrdlemisi limiteeritud varasemate uuringute mahust pole krüptoturu sisemised seosed täielikult kaardistatud. Lisaks on mitmed uuringud täheldanud ka seoste muutumist ajas, mis teeb pideva uurimise vajalikuks, et omada head arusaama krüptoturust. Krüptoturu sisemiste seoste mõistmine aitab investoritel teha paremaid otsuseid kaubeldes, mis teeb nende kaardistamise oluliseks.

Varasemalt on uuritud nii krüptovaluutade hindade omavahelisi seoseid, stabiilkrüptovaluutade loomise ja krüptovaluutade hindade vahelisi seoseid, ning krüptovaluutade ja teiste varaklasside vahelisi seoseid. Küll aga pole autorile teadaolevalt varasemalt uuritud krüptovaluutade ja nende dominantside, ehk krüptovaluutade turuosakaale kogu krüptoturust, vahelisi seoseid. Sellest tulenevalt on antud töö eesmärk esmakordselt kirjeldada krüptovaluutade dominantside, täpsemalt: Bitcoin, Ethereum ja BNB, mõju erinevate krüptovaluutade hindadele kasutades NARDL (*nonlinear autoregressive distributed lag*) mudelit, mis võimaldab kirjeldada dominantside asümmeetrilisi lühi- ja pikaajalisi mõjusid krüptovaluutade hindadele. Uuringus koostatud mudelitega proovitakse leida tõestust kolmele hüpoteesile milleks on:

H1: Krüptovaluutade dominantsid omavad rolli krüptovaluutade hindade kujunemisel;

H2: Bitcoin dominantsi langus tõstab altcoinide hindu;

H3: Ethereum dominants avaldab kõige suuremat mõju krüptovaluutade hindadele krüptovaluutade dominantsidest.

Uuringus püstitatud hüpoteesidele otsiti tõestust kirjeldades krüptovaluuta dominantside mõju viie krüptovaluuta hindadele, saades seega viis mudelit. Uuringu all olevateks krüptovaluutadeks on: Bitcoin, Ethereum, Binance Coin, Ripple ja Solana. Lisaks on mudelites kasutusel ka teiste varaklasside esindajad, milleks on: kuld, nafta, S&P 500 ja USA 10 aasta võlakiri. Uuringu vaatlusperiood algab 2017 krüptoturu krahhist ja lõpeb tänapäeval, ehk uuringu vaatlusperioodiks on 17.12.2017-31.03.2022 ja andmed on päevase sagedusega.

Esimese hüpoteesi eesmärk oli tõestada dominantside rolli olemasolu krüptovaluutade hindades, mis annab aluse ka dominantside kasutamise edasistes uuringutes. Uuringu tulemuste põhjal on

esimene hüpotees võimalik ka vastu võtta, kuid mitte kõigi krüptovaluutade ja dominantside puhul. Solana mudelis ei mänginud statistiliselt olulist rolli ükski uuringusse kaasatud dominants, kuid kõikide teiste krüptovaluutade puhul olid mõjud statistiliselt olulised. Lisaks oli Binance Coini dominants oluline vaid Binance Coini enda mudelis, kus see avaldas sümmeetrilist mõju. Bitcoin ja Ethereum dominantsid avaldasid seega alati asümmeetrilist mõju kõigis mudelites peale Solana. Tulemused viitavad ka asjaolule, et kuna dominantsid ei mängi rolli kõigi krüptovaluutade hindade kujunemisel, tuleks enne dominantside kasutamist modelleerimisel kinnitada nende mõju olemasolu uuritava krüptovaluuta hinna kujunemisel.

Uuringu teise hüpoteesi eesmärk oli mudelite abil kinnitada Bitcoin dominantsi üks võimalikest välja pakutud kauplemisstrateegiatest. Strateegia kohaselt peaks Bitcoin dominantsi langusele jätkuma altcoinide hinna tõus ja dominantsi tõusu puhul altcoinide hinna langus. Bitcoin hind seevastu on strateegias vastupidises seoses altcoinidega. Uuringu tulemuste põhjal ei saa teist hüpoteesi vastu võtta, sest ainus mudel, kus kirjeldatud seos esines oli Bitcoin enda mudel. Lisaks oli Ripple'i mudeli puhul Bitcoin dominantsi mõju alati negatiivne, olenemata kummale poole Bitcoin dominants liigub. Kuna Bitcoin dominantsi mõju on sõltuvalt krüptovaluutast erinev, tuleks enne dominantsiga kauplemisstrateegia loomist välja selgitada mõju täpne olemus kaubeldava krüptovaluuta hinnale.

Kolmanda hüpoteesi eesmärgiks oli kinnitada varasemate uuringute tulemusi, mis esitavad Ethereum, kui kõige mõjusamat krüptovaluutat krüptoturul. Uuringu tulemuste põhjal ei saa kolmandat hüpoteesi vastu võtta, sest ainus mudel mis seda toetas oli Ethereum enda mudel, ehk Bitcoin dominantsi muutused olid mõjusamad hindadele kui Ethereum omad. Sellest tulenevalt on ka antud uuringu tulemuste põhjal Bitcoin dominants kõige mõjusam krüptovaluutade dominantsidest.

Edasisteks uuringuteks pakub autor välja uurida nii dominantside kui hindade mõju krüptovaluutade hindade kujunemisele. Lisaks aitaks dominantside omavaheline, ning dominantside, krüptovaluutade hindade ja teiste varaklasside omavaheliste volatiilsusülekanndumiste uurimine. Samuti võiks ka proovida parandada ka antud uuringus koostatud mudeleid teiste parameetritega, et vältida heteroskedastiivsust.

SUMMARY

CRYPTO DOMINANCE'S ROLE IN THE CRYPTO MARKET

Jaagup Kukk

Due to the short history and relatively limited literature on the subject of crypto compared to other markets, the inner relationships of the crypto market have not been well documented. In addition, multiple studies have described changes over time in the crypto market, leading to a need for constant research, in order to get a good understanding of the crypto market. Knowing the inner relationships of the crypto market allows investors to make better decisions when trading, thus making the documentation of relationships important.

Earlier literature has studied the relationships between cryptocurrencies themselves, the relationship between stablecoin grants and cryptocurrency prices and relationships between cryptocurrencies and other asset classes. To the best of the authors knowledge, no studies have been done on the relationships between crypto prices and dominances, which represent the market share of a particular cryptocurrency in the whole crypto market. Thus, the goal of the study at hand is to describe the role of cryptocurrency dominances on Crypto prices, the dominances looked at are those of: Bitcoin, Ethereum and Binance Coin. To show the relationships, a NARDL (nonlinear autoregressive distributed lag) model is used, which allows us to show asymmetric short- and long-run effects of crypto dominances on crypto prices. The model is used to find evidence for three hypotheses:

H1: Cryptocurrency dominances play a role in cryptocurrency price formation;

H2: A fall in Bitcoin's dominance will rise altcoin prices;

H3: Ethereum's dominance is the most influential of the cryptocurrency dominances.

To find evidence for the hypotheses the influences of the crypto dominances are modeled on five cryptocurrencies, giving us five models. The cryptocurrencies included in the study are: Bitcoin, Ethereum, Binance Coin, Ripple and Solana. The models also include control variables from other

asset classes, more specifically: gold, oil, the S&P 500 and the United states' 10-year bond. The study period begins with the crypto market crash of 2017 and extends to present day, giving us the study period 17.12.2017-31.03.2022, with daily frequency.

The goal of the first hypothesis is to show the existence of crypto dominance's effects on crypto prices, giving a basis for using dominance in further studies. The results of the study show, that we can accept the first hypotheses, but not for all cryptocurrencies and dominances. More specifically, none of the dominances played a statistically significant role in the price formation of Solana, but all other cryptocurrencies had statistically significant relationships with dominances. Furthermore, Binance Coin's dominance was only statistically significant in Binance Coin's own model, where it had a linear relationship. Bitcoin's and Ethereum's dominances both show a statistically significant asymmetric effect on all models except for Solana as mentioned before. The results point to the fact, that since not all dominances play a role in all cryptocurrency prices, the specific relationships present between certain dominances and cryptocurrencies should be considered when modeling for price formation.

The goal of the second hypothesis is to find support for one of the proposed trading strategies involving Bitcoin's dominance. According to said strategy, a fall in Bitcoin's dominance should result in rising prices for altcoins and a growth in Bitcoin's dominance should lead to a fall in altcoin prices. The price of Bitcoin itself on the other hand is proposed to move opposite to stablecoins in the scenario. The results of the study lead to a rejection of the second hypothesis, since the only model supporting the strategy is Bitcoin's. In addition, Ripple prices respond negatively to any change in Bitcoin's dominance. Since the role of Bitcoin's dominance varies by crypto, the effects of Bitcoin's dominance on the crypto in question should be known before formulating a strategy for trading with dominance.

The goal of the third hypothesis is to find further support for results gained from earlier studies, more specifically for the results pointing to Ethereum as being the most influential cryptocurrency on the market. From the results of the study at hand the third hypothesis is rejected, since the only model showing support for it is the Ethereum model, meaning that changes in Bitcoin's dominance

have a bigger effect on average than the changes in Ethereum's dominance. From these results we can conclude that Bitcoin's dominance is the most influential crypto dominance.

For further study, the author suggests modelling the effects of dominances alongside with various cryptocurrency prices on specific cryptocurrency prices. In addition, the study of connectedness in-between dominances themselves, connectedness between crypto prices, dominances and other asset classes could yield interesting results. Furthermore, the models constructed in the study at hand could be tried with different parameters to avoid the problem of heteroscedasticity.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Banerjee. A., Dolado. J. J., Mestre. R. (1998). Error-Correction Mechanism Tests for Cointegration in Single Equation Framework. *Journal of Time Series Analysis*, 19, 267-283.
2. Bouri. E., Gupta. R., Lahiani. A., Shahbaz. M. (2018). Testing for asymmetric nonlinear short- and long-run relationships between bitcoin, aggregate commodity and gold prices. *Resources Policy*, 57, 224-235.
3. Bybit Learn. (2021). *Bitcoin (BTC) Dominance: How It Changes the Way You Trade Crypto*. Kättesaadav: <https://learn.bybit.com/investing/what-is-bitcoin-dominance/>, 16. aprill 2022.
4. Ciaian. P., Rajcaniova. M., Kancs, D. (2018). Virtual relationships: Short- and long-run evidence from BitCoin and altcoin markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 52, 173-195.
5. Corbet. S., Meegan. A., Larkin. C., Lucey. B., Yarovaya. L. (2018). Exploring the dynamic relationships between cryptocurrencies and other financial assets. *Economic Letters*, 165, 28-34.
6. Demir. E., Simonyan. S., Garcia-Gomez. C., Lau. C. K. M. (2021). The asymmetric effect of bitcoin on altcoins: evidence from the nonlinear autoregressive distributed lag (NARDL) model. *Finance Research Letters*, 40, 101754.
7. Dickey. D. A., Fuller. W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74, 427-431.
8. Gandal. N., Halaburda. H. (2016). Can We Predict the Winner in a Market with Network Effects? Competition in Cryptocurrency Market. *Games*, 7 (3), 16.
9. Ji. Q., Lau. C. K. M., Roubaud. D. (2019). Dynamic connectedness and integration in cryptocurrency markets. *International Review of Financial Analysis*, 63, 257-272.

10. Kristjanpoller. W., Bouri. E., Takaishi. T. (2020). Cryptocurrencies and equity funds: Evidence from an asymmetric multifractal analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 545, 123711.
11. Kristoufek. L. (2020). Grandpa, Grandpa, Tell Me the One About Bitcoin Being a Safe Haven: New Evidence From the COVID-19 Pandemic. *Front. Phys.* 8:296.
12. Kristoufek. L. (2021). Tethered, or Untethered? On the interplay between stablecoins and major cryptoassets. *Finance Research Letters*, 43, 101991.
13. Kumar. E., Iqbal. N., Mitra. S. K., Kristoufek. L., Bouri. E. (2022). Connectedness among major cryptocurrencies in standard times and during the COVID-19 outbreak. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 77, 101523.
14. Nakamoto. S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Kättesaadav: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> , 16. aprill 2022.
15. Obi. P. (2020). *NARDL Bounds Test - 1of5 (Introduction)*. [Video]. Kättesaadav: https://www.youtube.com/watch?v=x0E_3WgSBdg, 09.04.2022.
16. Obi. P. (2020). *NARDL Bounds Test - 2of5 (Empirical Formulation)*. [Video]. Kättesaadav: <https://www.youtube.com/watch?v=YYRm9KD4MNI>, 09.04.2022.
17. Obi. P. (2020). *NARDL Bounds Test - 3of5 (Interpretation)*. [Video]. Kättesaadav: <https://www.youtube.com/watch?v=90t5PIRi1-k>, 09.04.2022.
18. Obi. P. (2020). *NARDL Bounds Test - 4of5 (Asymmetry Tests)*. [Video]. Kättesaadav: <https://www.youtube.com/watch?v=FmnSeZILMZg>, 09.04.2022.
19. Obi. P. (2020). *NARDL Bounds Test - 5of5 (Multipliers)*. [Video]. Kättesaadav: <https://www.youtube.com/watch?v=AuirUaiD75M>, 09.04.2022.
20. Pesaran. M. H., Shin. Y. (1998). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, 371-413.

21. Pesaran. M. H., Shin. Y., Smith. R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
22. Shin. Y., Yu. B., Greenwood-Nimmo. M. (2014) Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. *Sickles R., Horrace W. (eds) Festschrift in Honor of Peter Schmidt*, 281-314.
23. Tradingview.com. (2022). *BNBUSD*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=BINANCE%3ABNBUSD>,
09.04.2022.
24. Tradingview.com. (2022). *BNB.D*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=CRYPTOCAP%3ABNB.D>,
09.04.2022.
25. Tradingview.com. (2022). *BTCUSD*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=COINBASE%3ABTCUSD>,
09.04.2022.
26. Tradingview.com. (2022). *BTC.D*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=CRYPTOCAP%3ABTC.D>,
09.04.2022.
27. Tradingview.com. (2022). *DCOILBRENTTEU*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=FRED%3ADCOILBRENTTEU>,
09.04.2022.
28. Tradingview.com. (2022). *ETHUSD*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=COINBASE%3AETHUSD>,
09.04.2022.
29. Tradingview.com. (2022). *ETH.D*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=CRYPTOCAP%3AETH.D>,
09.04.2022.
30. Tradingview.com. (2022). *GOLD*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=TVC%3AGOLD>, 09.04.2022.

31. Tradingview.com. (2022). *SOLUSD*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=FTX%3ASOLUSD>,
09.04.2022.
32. Tradingview.com. (2022). *SP500*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=FRED%3ASP500>, 09.04.2022.
33. Tradingview.com. (2022). *US10Y*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=TVC%3AUS10Y>, 09.04.2022.
34. Tradingview.com. (2022). *XRPUSD*. Kättesaadav:
<https://www.tradingview.com/chart/P4fb9Nlh/?symbol=BINANCE%3AXRPUSD>,
09.04.2022.
35. Wei. W. C. (2018). The impact of Tether grants on Bitcoin. *Economics Letters*, 171, 19-22.
36. Yi. S., Xu. Z., Wang. G. (2018). Volatility connectedness in the cryptocurrency market: Is Bitcoin a dominant cryptocurrency?. *International Review of Financial Analysis*, 60, 98-114.
37. Yaya. O. S., Ogbonna. A. E., Olubusoye. O. E. (2019). How persistent and dynamic interdependent are pricing of Bitcoin to other cryptocurrencies before and after 2017/18 crash?. *Physica A*, 531, 1-11.

Lisad

Lisa 1. Varasemate uuringute mudelid

Autorid	Aasta	Meetod	Periood	Krüptovaluutad	Krüptovaluutadega seotud muutujad	Teiste varaklasside muutujad
Kumar <i>et al</i>	2022	Hajuvus ja sagedus ülekandumine	2017-2021	BTC, ETH, XRP, LTC, BCH, EOS, BNB, BSV, TRX	Päevane tootlus	—
Demir <i>et al</i>	2021	NARDL	2015-2019	BTC, XRP, ETH, LTC	Päevane tootlus, Vikipeedia vaatamiste arv	Kuld, nafta, NASDAQ, USA 10a võlakiri, USD/EUR
Kristoufek	2021	Hajuvus ülekandumine	2016-2021	BTC, ETH, XRP, USDT, BUSD, HUSD, PAX, USDC, DAI, GUSD, SAI, TUSD, USDK	Päevane tootlus, kogus	—
Kristjanpoller <i>et al</i>	2020	Multifraktaalne ülekandumine	2015-2019	BTC, LTC, XRP, XMR, DASH	Päevane tootlus	QQQ, EEM, FXI, XLE, XLF, EWJ
Kristoufek	2020	Kvantiil korrelatsioon	2014-2020	BTC	Päevane tootlus, CRIX indeksi päevane tootlus	S&P 500, VIX, kuld, DJI, FTSE, NIKKEI
Ji <i>et al</i>	2019	Hajuvus ülekandumine	2015-2018	BTC, ETH, XRP, LTC, DASH, XLM	Päevane tootlus, volatiilsus	GFSI, MSCI, GSCI, VIX, EPU, kuld
Yaya <i>et al</i>	2019	FCVAR	2015-2018	BTC, ETH, XRP, XLM, DASH, DOGE, LTC, XMR, DGB, MAID, NEM, XVG, VTC	Hind	—
Bouri <i>et al</i>	2018	NARDL, QARDL, QNARDL	2010-2017	BTC	Päevane tootlus	Kuld, GSCI, MSCI, Pimco võlakiri, USD indeks
Ciaian <i>et al</i>	2018	ARDL	2013-2016	BTC, ETH, XRP, LTC, XMR, DASH, NEM, DOGE, PPC, NMC, NVC, NXT, XCP, MINT, QORA, UNITY, BTS	Hind, kogus, Vikipeedia vaatamiste arv, 19 suurima altcoini indeksi hind, 100 suurima altcoini indeksi hind	Kuld, nafta, NASDAQ, USA 10a võlakiri, USD/EUR, CNY/USD

Autorid	Aasta	Meetod	Periood	Krüptovaluutatad	Krüptovaluutadega seotud muutujad	Teiste varaklasside muutujad
Corbet <i>et al</i>	2018	Hajuvus ja sagedus ülekandumine	2013-2017	BTC, XRP, LTC	Päevane tootlus, viie päeva volatiilsus	Kuld, VIX, GSCI, USD indeks, S&P 500, Markit ITTR110 võlakirja indeks
Wei	2018	Kitsendusteta VAR	2016-2018	BTC, USDT	Hind, kauplemismaht, kogus	—
Yi <i>et al</i>	2018	LASSO-VAR	2013-2018	52 krüptovaluutat	Päevane tootlus	—
Gandal, Halaburda	2016	Regressioon	2013-2014	BTC, LTC, PPC, NMC, FTC, NVC, TRC	Kurss, päevane tootlus, kauplemismaht	—

Lisa 2. Krüptovaluutade kirjeldav statistika

Muutuja	BTC (USD)	BNB (USD)	ETH (USD)	XRP (USD)	SOL (USD)
Order of integration	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
Mean	19643.66153	124.219322	1049.583234	0.540803054	54.63569513
Standard Error	454.6576307	4.710963287	31.56747619	0.009467711	2.58085504
Median	9776.005	20.8014282	385.665	0.40395	23.4675
Mode	–	404.4	383.33	0.7701	38.885
Standard Deviation	17992.03815	186.4256211	1249.210829	0.374663045	69.29968241
Sample Variance	323713436.8	34754.51219	1560527.696	0.140372398	4802.445983
Kurtosis	-0.376303075	0.401144643	0.458136689	4.505772556	0.105560265
Skewness	1.080650104	1.3955852	1.339435205	1.778454352	1.186170537
Range	64371.84	672.4324188	4728.9	2.63202805	258.0768374
Minimum	3183	4.47618286	83	0.13667195	0.51566259
Maximum	67554.84	676.9086017	4811.9	2.7687	258.5925
Sum	30761973.96	194527.4583	1643647.345	846.8975825	39392.33619
Count	1566	1566	1566	1566	721
Confidence Level(95.0%)	891.8022886	9.240464818	61.91900369	0.018570734	5.066900452

Lisa 3. Dominantside kirjeldav statistika

Muutuja	BTCD (%)	ETHD (%)	BNBD (%)
Order of integration	I(1)	I(1)	I(0)
Mean	55.45781573	13.59158968	1.6176125
Standard Error	0.255488654	0.109843612	0.030472254
Median	56.64349971	11.99315351	1.158157683
Mode	–	–	–
Standard Deviation	10.11038044	4.346810263	1.205869927
Sample Variance	102.2197926	18.89475946	1.454122282
Kurtosis	-1.349142451	-1.275212631	-0.613912443
Skewness	-0.140386048	0.390310269	0.904148628
Range	36.17285779	17.792806	4.507776489
Minimum	36.61972608	7.141494068	0.090557368
Maximum	72.79258387	24.93430007	4.598333856
Sum	86846.93944	21284.42944	2533.181175
Count	1566	1566	1566
Confidence Level(95.0%)	0.501136133	0.215456154	0.059770747

Lisa 4. Teiste varaklasside kirjeldav statistika

Muutuja	OIL (USD/barrel)	GOLD (USD/Oz)	SP500 (index)	US10Y (%)
Order of integration	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
Mean	64.19395275	1574.116819	3348.261207	1.85447292
Standard Error	0.430978421	6.412892433	17.13168306	0.01997716
Median	65.98	1568.9685	3045.54	1.737449975
Mode	70.71	1801.3	2926.46	2.479
Standard Deviation	17.05498746	253.775583	677.9472603	0.790550515
Sample Variance	290.8725973	64402.04654	459612.4878	0.624970117
Kurtosis	1.758037358	-1.541337334	-0.945162463	-1.208522091
Skewness	-0.057524427	-0.038457764	0.707150963	0.055341922
Range	124.06	889.364	2559.16	2.7292
Minimum	9.12	1174.2	2237.4	0.51
Maximum	133.18	2063.564	4796.56	3.2392
Sum	100527.73	2465066.938	5243377.05	2904.104593
Count	1566	1566	1566	1566
Confidence Level(95.0%)	0.845355969	12.57876644	33.60347023	0.039184819

Lisa 5. Asümmeetrilised veaparandusmudelid

regressor	BTC		ETH		BNB		XRP	
	koefitsient	S.E.	koefitsient	S.E.	koefitsient	S.E.	koefitsient	S.E.
KRÜPTO _{t-1}	-0.019094**	0.00424	-0.018687**	0.004148	-0.01954**	0.004322	-0.035592**	0.005846
BTCD ⁺ _{t-1}	0.047754**	0.016777	0.025842	0.016927	0.026526	0.01796	-0.040953	0.028566
BTCD _{t-1}	0.077942**	0.016883	0.057611**	0.015551	0.062906**	0.017442	0.003549	0.023126
BTCD _{t-1}	–	–	–	–	–	–	–	–
ETHD ⁺ _{t-1}	0.032977**	0.009821	0.051572**	0.012161	0.039548**	0.011419	0.016583	0.012851
ETHD _{t-1}	0.015565	0.010788	0.033303**	0.011493	0.019159	0.011775	-0.006107	0.015884
ETHD _{t-1}	–	–	–	–	–	–	–	–
BNBD _{t-1}	–	–	–	–	0.018165**	0.005224	–	–
GOLD _{t-1}	-0.023379	0.01929	-0.026731	0.019499	-0.038172*	0.021319	-0.055014**	0.02722
OIL _{t-1}	-0.003145	0.007379	-0.00178	0.007416	-0.000215	0.007848	-0.008420	0.010324
SP500 _{t-1}	0.044942**	0.0201	0.039148**	0.019747	0.043227**	0.021007	0.050816*	0.026347
US10Y _{t-1}	0.008450	0.006625	0.007415	0.006601	0.005278	0.006989	0.017607*	0.009293
ΔKRÜPTO _{t-1}	-0.079816**	0.024093	-0.072265**	0.018785	-0.103637**	0.023589	–	–
ΔKRÜPTO _{t-2}	0.038345	0.023975	0.033718*	0.018744	0.043881**	0.016921	–	–
ΔBTCD ⁺	1.114035**	0.168997	–	–	–	–	-1.584390**	0.236373
ΔBTCD ⁺ _{t-1}	–	–	–	–	–	–	-0.070863	0.195781
ΔBTCD ⁺ _{t-2}	–	–	–	–	–	–	-0.173006	0.194094
ΔBTCD ⁺ _{t-3}	–	–	–	–	–	–	0.309485	0.193738
ΔBTCD ⁺ _{t-4}	–	–	–	–	–	–	-0.459676**	0.19352
ΔBTCD ⁻	-0.121418	0.152333	-0.956654**	0.161289	-0.904938**	0.151219	-3.79836**	0.243426
ΔBTCD _{t-1}	0.211586	0.141101	–	–	–	–	–	–
ΔBTCD _{t-2}	-0.196571	0.138734	–	–	–	–	–	–
ΔBTCD	–	–	–	–	–	–	–	–
ΔETHD ⁺	–	–	1.06069**	0.07601	–	–	-0.518242**	0.108093
ΔETHD ⁺ _{t-1}	–	–	–	–	–	–	-0.077858	0.093047
ΔETHD ⁺ _{t-2}	–	–	–	–	–	–	-0.148530	0.093002
ΔETHD ⁺ _{t-3}	–	–	–	–	–	–	-0.000816	0.092931
ΔETHD ⁺ _{t-4}	–	–	–	–	–	–	0.235570**	0.093068
ΔETHD ⁻	0.783679**	0.102599	1.699166**	0.091353	0.700966**	0.093463	0.367301**	0.148889
ΔETHD	–	–	–	–	–	–	–	–
ΔETHD _{t-1}	–	–	–	–	–	–	–	–
ΔBNBD	–	–	–	–	0.910637**	0.023429	–	–
ΔBNBD _{t-1}	–	–	–	–	0.100988**	0.032316	–	–
ΔGOLD	0.161314	0.13441	0.160286	0.134397	0.205887	0.141844	0.157831	0.186636
ΔGOLD _{t-1}	0.560433**	0.13462	0.573504**	0.134633	0.574974**	0.1422	0.407777**	0.187317

regressor	BTC		ETH		BNB		XRP	
	koefitsient	S.E.	koefitsient	S.E.	koefitsient	S.E.	koefitsient	S.E.
ΔOIL	–	–	–	–	–	–	-0.028303	0.043598
ΔOIL_{t-1}	–	–	–	–	–	–	0.089147**	0.043511
$\Delta SP500$	0.750844**	0.090149	0.747428**	0.090039	0.779916**	0.095047	0.825927**	0.131593
$\Delta US10Y$	–	–	–	–	–	–	-0.238250*	0.130608

Lisa 6. Asümmeetriliste veaparandusmudelite testid

	BTC		ETH		BNB		XRP		SOL	
	statistik	p- väärtus	statistik	p- väärtus	statistik	p- väärtus	statistik	p- väärtus	statistik	p- väärtus
R^2	0.128546	–	0.467678	–	0.567527	–	0.293247	–	0.99871	–
F_{PSS}	4.889374* **	–	4.608250* **	–	4.088029* **	–	5.639765* **	–	1.10132	–
t_{BDM}	- 4.503119* *	–	- 4.505445* *	–	- 4.521481* –	–	- 6.088483* **	–	- 2.23934	–
χ^2_{HET}	310.2841	0.0000	894.2246	0.0000	1005.067	0.0000	1194.962	0.0000	71.0624	0.0000
χ^2_{SER}	0.559718	0.9674	0.806178	0.9376	2.924758	0.5705	8.114564	0.15	2.78299	0.2487
J-B	1846.025	0.0000	1663.424	0.0000	3116.177	0.0000	7109.884	0.0000	157.951	0.0000
W_{SR}^{BTC}	–	–	–	–	–	–	17.17787	0.0000	–	–
W_{SR}^{ETH}	–	–	22.78049	0.0000	–	–	10.75020	0.0010	–	–
W_{LR}^{BTC}	14.18383	0.0002	15.63459	0.0001	17.79112	0.0000	16.13702	0.0001	–	–
W_{LR}^{ETH}	20.80876	0.0000	22.46131	0.0000	25.53656	0.0000	18.45685	0.0000	–	–

Lisa 7. Bitcoin „VAR lag selection“

R-squared	0.997722
Adj. R-squared	0.997714
Sum sq. resids	0.499054
S.E. equation	0.017915
F-statistic	136201.1
Log likelihood	4066.597
Akaike AIC	-5.202558
Schwarz SC	-5.181983
Mean dependent	4.124285
S.D. dependent	0.374729

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: BTC

Exogenous variables: C

Date: 05/02/22 Time: 17:31

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 1561

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-682.2586	NA	0.140512	0.875411	0.878841	0.876686
1	4058.188	9468.746	0.000324	-5.196910	-5.190051	-5.194360
2	4064.281	12.16334*	0.000322	-5.203435	-5.193148*	-5.199610*
3	4066.055	3.538818	0.000322*	-5.204427*	-5.190710	-5.199327
4	4066.202	0.292304	0.000322	-5.203334	-5.186187	-5.196959
5	4066.597	0.786444	0.000322	-5.202558	-5.181983	-5.194908

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 8. Bitcoin mudeli „VAR lag selection“

Determinant resid covariance (dof adj.)	9.62E-34
Determinant resid covariance	7.78E-34
Log likelihood	41782.96
Akaike information criterion	-53.11334
Schwarz criterion	-51.98854
Number of coefficients	328

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: BTC BTC D ETHD BNBD GOLD OIL SP500 US10Y

Exogenous variables: C

Date: 05/02/22 Time: 17:30

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 1561

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	14338.68	NA	1.47e-18	-18.36090	-18.33346	-18.35070
1	41274.57	53561.19	1.64e-33	-52.78997	-52.54307	-52.69818
2	41581.63	607.4305	1.20e-33	-53.10139	-52.63501*	-52.92799*
3	41642.80	120.3643	1.20e-33	-53.09775	-52.41190	-52.84276
4	41721.69	154.4580	1.18e-33*	-53.11684*	-52.21151	-52.78024
5	41782.96	119.3154*	1.18e-33	-53.11334	-51.98854	-52.69514

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 9. Bitcoin mudeli „long run form and bounds test“

ARDL Long Run Form and Bounds Test
 Dependent Variable: D(BTC)
 Selected Model: ARDL(3, 1, 3, 0, 1, 2, 0, 1, 0)
 Case 1: No Constant and No Trend
 Date: 05/02/22 Time: 17:56
 Sample: 12/17/2017 3/31/2022
 Included observations: 1562

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BTC(-1)*	-0.019094	0.004240	-4.503119	0.0000
BTCD_POS(-1)	0.047754	0.016777	2.846324	0.0045
BTCD_NEG(-1)	0.077942	0.016883	4.616460	0.0000
ETHD_POS**	0.032977	0.009821	3.357702	0.0008
ETHD_NEG(-1)	0.015565	0.010788	1.442806	0.1493
GOLD(-1)	-0.023379	0.019290	-1.211970	0.2257
OIL**	-0.003145	0.007379	-0.426201	0.6700
SP500(-1)	0.044942	0.020100	2.235884	0.0255
US10Y**	0.008450	0.006625	1.275392	0.2024
D(BTC(-1))	-0.079816	0.024093	-3.312852	0.0009
D(BTC(-2))	0.038345	0.023975	1.599362	0.1099
D(BTCD_POS)	1.114035	0.168997	6.592055	0.0000
D(BTCD_NEG)	-0.121418	0.152333	-0.797055	0.4255
D(BTCD_NEG(-1))	0.211586	0.141101	1.499539	0.1339
D(BTCD_NEG(-2))	-0.196571	0.138734	-1.416886	0.1567
D(ETHD_NEG)	0.783679	0.102599	7.638256	0.0000
D(GOLD)	0.161314	0.134410	1.200162	0.2303
D(GOLD(-1))	0.560433	0.134620	4.163078	0.0000
D(SP500)	0.750844	0.090149	8.328918	0.0000

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

** Variable interpreted as $Z = Z(-1) + D(Z)$.

Levels Equation				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BTCD_POS	2.501005	1.105328	2.262681	0.0238
BTCD_NEG	4.082030	1.003074	4.069519	0.0000
ETHD_POS	1.727093	0.548632	3.148001	0.0017
ETHD_NEG	0.815159	0.641296	1.271112	0.2039
GOLD	-1.224441	1.028310	-1.190731	0.2339
OIL	-0.164708	0.366553	-0.449344	0.6532
SP500	2.353736	0.977730	2.407348	0.0162
US10Y	0.442552	0.329832	1.341750	0.1799

$$EC = BTC - (2.5010*BTCD_POS + 4.0820*BTCD_NEG + 1.7271*ETHD_POS + 0.8152*ETHD_NEG - 1.2244*GOLD - 0.1647*OIL + 2.3537*SP500 + 0.4426*US10Y)$$

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	4.889374	10%	1.66	2.79
k	8	5%	1.91	3.11
		2.5%	2.15	3.4
		1%	2.45	3.79
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1562	10%	-1	-1
		5%	-1	-1
		1%	-1	-1

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-4.503119	10%	-1.62	-4.09
		5%	-1.95	-4.43
		2.5%	-2.24	-4.72
		1%	-2.58	-5.07

Lisa 10. Bitcoin ECM

ARDL Error Correction Regression
 Dependent Variable: D(BTC)
 Selected Model: ARDL(3, 1, 3, 0, 1, 2, 0, 1, 0)
 Case 1: No Constant and No Trend
 Date: 05/02/22 Time: 17:56
 Sample: 12/17/2017 3/31/2022
 Included observations: 1562

ECM Regression				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(BTC(-1))	-0.079816	0.023882	-3.342061	0.0009
D(BTC(-2))	0.038345	0.023770	1.613214	0.1069
D(BTCD_POS)	1.114035	0.159543	6.982672	0.0000
D(BTCD_NEG)	-0.121418	0.132512	-0.916278	0.3597
D(BTCD_NEG(-1))	0.211586	0.133577	1.584004	0.1134
D(BTCD_NEG(-2))	-0.196571	0.132278	-1.486041	0.1375
D(ETHD_NEG)	0.783679	0.098250	7.976383	0.0000
D(GOLD)	0.161314	0.133129	1.211714	0.2258
D(GOLD(-1))	0.560433	0.133394	4.201345	0.0000
D(SP500)	0.750844	0.089088	8.428148	0.0000
CointEq(-1)*	-0.019094	0.002871	-6.650753	0.0000
R-squared	0.128546	Mean dependent var		0.000282
Adjusted R-squared	0.122928	S.D. dependent var		0.017985
S.E. of regression	0.016843	Akaike info criterion		-5.322701
Sum squared resid	0.440018	Schwarz criterion		-5.284998
Log likelihood	4168.029	Hannan-Quinn criter.		-5.308684
Durbin-Watson stat	2.004768			

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	4.889374	10%	1.66	2.79
k	8	5%	1.91	3.11
		2.5%	2.15	3.4
		1%	2.45	3.79

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-6.650753	10%	-1.62	-4.09
		5%	-1.95	-4.43
		2.5%	-2.24	-4.72
		1%	-2.58	-5.07

Lisa 11. Bitcoin mudeli Wald testid koos seletava valemiga

Estimation Equation:

$$D(\text{BTC}) = C(1)*\text{BTC}(-1) + C(2)*\text{BTCD_POS}(-1) + C(3)*\text{BTCD_NEG}(-1) + C(4)*\text{ETHD_POS} + C(5)*\text{ETHD_NEG}(-1) + C(6)*\text{GOLD}(-1) + C(7)*\text{OIL} + C(8)*\text{SP500}(-1) + C(9)*\text{US10Y} + C(10)*D(\text{SP500}) + C(11)*D(\text{ETHD_NEG}) + C(12)*D(\text{BTCD_POS}) + C(13)*D(\text{GOLD}(-1)) + C(14)*D(\text{BTC}(-1))$$

Wald Test:
Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	-3.766142	1550	0.0002
F-statistic	14.18383	(1, 1550)	0.0002
Chi-square	14.18383	1	0.0002

Null Hypothesis: $-C(2)/C(1) = -C(3)/C(1)$

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$-C(2)/C(1) + C(3)/C(1)$	-1.531987	0.406779

Delta method computed using analytic derivatives.

Wald Test:
Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	4.561662	1550	0.0000
F-statistic	20.80876	(1, 1550)	0.0000
Chi-square	20.80876	1	0.0000

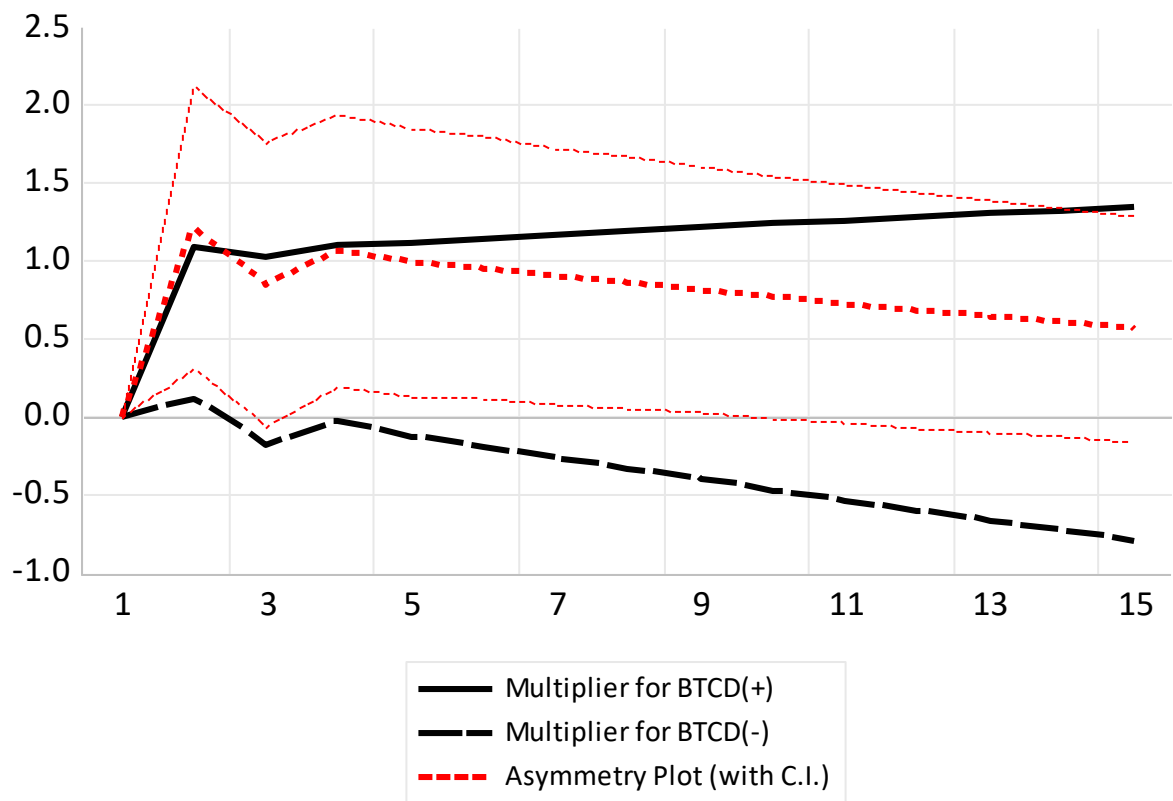
Null Hypothesis: $-C(4)/C(1) = -C(5)/C(1)$

Null Hypothesis Summary:

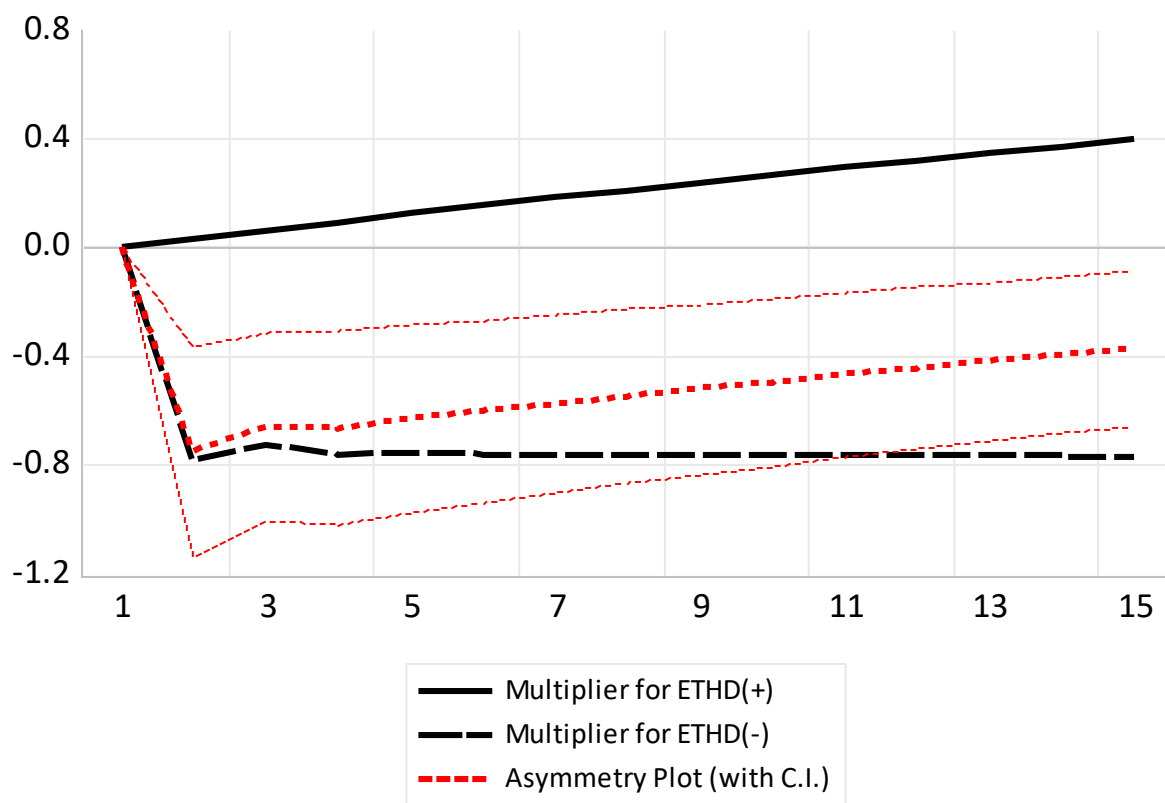
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$-C(4)/C(1) + C(5)/C(1)$	0.890131	0.195133

Delta method computed using analytic derivatives.

Lisa 12. Bitcoin mudeli Bitcoin dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik



Lisa 13. Bitcoin mudeli Ethereum dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik



Lisa 14. Bitcoin mudeli autokorrelatsiooni test

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	0.137919	Prob. F(4,1539)	0.9683
Obs*R-squared	0.559718	Prob. Chi-Square(4)	0.9674

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: ARDL

Date: 05/02/22 Time: 18:50

Sample: 12/21/2017 3/31/2022

Included observations: 1562

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BTC(-1)	0.030076	0.076687	0.392197	0.6950
BTC(-2)	0.014390	0.097978	0.146872	0.8833
BTC(-3)	-0.042884	0.072893	-0.588317	0.5564
BTCD_POS	-0.002656	0.169386	-0.015682	0.9875
BTCD_POS(-1)	9.00E-05	0.168323	0.000534	0.9996
BTCD_NEG	0.002840	0.152963	0.018565	0.9852
BTCD_NEG(-1)	-0.004446	0.215125	-0.020669	0.9835
BTCD_NEG(-2)	-0.007305	0.209583	-0.034853	0.9722
BTCD_NEG(-3)	0.003960	0.140683	0.028146	0.9775
ETHD_POS	-0.002358	0.010372	-0.227390	0.8202
ETHD_NEG	0.000583	0.102775	0.005670	0.9955
ETHD_NEG(-1)	-0.001586	0.102193	-0.015523	0.9876
GOLD	3.31E-06	0.134897	2.45E-05	1.0000
GOLD(-1)	-0.007508	0.190258	-0.039461	0.9685
GOLD(-2)	0.009571	0.136152	0.070298	0.9440
OIL	-3.11E-05	0.007388	-0.004206	0.9966
SP500	0.000685	0.091043	0.007522	0.9940
SP500(-1)	-0.004392	0.091324	-0.048093	0.9616
US10Y	-0.000369	0.006654	-0.055446	0.9558
RESID(-1)	-0.033090	0.080837	-0.409346	0.6823
RESID(-2)	-0.046498	0.077905	-0.596853	0.5507
RESID(-3)	-0.001345	0.026697	-0.050375	0.9598
RESID(-4)	-0.007405	0.026186	-0.282768	0.7774
R-squared	0.000358	Mean dependent var		1.59E-06
Adjusted R-squared	-0.013932	S.D. dependent var		0.016789
S.E. of regression	0.016906	Akaike info criterion		-5.307694
Sum squared resid	0.439860	Schwarz criterion		-5.228862
Log likelihood	4168.309	Hannan-Quinn criter.		-5.278386
Durbin-Watson stat	1.999278			

Lisa 15. Bitcoini mudeli heteroskedastiivsuse test

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	20.11798	Prob. F(19,1542)	0.0000
Obs*R-squared	310.2841	Prob. Chi-Square(19)	0.0000
Scaled explained SS	1094.601	Prob. Chi-Square(19)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 05/02/22 Time: 18:50

Sample: 12/21/2017 3/31/2022

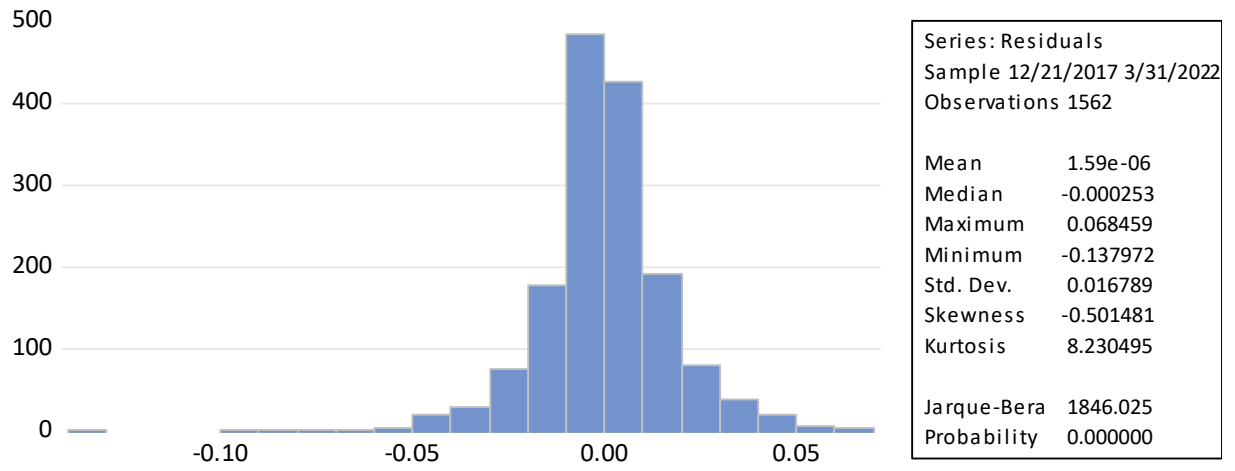
Included observations: 1562

Huber-White-Hinkley (HC1) heteroskedasticity consistent standard errors and covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.014521	0.007846	1.850646	0.0644
BTC(-1)	-0.001817	0.000954	-1.903587	0.0572
BTC(-2)	0.001552	0.001261	1.230770	0.2186
BTC(-3)	0.000723	0.000930	0.776923	0.4373
BTCD_POS	0.060104	0.029018	2.071273	0.0385
BTCD_POS(-1)	-0.061325	0.028797	-2.129598	0.0334
BTCD_NEG	-0.027242	0.011415	-2.386596	0.0171
BTCD_NEG(-1)	0.022608	0.014479	1.561472	0.1186
BTCD_NEG(-2)	0.013841	0.009766	1.417290	0.1566
BTCD_NEG(-3)	-0.009599	0.006012	-1.596531	0.1106
ETHD_POS	-0.000177	0.000423	-0.417683	0.6762
ETHD_NEG	-0.022862	0.022285	-1.025914	0.3051
ETHD_NEG(-1)	0.022137	0.022113	1.001113	0.3169
GOLD	-0.015664	0.013267	-1.180694	0.2379
GOLD(-1)	0.005878	0.007176	0.819212	0.4128
GOLD(-2)	0.010455	0.015754	0.663632	0.5070
OIL	-0.000106	0.000270	-0.393936	0.6937
SP500	-0.027372	0.018153	-1.507872	0.1318
SP500(-1)	0.022078	0.016067	1.374094	0.1696
US10Y	0.000460	0.000249	1.850517	0.0644

R-squared	0.198645	Mean dependent var	0.000282
Adjusted R-squared	0.188771	S.D. dependent var	0.000758
S.E. of regression	0.000682	Akaike info criterion	-11.72901
Sum squared resid	0.000718	Schwarz criterion	-11.66046
Log likelihood	9180.356	Hannan-Quinn criter.	-11.70352
F-statistic	20.11798	Durbin-Watson stat	2.044316
Prob(F-statistic)	0.000000		

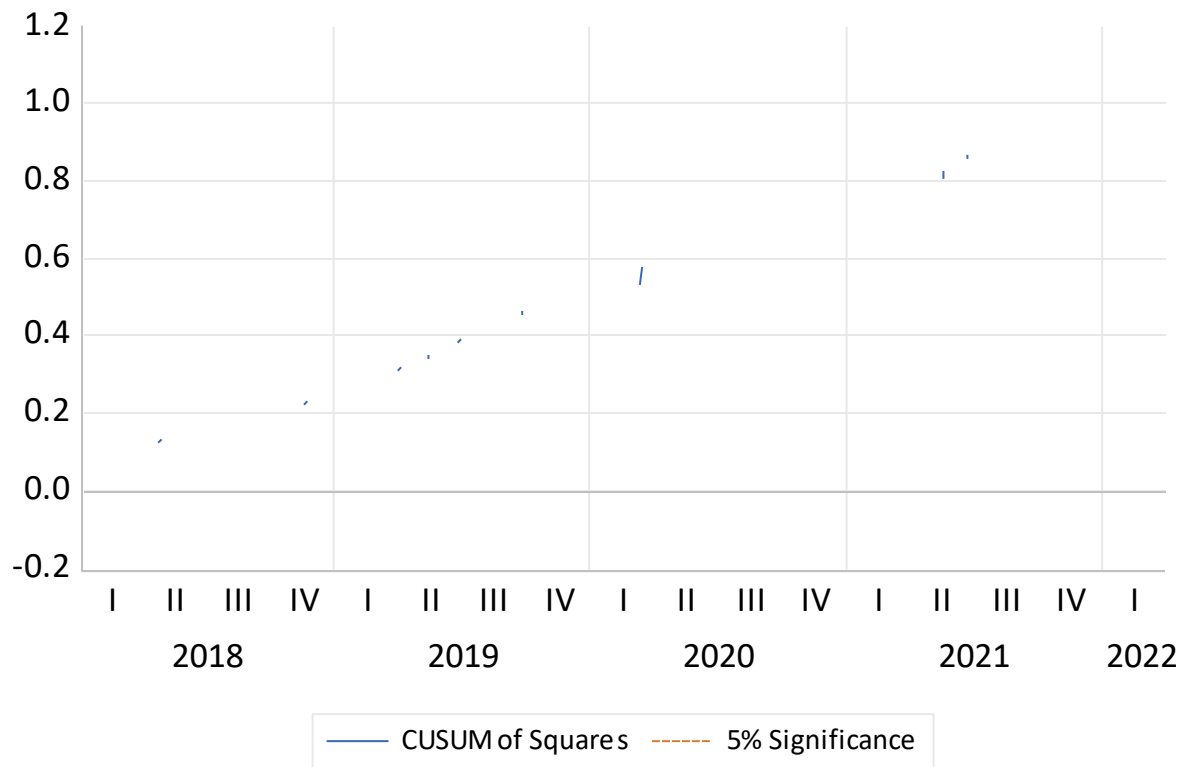
Lisa 16. Bitcoin Jarque-Bera graafik



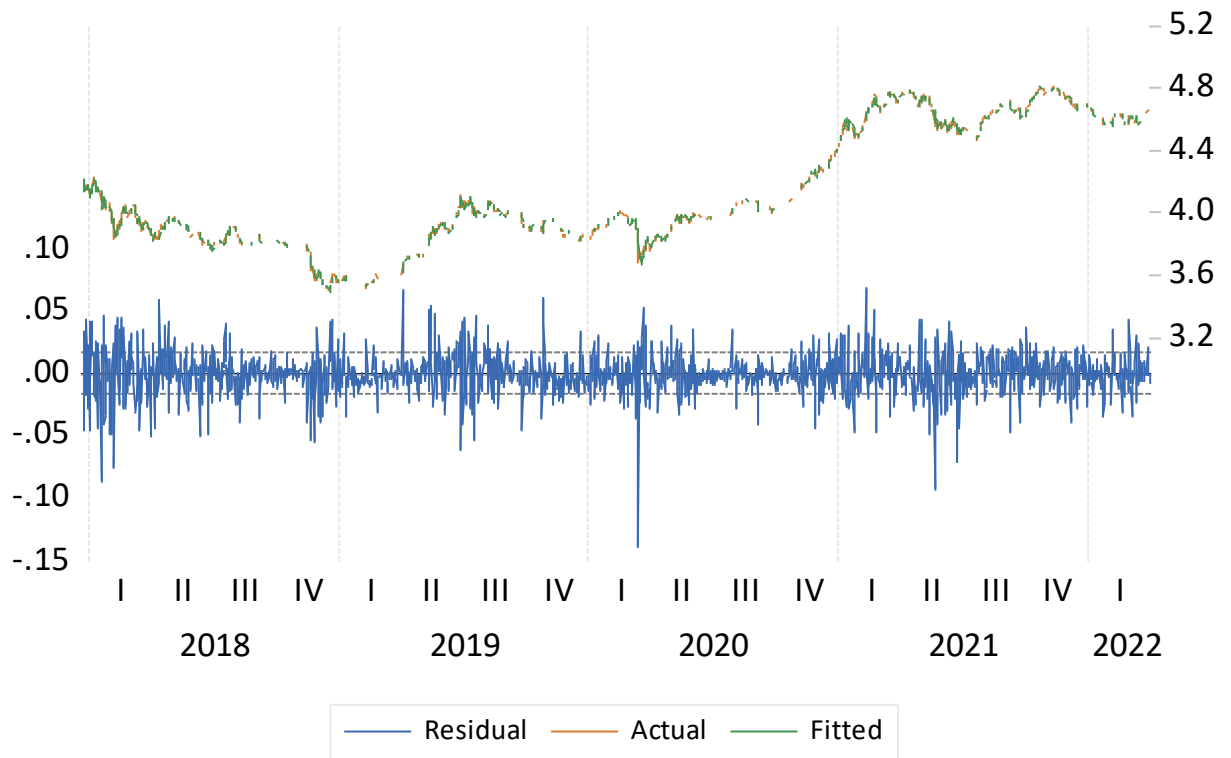
Lisa 17. Bitcoin mudeli CUSUM graafik



Lisa 18. Bitcoin mudeli CUSUMSQ graafik



Lisa 19. Bitcoin mudeli jääkide graafik



Lisa 20. Ethereum „VAR lag selection“

R-squared	0.997996
Adj. R-squared	0.997990
Sum sq. resids	0.815696
S.E. equation	0.022903
F-statistic	154879.1
Log likelihood	3683.116
Akaike AIC	-4.711231
Schwarz SC	-4.690656
Mean dependent	2.717385
S.D. dependent	0.510803

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: ETH

Exogenous variables: C

Date: 04/25/22 Time: 22:27

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 1561

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1165.828	NA	0.261087	1.494976	1.498405	1.496251
1	3671.765	9662.790	0.000532	-4.701813	-4.694954	-4.699263
2	3678.105	12.65686	0.000528	-4.708655	-4.698367	-4.704830
3	3681.783	7.337431*	0.000526*	-4.712086*	-4.698369*	-4.706987*
4	3682.014	0.460373	0.000527	-4.711101	-4.693955	-4.704726
5	3683.116	2.195001	0.000527	-4.711231	-4.690656	-4.703582

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 21. Ethereumi mudeli „VAR lag selection“

Determinant resid covariance (dof adj.)	9.59E-34
Determinant resid covariance	7.75E-34
Log likelihood	41785.89
Akaike information criterion	-53.11709
Schwarz criterion	-51.99229
Number of coefficients	328

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: ETH BTC D ETHD BNBD GOLD OIL SP500 US10Y

Exogenous variables: C

Date: 04/25/22 Time: 22:28

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 1561

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	14329.38	NA	1.48e-18	-18.34898	-18.32155	-18.33878
1	41276.13	53582.76	1.63e-33	-52.79196	-52.54505	-52.70016
2	41584.27	609.5862	1.19e-33	-53.10477	-52.63839*	-52.93138*
3	41645.68	120.8364	1.20e-33	-53.10144	-52.41559	-52.84645
4	41724.18	153.6840	1.18e-33*	-53.12002*	-52.21470	-52.78343
5	41785.89	120.1761*	1.18e-33	-53.11709	-51.99229	-52.69889

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 22. Ethereum mudeli „long run form and bounds test“

ARDL Long Run Form and Bounds Test
 Dependent Variable: D(ETH)
 Selected Model: ARDL(3, 0, 1, 1, 1, 2, 0, 1, 0)
 Case 1: No Constant and No Trend
 Date: 05/02/22 Time: 19:09
 Sample: 12/17/2017 3/31/2022
 Included observations: 1563

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ETH(-1)*	-0.018687	0.004148	-4.505445	0.0000
BTCD_POS**	0.025842	0.016927	1.526665	0.1270
BTCD_NEG(-1)	0.057611	0.015551	3.704741	0.0002
ETHD_POS(-1)	0.051572	0.012161	4.240891	0.0000
ETHD_NEG(-1)	0.033303	0.011493	2.897706	0.0038
GOLD(-1)	-0.026731	0.019499	-1.370879	0.1706
OIL**	-0.001780	0.007416	-0.239984	0.8104
SP500(-1)	0.039148	0.019747	1.982487	0.0476
US10Y**	0.007415	0.006601	1.123263	0.2615
D(ETH(-1))	-0.072265	0.018785	-3.846937	0.0001
D(ETH(-2))	0.033718	0.018744	1.798926	0.0722
D(BTCD_NEG)	-0.956654	0.161289	-5.931283	0.0000
D(ETHD_POS)	1.060690	0.076010	13.95467	0.0000
D(ETHD_NEG)	1.699166	0.091353	18.60000	0.0000
D(GOLD)	0.160286	0.134397	1.192632	0.2332
D(GOLD(-1))	0.573504	0.134633	4.259764	0.0000
D(SP500)	0.747428	0.090039	8.301123	0.0000

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

** Variable interpreted as $Z = Z(-1) + D(Z)$.

Levels Equation				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BTCD_POS	1.382908	1.148321	1.204287	0.2287
BTCD_NEG	3.082986	1.029020	2.996042	0.0028
ETHD_POS	2.759802	0.567540	4.862746	0.0000
ETHD_NEG	1.782181	0.671301	2.654816	0.0080
GOLD	-1.430459	1.053433	-1.357903	0.1747
OIL	-0.095242	0.377254	-0.252460	0.8007
SP500	2.094943	1.002711	2.089279	0.0368
US10Y	0.396783	0.336912	1.177706	0.2391

EC = ETH - (1.3829*BTCD_POS + 3.0830*BTCD_NEG + 2.7598*ETHD_POS
 + 1.7822*ETHD_NEG -1.4305*GOLD -0.0952*OIL + 2.0949*SP500 +
 0.3968*US10Y)

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	4.608250	10%	1.66	2.79
k	8	5%	1.91	3.11
		2.5%	2.15	3.4
		1%	2.45	3.79
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1563	10%	-1	-1
		5%	-1	-1
		1%	-1	-1

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-4.505445	10%	-1.62	-4.09
		5%	-1.95	-4.43
		2.5%	-2.24	-4.72
		1%	-2.58	-5.07

Lisa 23. Ethereum ECM

ARDL Error Correction Regression
 Dependent Variable: D(ETH)
 Selected Model: ARDL(3, 0, 1, 1, 1, 2, 0, 1, 0)
 Case 1: No Constant and No Trend
 Date: 05/02/22 Time: 19:10
 Sample: 12/17/2017 3/31/2022
 Included observations: 1563

ECM Regression				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(ETH(-1))	-0.072265	0.018639	-3.876972	0.0001
D(ETH(-2))	0.033718	0.018612	1.811673	0.0702
D(BTCD_NEG)	-0.956654	0.149474	-6.400142	0.0000
D(ETHD_POS)	1.060690	0.071876	14.75726	0.0000
D(ETHD_NEG)	1.699166	0.072181	23.54038	0.0000
D(GOLD)	0.160286	0.133154	1.203760	0.2289
D(GOLD(-1))	0.573504	0.133474	4.296743	0.0000
D(SP500)	0.747428	0.088989	8.399093	0.0000
CointEq(-1)*	-0.018687	0.002894	-6.456692	0.0000
R-squared	0.467678	Mean dependent var		0.000383
Adjusted R-squared	0.464937	S.D. dependent var		0.023026
S.E. of regression	0.016843	Akaike info criterion		-5.324051
Sum squared resid	0.440836	Schwarz criterion		-5.293220
Log likelihood	4169.746	Hannan-Quinn criter.		-5.312589
Durbin-Watson stat	2.028989			

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	4.608250	10%	1.66	2.79
k	8	5%	1.91	3.11
		2.5%	2.15	3.4
		1%	2.45	3.79

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-6.456692	10%	-1.62	-4.09
		5%	-1.95	-4.43
		2.5%	-2.24	-4.72
		1%	-2.58	-5.07

Lisa 24. Ethereumi mudeli Wald testid koos seletava valemiga

Estimation Equation:

$$D(ETH) = C(1)*ETH(-1) + C(2)*BTCD_POS + C(3)*BTCD_NEG(-1) + C(4)*ETHD_POS(-1) + C(5)*ETHD_NEG(-1) + C(6)*GOLD(-1) + C(7)*OIL + C(8)*SP500(-1) + C(9)*US10Y + C(10)*D(ETHD_NEG) + C(11)*D(ETHD_POS) + C(12)*D(SP500) + C(13)*D(BTCD_NEG) + C(14)*D(GOLD(-1)) + C(15)*D(ETH(-1))$$

Wald Test:
Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	-3.954060	1549	0.0001
F-statistic	15.63459	(1, 1549)	0.0001
Chi-square	15.63459	1	0.0001

Null Hypothesis: $-C(2)/C(1) = -C(3)/C(1)$
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$-C(2)/C(1) + C(3)/C(1)$	-1.705040	0.431213

Delta method computed using analytic derivatives.

Wald Test:
Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	4.739336	1549	0.0000
F-statistic	22.46131	(1, 1549)	0.0000
Chi-square	22.46131	1	0.0000

Null Hypothesis: $-C(4)/C(1) = -C(5)/C(1)$
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$-C(4)/C(1) + C(5)/C(1)$	0.979559	0.206687

Delta method computed using analytic derivatives.

Wald Test:
Equation: Untitled

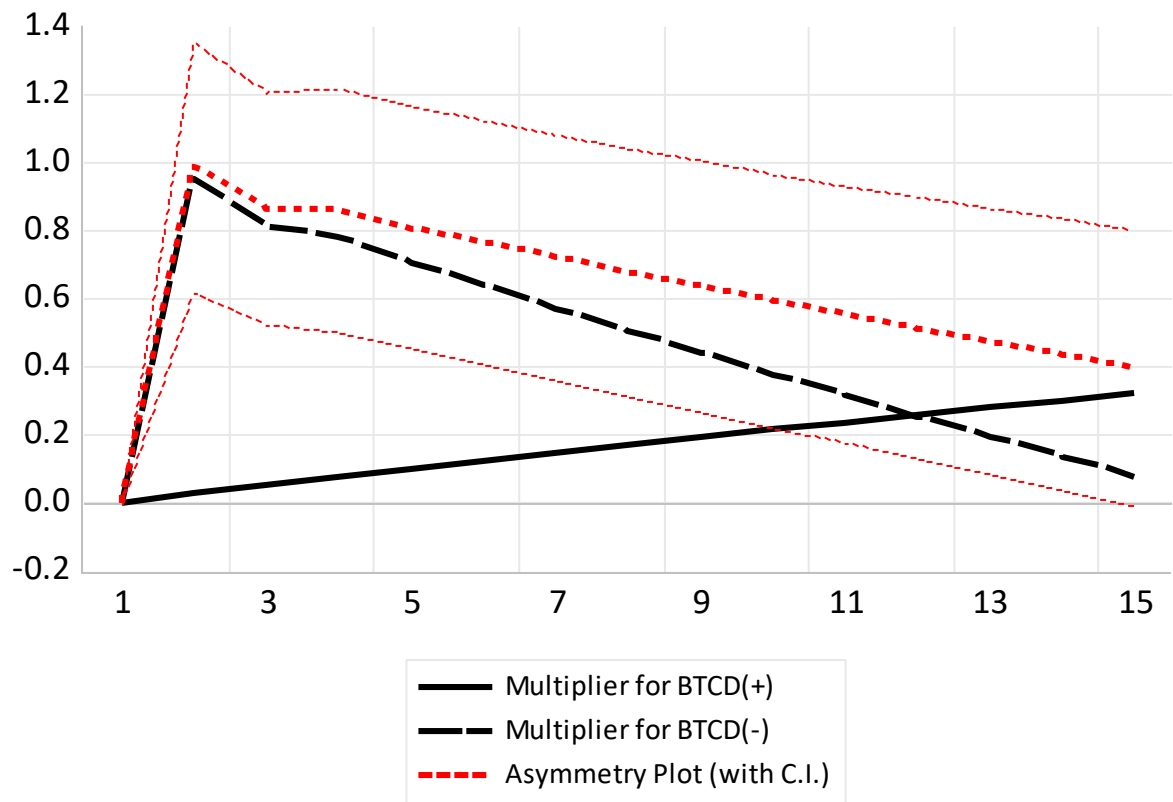
Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	4.772891	1549	0.0000
F-statistic	22.78049	(1, 1549)	0.0000
Chi-square	22.78049	1	0.0000

Null Hypothesis: $C(10)=C(11)$
Null Hypothesis Summary:

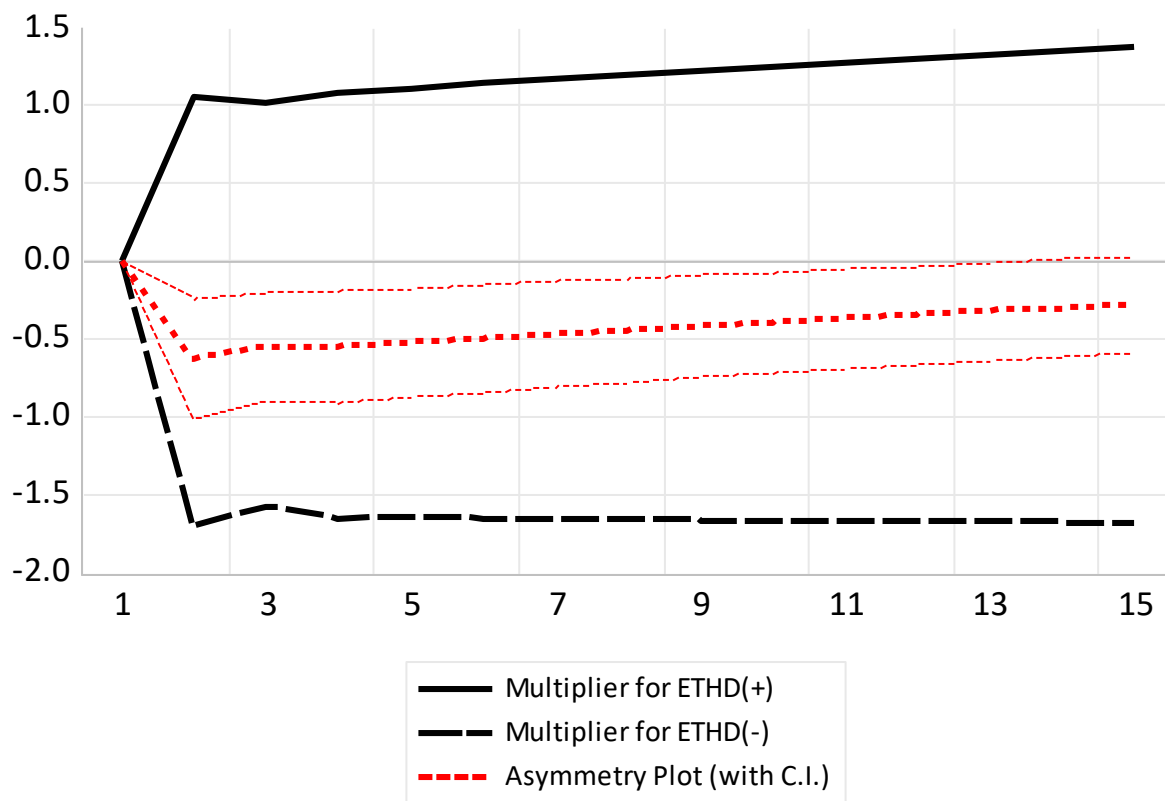
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$C(10) - C(11)$	0.631449	0.132299

Restrictions are linear in coefficients.

Lisa 25. Ethereumi mudeli Bitcoin dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik



Lisa 26. Ethereumi mudeli Ethereumi dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik



Lisa 27. Ethereumi mudeli autokorrelatsiooni test

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	0.198939	Prob. F(4,1542)	0.9390
Obs*R-squared	0.806178	Prob. Chi-Square(4)	0.9376

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: ARDL

Date: 05/02/22 Time: 19:15

Sample: 12/20/2017 3/31/2022

Included observations: 1563

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ETH(-1)	0.018006	0.028569	0.630258	0.5286
ETH(-2)	-0.014983	0.037616	-0.398317	0.6905
ETH(-3)	-0.002538	0.027808	-0.091274	0.9273
BTCD_POS	0.000420	0.017020	0.024652	0.9803
BTCD_NEG	-0.001356	0.161714	-0.008388	0.9933
BTCD_NEG(-1)	0.000700	0.162568	0.004303	0.9966
ETHD_POS	-0.004201	0.076316	-0.055050	0.9561
ETHD_POS(-1)	0.003184	0.076976	0.041366	0.9670
ETHD_NEG	0.002286	0.091685	0.024931	0.9801
ETHD_NEG(-1)	-0.002723	0.091040	-0.029914	0.9761
GOLD	-0.005840	0.134887	-0.043292	0.9655
GOLD(-1)	-0.000489	0.189912	-0.002577	0.9979
GOLD(-2)	0.006961	0.135164	0.051499	0.9589
OIL	-0.000120	0.007428	-0.016155	0.9871
SP500	0.001275	0.090399	0.014105	0.9887
SP500(-1)	-0.002171	0.090394	-0.024019	0.9808
US10Y	-4.18E-05	0.006613	-0.006323	0.9950
RESID(-1)	-0.032832	0.038285	-0.857575	0.3913
RESID(-2)	-0.001109	0.038111	-0.029089	0.9768
RESID(-3)	0.005068	0.026057	0.194512	0.8458
RESID(-4)	0.000356	0.025966	0.013699	0.9891

R-squared	0.000516	Mean dependent var	1.15E-06
Adjusted R-squared	-0.012448	S.D. dependent var	0.016800
S.E. of regression	0.016904	Akaike info criterion	-5.309212
Sum squared resid	0.440609	Schwarz criterion	-5.237272
Log likelihood	4170.149	Hannan-Quinn criter.	-5.282467
Durbin-Watson stat	1.999342		

Lisa 28. Ethereumi mudeli heteroskedastiivsuse test

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	18.35761	Prob. F(17,1545)	0.0000
Obs*R-squared	262.6598	Prob. Chi-Square(17)	0.0000
Scaled explained SS	894.2246	Prob. Chi-Square(17)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 05/02/22 Time: 19:16

Sample: 12/20/2017 3/31/2022

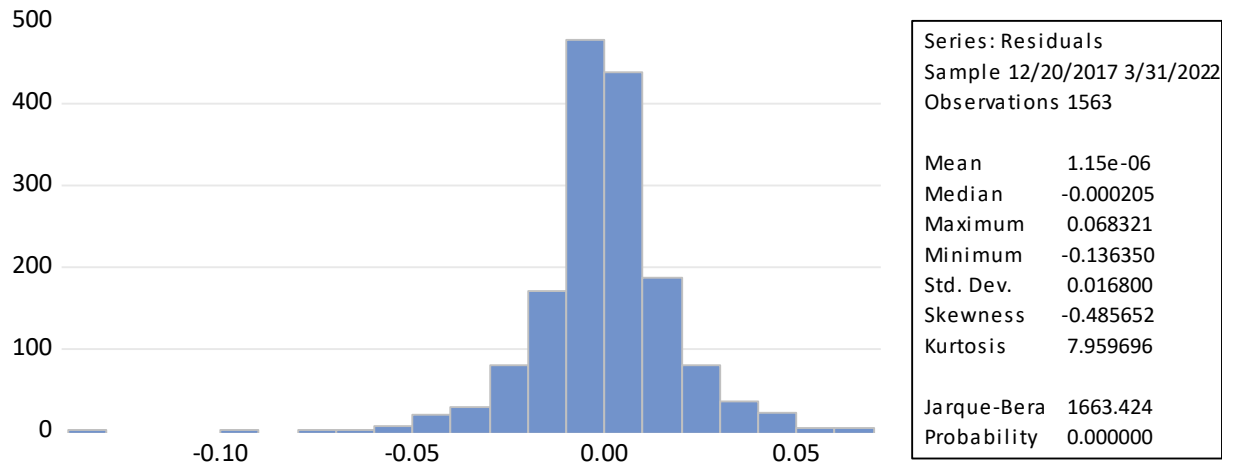
Included observations: 1563

Huber-White-Hinkley (HC1) heteroskedasticity consistent standard errors and covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.013511	0.007781	1.736496	0.0827
ETH(-1)	-0.001556	0.000755	-2.061223	0.0394
ETH(-2)	0.000832	0.001036	0.802726	0.4223
ETH(-3)	0.001352	0.000726	1.862118	0.0628
BTCD_POS	-0.001048	0.000778	-1.346708	0.1783
BTCD_NEG	-0.006197	0.011532	-0.537407	0.5911
BTCD_NEG(-1)	0.005764	0.011187	0.515224	0.6065
ETHD_POS	0.006485	0.003290	1.971213	0.0489
ETHD_POS(-1)	-0.007466	0.003528	-2.116202	0.0345
ETHD_NEG	-0.043958	0.016416	-2.677723	0.0075
ETHD_NEG(-1)	0.042589	0.016108	2.644022	0.0083
GOLD	-0.014815	0.012472	-1.187898	0.2351
GOLD(-1)	0.007909	0.007342	1.077244	0.2815
GOLD(-2)	0.007940	0.015113	0.525384	0.5994
OIL	-9.21E-05	0.000277	-0.332985	0.7392
SP500	-0.025208	0.017516	-1.439130	0.1503
SP500(-1)	0.019962	0.015588	1.280588	0.2005
US10Y	0.000417	0.000261	1.598180	0.1102

R-squared	0.168049	Mean dependent var	0.000282
Adjusted R-squared	0.158894	S.D. dependent var	0.000744
S.E. of regression	0.000683	Akaike info criterion	-11.72984
Sum squared resid	0.000720	Schwarz criterion	-11.66818
Log likelihood	9184.873	Hannan-Quinn criter.	-11.70692
F-statistic	18.35761	Durbin-Watson stat	2.041297
Prob(F-statistic)	0.000000		

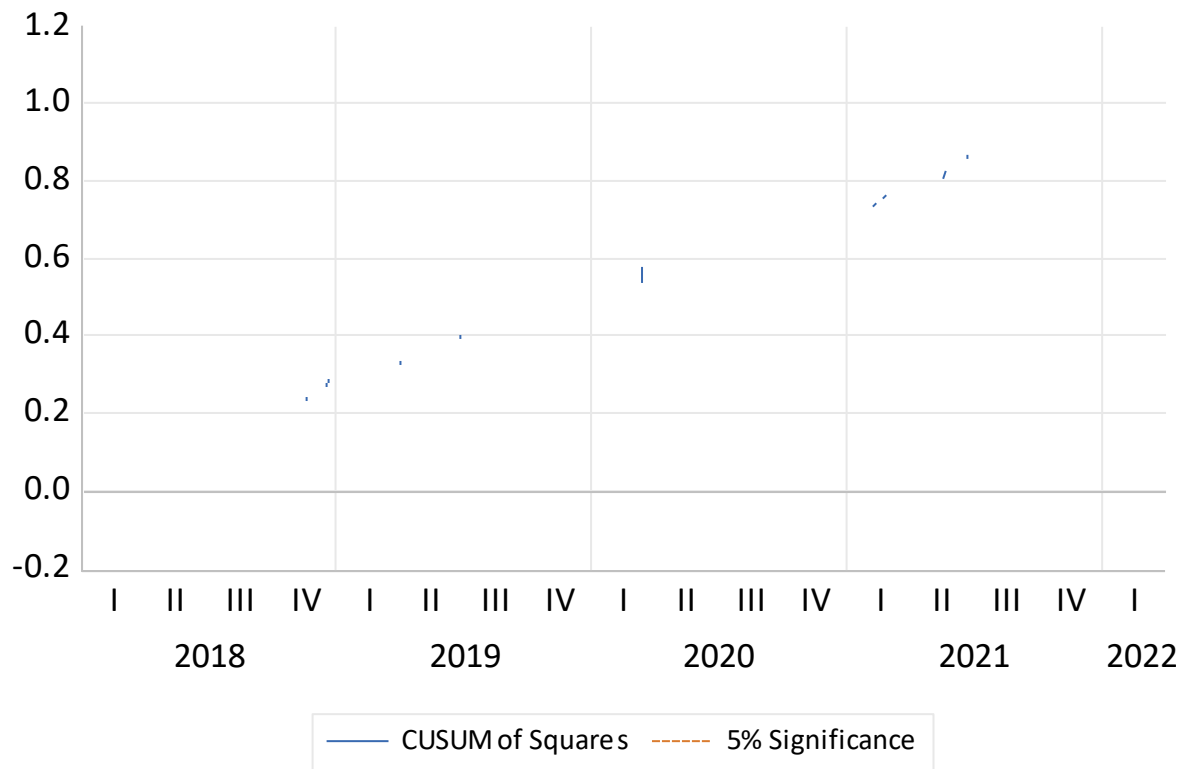
Lisa 29. Ethereumi Jarque-Bera graafik



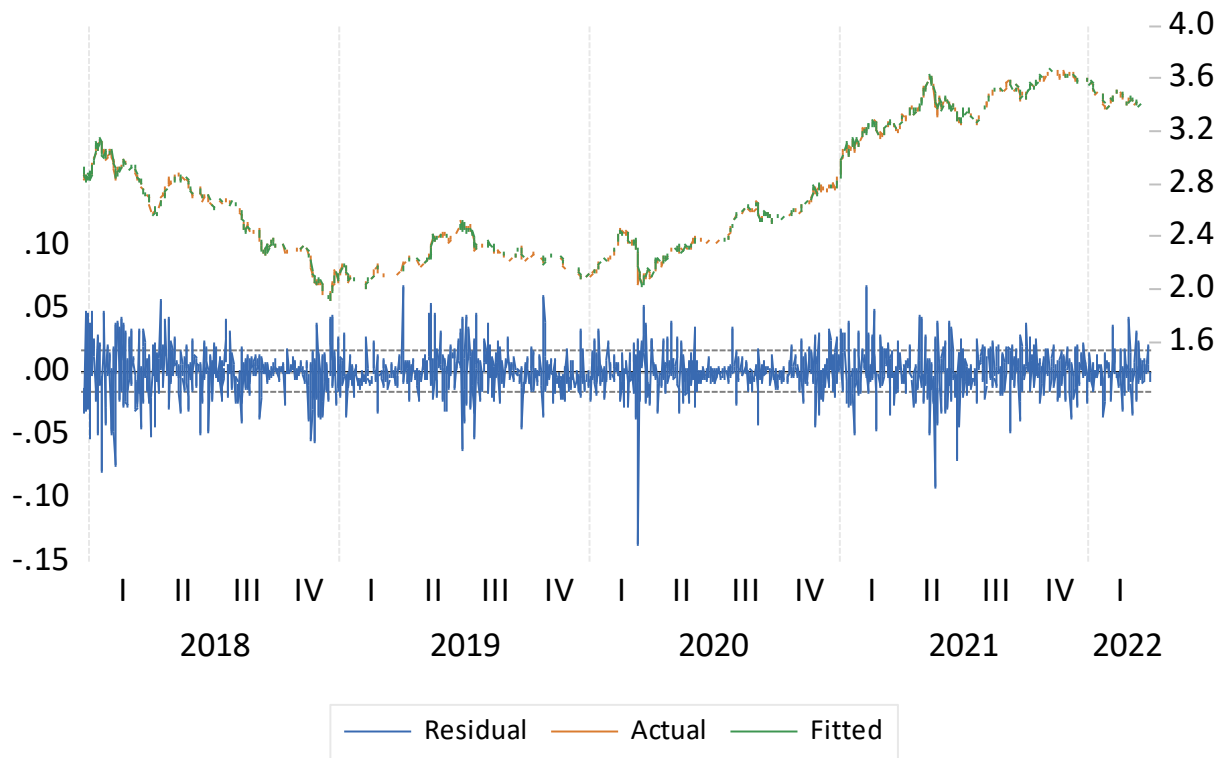
Lisa 30. Ethereumi mudeli CUSUM graafik



Lisa 31. Ethereumi mudeli CUSUMSQ graafik



Lisa 32. Ethereumi mudeli jääkide graafik



Lisa 33. Binance Coini „VAR lag selection“

R-squared	0.998281
Adj. R-squared	0.998276
Sum sq. resids	1.122603
S.E. equation	0.026869
F-statistic	180639.8
Log likelihood	3433.853
Akaike AIC	-4.391868
Schwarz SC	-4.371292
Mean dependent	1.580895
S.D. dependent	0.647069

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: BNB

Exogenous variables: C

Date: 04/25/22 Time: 22:44

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 1561

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1534.957	NA	0.418967	1.967914	1.971343	1.969189
1	3429.328	9915.849	0.000725	-4.391195	-4.384337*	-4.388645
2	3430.486	2.311943	0.000725	-4.391398	-4.381110	-4.387573
3	3433.719	6.449210*	0.000723*	-4.394259*	-4.380542	-4.389159*
4	3433.827	0.215636	0.000724	-4.393116	-4.375970	-4.386741
5	3433.853	0.050624	0.000725	-4.391868	-4.371292	-4.384218

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 34. Binance Coini mudeli „VAR lag selection“

Determinant resid covariance (dof adj.)	1.06E-33
Determinant resid covariance	8.59E-34
Log likelihood	41705.04
Akaike information criterion	-53.01351
Schwarz criterion	-51.88871
Number of coefficients	328

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: BNB BTC D ETH D BNBD GOLD OIL SP500 US10Y

Exogenous variables: C

Date: 04/25/22 Time: 22:46

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 1561

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	14301.92	NA	1.54e-18	-18.31381	-18.28637	-18.30361
1	41191.83	53469.75	1.82e-33	-52.68396	-52.43706	-52.59216
2	41502.68	614.9250	1.33e-33	-53.00023	-52.53385*	-52.82683*
3	41566.58	125.7503	1.33e-33	-53.00010	-52.31425	-52.74511
4	41643.69	150.9640	1.30e-33*	-53.01690*	-52.11158	-52.68031
5	41705.04	119.4779*	1.31e-33	-53.01351	-51.88871	-52.59531

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 35. Binance Coini mudeli „long run form and bounds test“

ARDL Long Run Form and Bounds Test

Dependent Variable: D(BNB)

Selected Model: ARDL(3, 0, 1, 0, 1, 2, 2, 0, 1, 0)

Case 1: No Constant and No Trend

Date: 05/02/22 Time: 19:26

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 1563

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BNB(-1)*	-0.019540	0.004322	-4.521481	0.0000
BTCD_POS**	0.026526	0.017960	1.476919	0.1399
BTCD_NEG(-1)	0.062906	0.017442	3.606552	0.0003
ETHD_POS**	0.039548	0.011419	3.463446	0.0005
ETHD_NEG(-1)	0.019159	0.011775	1.627044	0.1039
BNBD(-1)	0.018165	0.005224	3.476986	0.0005
GOLD(-1)	-0.038172	0.021319	-1.790572	0.0736
OIL**	-0.000215	0.007848	-0.027345	0.9782
SP500(-1)	0.043227	0.021007	2.057786	0.0398
US10Y**	0.005278	0.006989	0.755131	0.4503
D(BNB(-1))	-0.103637	0.023589	-4.393478	0.0000
D(BNB(-2))	0.043881	0.016921	2.593311	0.0096
D(BTCD_NEG)	-0.904938	0.151219	-5.984267	0.0000
D(ETHD_NEG)	0.700966	0.093463	7.499962	0.0000
D(BNBD)	0.910637	0.023429	38.86748	0.0000
D(BNBD(-1))	0.100988	0.032316	3.124986	0.0018
D(GOLD)	0.205887	0.141844	1.451502	0.1468
D(GOLD(-1))	0.574974	0.142200	4.043404	0.0001
D(SP500)	0.779916	0.095047	8.205577	0.0000

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

** Variable interpreted as $Z = Z(-1) + D(Z)$.

Levels Equation				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BTCD_POS	1.357532	1.201104	1.130237	0.2586
BTCD_NEG	3.219411	1.105453	2.912301	0.0036
ETHD_POS	2.023996	0.624150	3.242806	0.0012
ETHD_NEG	0.980532	0.728296	1.346337	0.1784
BNBD	0.929667	0.191118	4.864372	0.0000
GOLD	-1.953589	1.094454	-1.784989	0.0745
OIL	-0.010983	0.369685	-0.029709	0.9763
SP500	2.212281	1.027002	2.154117	0.0314
US10Y	0.270111	0.340729	0.792745	0.4280

$$EC = BNB - (1.3575*BTCD_POS + 3.2194*BTCD_NEG + 2.0240*ETHD_POS + 0.9805*ETHD_NEG + 0.9297*BNBD - 1.9536*GOLD - 0.0110*OIL + 2.2123*SP500 + 0.2701*US10Y)$$

F-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	4.088029	10%	1.63	2.75
k	9	5%	1.86	3.05
		2.5%	2.08	3.33
		1%	2.37	3.68
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1563	10%	-1	-1
		5%	-1	-1
		1%	-1	-1

t-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-4.521481	10%	-1.62	-4.26
		5%	-1.95	-4.61
		2.5%	-2.24	-4.89
		1%	-2.58	-5.25

Lisa 36. Binance Coini ECM

ARDL Error Correction Regression
 Dependent Variable: D(BNB)
 Selected Model: ARDL(3, 0, 1, 0, 1, 2, 2, 0, 1, 0)
 Case 1: No Constant and No Trend
 Date: 05/02/22 Time: 19:26
 Sample: 12/17/2017 3/31/2022
 Included observations: 1563

ECM Regression				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(BNB(-1))	-0.103637	0.023386	-4.431582	0.0000
D(BNB(-2))	0.043881	0.016780	2.615027	0.0090
D(BTCD_NEG)	-0.904938	0.124604	-7.262514	0.0000
D(ETHD_NEG)	0.700966	0.076098	9.211393	0.0000
D(BNBD)	0.910637	0.023129	39.37249	0.0000
D(BNBD(-1))	0.100988	0.032050	3.150976	0.0017
D(GOLD)	0.205887	0.140471	1.465687	0.1429
D(GOLD(-1))	0.574974	0.140826	4.082871	0.0000
D(SP500)	0.779916	0.093778	8.316602	0.0000
CointEq(-1)*	-0.019540	0.003047	-6.412377	0.0000
R-squared	0.567527	Mean dependent var		0.001194
Adjusted R-squared	0.565020	S.D. dependent var		0.026924
S.E. of regression	0.017757	Akaike info criterion		-5.217650
Sum squared resid	0.489701	Schwarz criterion		-5.183393
Log likelihood	4087.594	Hannan-Quinn criter.		-5.204914
Durbin-Watson stat	1.970606			

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	4.088029	10%	1.63	2.75
k	9	5%	1.86	3.05
		2.5%	2.08	3.33
		1%	2.37	3.68

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-6.412377	10%	-1.62	-4.26
		5%	-1.95	-4.61
		2.5%	-2.24	-4.89
		1%	-2.58	-5.25

Lisa 37. Binance Coini mudeli Wald testid koos seletava valemiga

Estimation Equation:

=====

$$D(\text{BNB}) = C(1)*\text{BNB}(-1) + C(2)*\text{BTCD_POS} + C(3)*\text{BTCD_NEG}(-1) + C(4)*\text{ETHD_POS} + C(5)*\text{ETHD_NEG}(-1) + C(6)*\text{BNBD}(-1) + C(7)*\text{GOLD}(-1) + C(8)*\text{OIL} + C(9)*\text{SP500}(-1) + C(10)*\text{US10Y} + C(11)*D(\text{BNBD}) + C(12)*D(\text{ETHD_NEG}) + C(13)*D(\text{SP500}) + C(14)*D(\text{BTCD_NEG}) + C(15)*D(\text{GOLD}(-1)) + C(16)*D(\text{BNB}(-1)) + C(17)*D(\text{BNBD}(-1)) + C(18)*D(\text{BNB}(-2))$$

Wald Test:

Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	-4.217953	1545	0.0000
F-statistic	17.79112	(1, 1545)	0.0000
Chi-square	17.79112	1	0.0000

Null Hypothesis: $-C(2)/C(1) = -C(3)/C(1)$

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$-C(2)/C(1) + C(3)/C(1)$	-1.864191	0.441966

Delta method computed using analytic derivatives.

Wald Test:

Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	5.053371	1545	0.0000
F-statistic	25.53656	(1, 1545)	0.0000
Chi-square	25.53656	1	0.0000

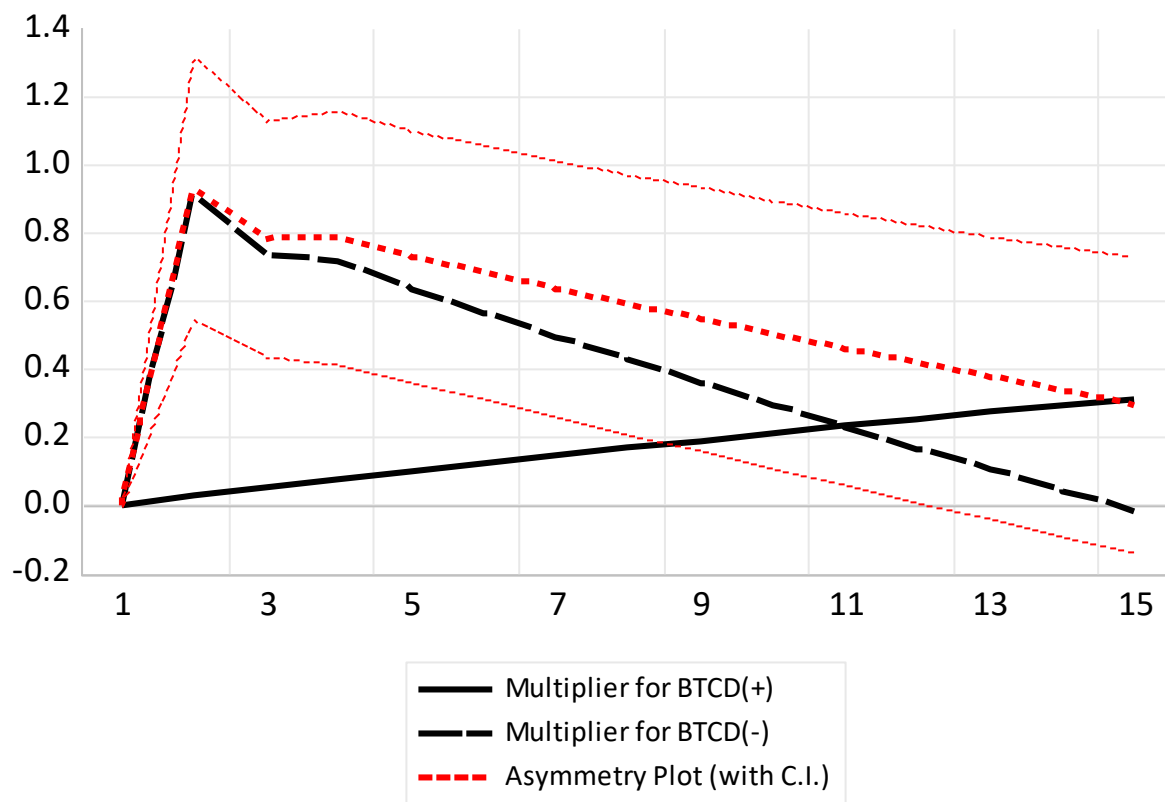
Null Hypothesis: $-C(4)/C(1) = -C(5)/C(1)$

Null Hypothesis Summary:

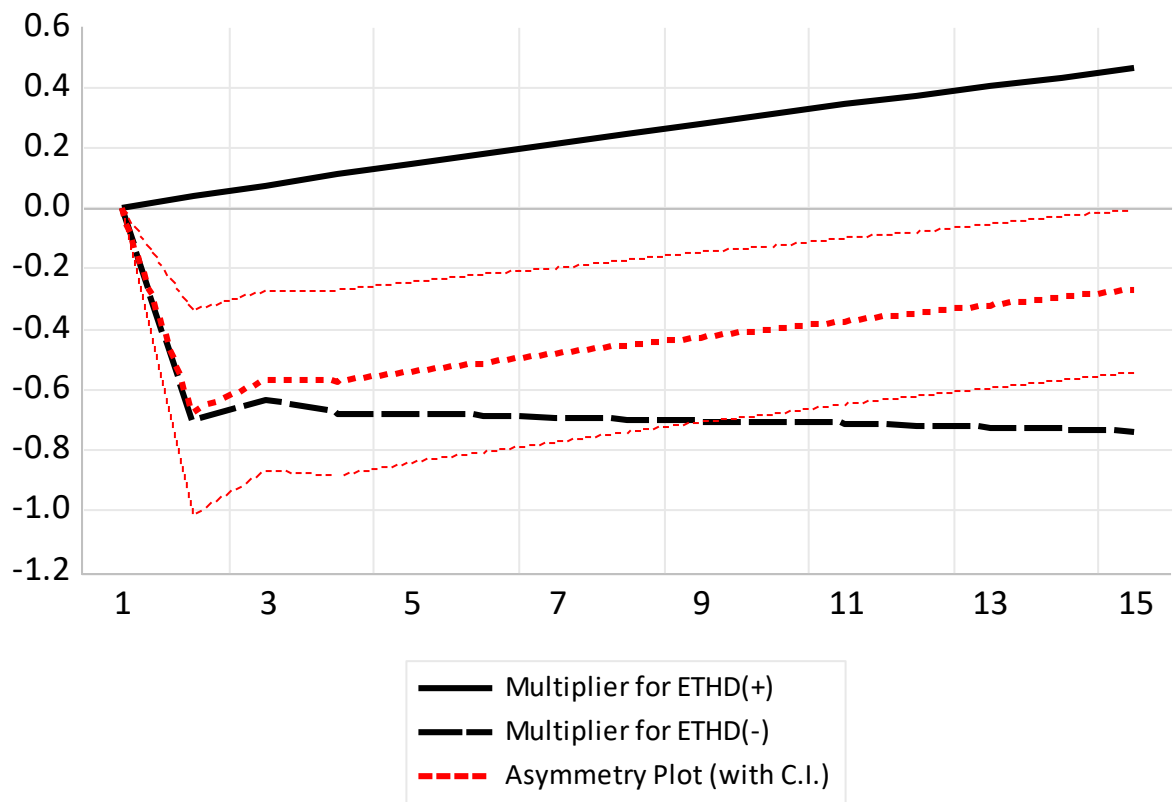
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$-C(4)/C(1) + C(5)/C(1)$	1.042602	0.206318

Delta method computed using analytic derivatives.

Lisa 38. Binance Coini mudeli Bitcoin dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik



Lisa 39. Binance Coini mudeli Ethereumi dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik



Lisa 40. Binance Coini mudeli autokorrelatsiooni test

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	0.721780	Prob. F(4,1540)	0.5770
Obs*R-squared	2.924758	Prob. Chi-Square(4)	0.5705

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: ARDL

Date: 05/02/22 Time: 19:30

Sample: 12/20/2017 3/31/2022

Included observations: 1563

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BNB(-1)	-0.081318	0.065610	-1.239405	0.2154
BNB(-2)	0.068125	0.066846	1.019144	0.3083
BNB(-3)	0.011706	0.022743	0.514732	0.6068
BTCD_POS	8.43E-05	0.018030	0.004677	0.9963
BTCD_NEG	-0.008422	0.151731	-0.055504	0.9557
BTCD_NEG(-1)	0.012200	0.151928	0.080299	0.9360
ETHD_POS	0.002413	0.011629	0.207511	0.8356
ETHD_NEG	-0.002353	0.093652	-0.025121	0.9800
ETHD_NEG(-1)	0.002836	0.093026	0.030482	0.9757
BNBD	0.000112	0.023461	0.004756	0.9962
BNBD(-1)	0.078467	0.071004	1.105102	0.2693
BNBD(-2)	-0.077048	0.065618	-1.174191	0.2405
GOLD	0.010690	0.142244	0.075155	0.9401
GOLD(-1)	0.014004	0.200437	0.069865	0.9443
GOLD(-2)	-0.027939	0.143536	-0.194646	0.8457
OIL	0.000276	0.007856	0.035078	0.9720
SP500	-0.005990	0.095585	-0.062669	0.9500
SP500(-1)	0.009534	0.095753	0.099570	0.9207
US10Y	0.000101	0.006997	0.014394	0.9885
RESID(-1)	0.095597	0.070421	1.357501	0.1748
RESID(-2)	0.012365	0.035149	0.351782	0.7250
RESID(-3)	-0.018307	0.026257	-0.697235	0.4858
RESID(-4)	6.79E-05	0.026003	0.002611	0.9979
R-squared	0.001871	Mean dependent var		1.10E-06
Adjusted R-squared	-0.012388	S.D. dependent var		0.017706
S.E. of regression	0.017816	Akaike info criterion		-5.202888
Sum squared resid	0.488784	Schwarz criterion		-5.124097
Log likelihood	4089.057	Hannan-Quinn criter.		-5.173596
Durbin-Watson stat	1.997996			

Lisa 41. Binance Coini mudeli heteroskedastiivsuse test

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	14.19077	Prob. F(19,1543)	0.0000
Obs*R-squared	232.4934	Prob. Chi-Square(19)	0.0000
Scaled explained SS	1005.067	Prob. Chi-Square(19)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 05/02/22 Time: 19:30

Sample: 12/20/2017 3/31/2022

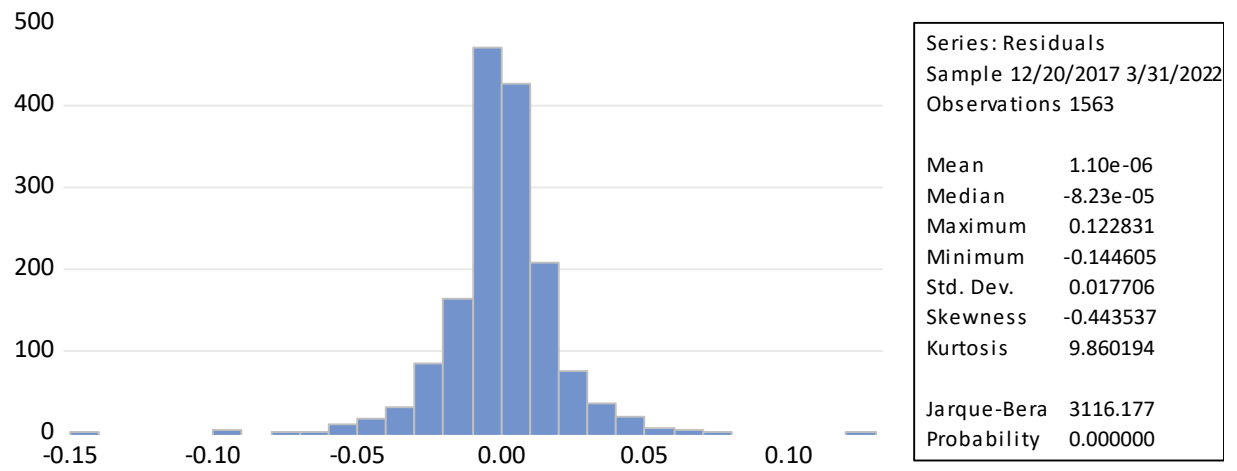
Included observations: 1563

Huber-White-Hinkley (HC1) heteroskedasticity consistent standard errors
and covariance

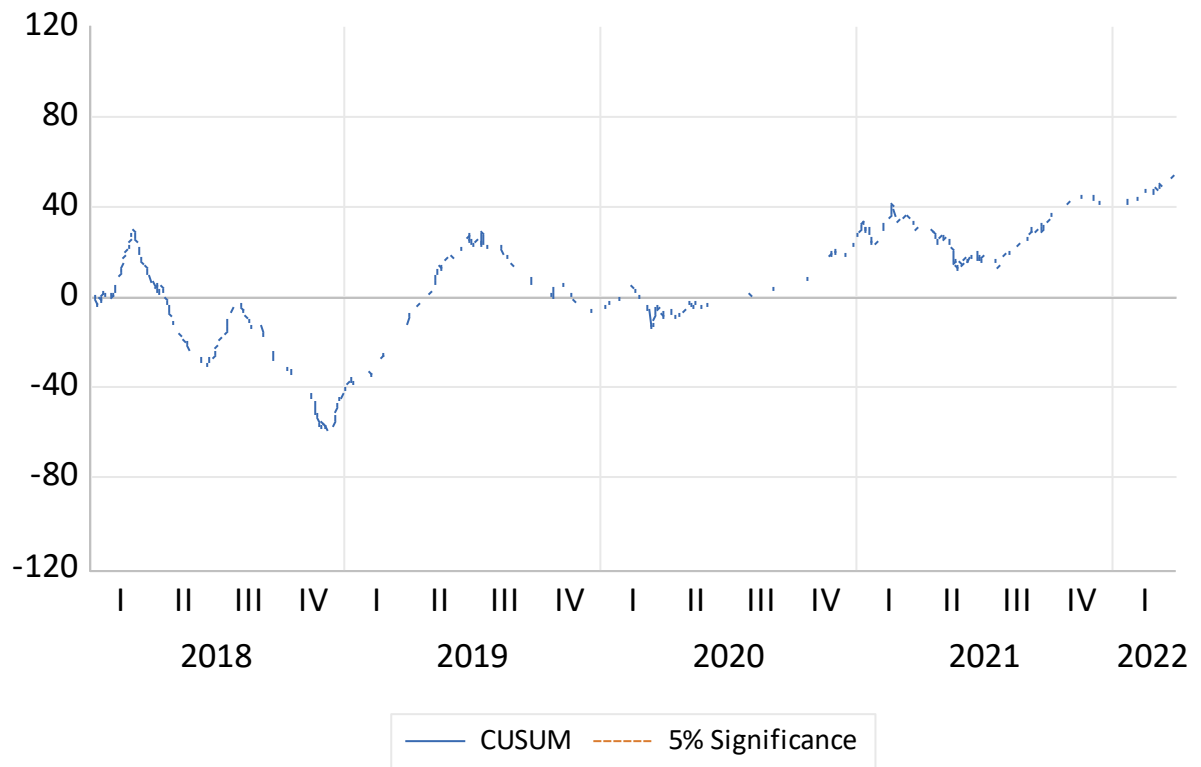
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.013241	0.009086	1.457193	0.1453
BNB(-1)	-0.001585	0.001450	-1.093287	0.2744
BNB(-2)	0.001816	0.001601	1.134052	0.2569
BNB(-3)	0.000508	0.000910	0.557467	0.5773
BTCD_POS	-0.000637	0.000996	-0.639660	0.5225
BTCD_NEG	-0.019807	0.015740	-1.258391	0.2084
BTCD_NEG(-1)	0.019574	0.015363	1.274097	0.2028
ETHD_POS	-0.000549	0.000575	-0.955799	0.3393
ETHD_NEG	-0.049962	0.017818	-2.804031	0.0051
ETHD_NEG(-1)	0.049157	0.017588	2.794906	0.0053
BNBD	-0.003788	0.004108	-0.922080	0.3566
BNBD(-1)	0.004606	0.005152	0.893982	0.3715
BNBD(-2)	-0.001481	0.001939	-0.764074	0.4449
GOLD	-0.020413	0.014400	-1.417548	0.1565
GOLD(-1)	0.013819	0.010386	1.330514	0.1835
GOLD(-2)	0.007989	0.016840	0.474432	0.6353
OIL	-0.000168	0.000318	-0.527692	0.5978
SP500	-0.026225	0.019329	-1.356788	0.1750
SP500(-1)	0.020946	0.017171	1.219830	0.2227
US10Y	0.000502	0.000295	1.698953	0.0895

R-squared	0.148748	Mean dependent var	0.000313
Adjusted R-squared	0.138266	S.D. dependent var	0.000933
S.E. of regression	0.000866	Akaike info criterion	-11.25267
Sum squared resid	0.001157	Schwarz criterion	-11.18415
Log likelihood	8813.960	Hannan-Quinn criter.	-11.22720
F-statistic	14.19077	Durbin-Watson stat	2.019508
Prob(F-statistic)	0.000000		

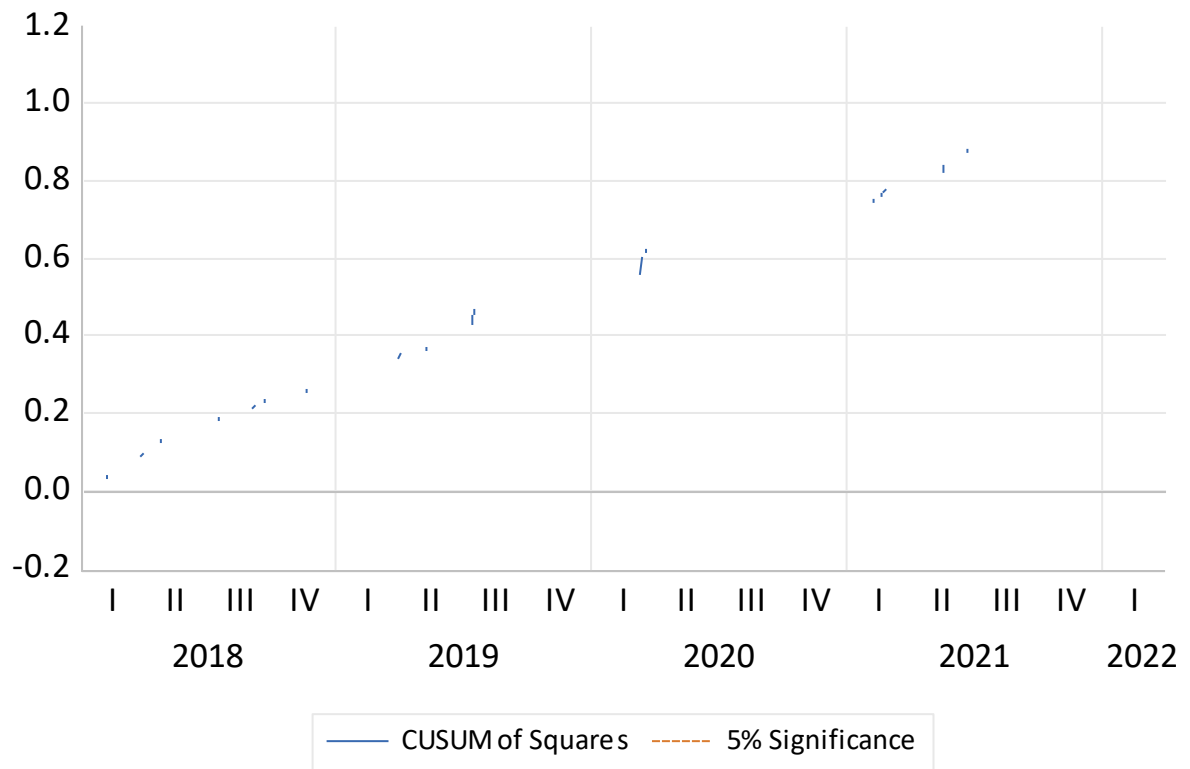
Lisa 42. Binance Coini Jarque-Bera graafik



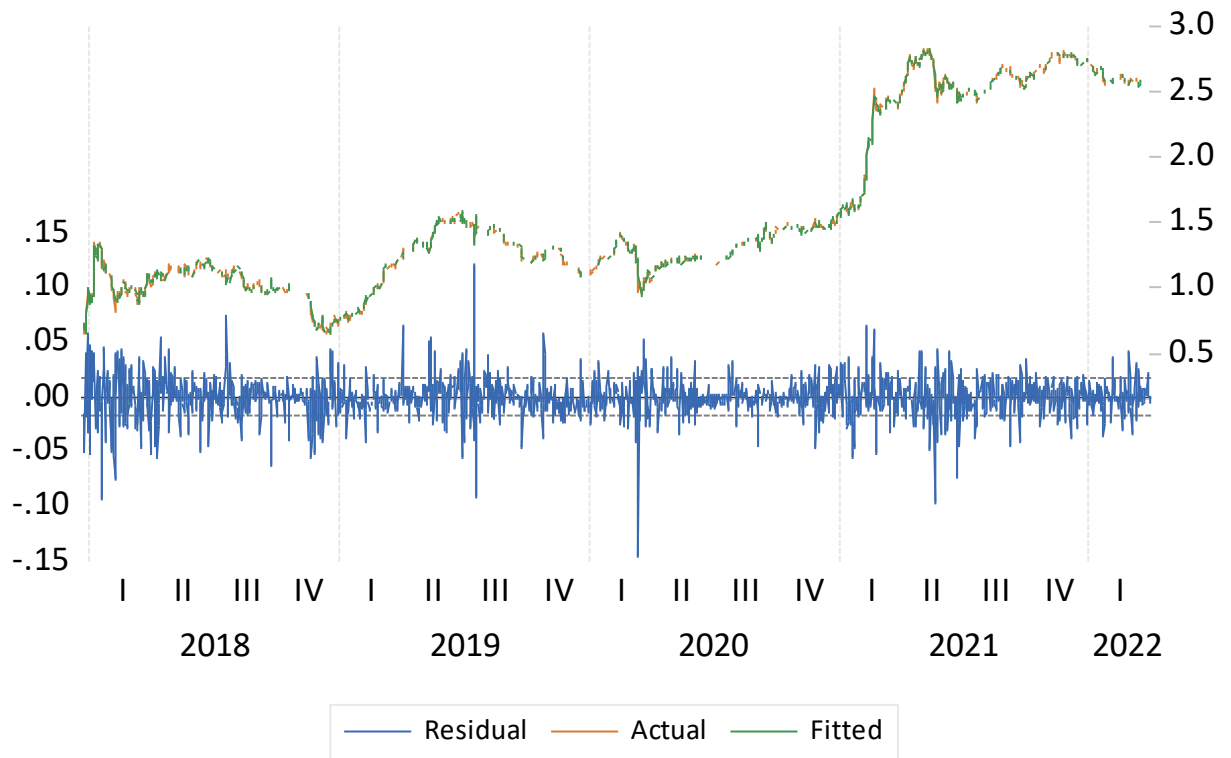
Lisa 43. Binance Coini mudeli CUSUM graafik



Lisa 44. Binance Coini mudeli CUSUMSQ graafik



Lisa 45. Binance Coini mudeli jääkide graafik



Lisa 46. Ripple'i „VAR lag selection“

R-squared	0.989247
Adj. R-squared	0.989212
Sum sq. resids	1.178181
S.E. equation	0.027526
F-statistic	28609.89
Log likelihood	3396.137
Akaike AIC	-4.343546
Schwarz SC	-4.322970
Mean dependent	-0.353324
S.D. dependent	0.265014

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: XRP

Exogenous variables: C

Date: 04/25/22 Time: 23:04

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 1561

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-141.4996	NA	0.070278	0.182575	0.186004	0.183850
1	3394.094	7062.128*	0.000759*	-4.346053*	-4.339194*	-4.343503*
2	3394.652	1.113225	0.000759	-4.345486	-4.335198	-4.341661
3	3394.732	0.158953	0.000760	-4.344307	-4.330590	-4.339207
4	3394.900	0.336654	0.000761	-4.343242	-4.326096	-4.336867
5	3396.137	2.464122	0.000761	-4.343546	-4.322970	-4.335896

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 47. Ripple'i mudeli „VAR lag selection“

Determinant resid covariance (dof adj.)	1.85E-33
Determinant resid covariance	1.50E-33
Log likelihood	41271.90
Akaike information criterion	-52.45856
Schwarz criterion	-51.33376
Number of coefficients	328

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: XRP BTC D ETH D BNBD GOLD OIL SP500 US10Y

Exogenous variables: C

Date: 04/25/22 Time: 23:05

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 1561

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	14409.66	NA	1.34e-18	-18.45183	-18.42440	-18.44163
1	40766.82	52410.41	3.14e-33	-52.13943	-51.89252	-52.04763
2	41065.09	590.0356	2.32e-33	-52.43958	-51.97320*	-52.26618*
3	41123.36	114.6785	2.34e-33	-52.43224	-51.74639	-52.17724
4	41204.00	157.8582	2.29e-33	-52.45355	-51.54822	-52.11696
5	41271.90	132.2491*	2.28e-33*	-52.45856*	-51.33376	-52.04037

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 48. Ripple'i mudeli „long run form and bounds test“

ARDL Long Run Form and Bounds Test
 Dependent Variable: D(XRP)
 Selected Model: ARDL(1, 5, 1, 5, 1, 2, 2, 2, 0)
 Case 1: No Constant and No Trend
 Date: 05/02/22 Time: 19:37
 Sample: 12/17/2017 3/31/2022
 Included observations: 1560

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
XRP(-1)*	-0.035592	0.005846	-6.088483	0.0000
BTCD_POS(-1)	-0.040953	0.028566	-1.433632	0.1519
BTCD_NEG(-1)	0.003549	0.023126	0.153470	0.8780
ETHD_POS(-1)	0.016583	0.012851	1.290384	0.1971
ETHD_NEG(-1)	-0.006107	0.015884	-0.384464	0.7007
GOLD(-1)	-0.055014	0.027220	-2.021080	0.0434
OIL(-1)	-0.008420	0.010324	-0.815628	0.4148
SP500(-1)	0.050816	0.026347	1.928768	0.0539
US10Y**	0.017607	0.009293	1.894559	0.0583
D(BTCD_POS)	-1.584390	0.236373	-6.702932	0.0000
D(BTCD_POS(-1))	-0.070863	0.195781	-0.361949	0.7174
D(BTCD_POS(-2))	-0.173006	0.194094	-0.891350	0.3729
D(BTCD_POS(-3))	0.309485	0.193738	1.597440	0.1104
D(BTCD_POS(-4))	-0.459676	0.193520	-2.375343	0.0177
D(BTCD_NEG)	-3.798360	0.243426	-15.60379	0.0000
D(ETHD_POS)	-0.518242	0.108093	-4.794419	0.0000
D(ETHD_POS(-1))	-0.077858	0.093047	-0.836756	0.4029
D(ETHD_POS(-2))	-0.148530	0.093002	-1.597056	0.1105
D(ETHD_POS(-3))	-0.000816	0.092931	-0.008777	0.9930
D(ETHD_POS(-4))	0.235570	0.093068	2.531164	0.0115
D(ETHD_NEG)	0.367301	0.148889	2.466955	0.0137
D(GOLD)	0.157831	0.186636	0.845664	0.3979
D(GOLD(-1))	0.407777	0.187317	2.176937	0.0296
D(OIL)	-0.028303	0.043598	-0.649172	0.5163
D(OIL(-1))	0.089147	0.043511	2.048849	0.0406
D(SP500)	0.825927	0.131593	6.276387	0.0000
D(SP500(-1))	-0.238250	0.130608	-1.824157	0.0683

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

** Variable interpreted as $Z = Z(-1) + D(Z)$.

Levels Equation				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BTCD_POS	-1.150616	0.956623	-1.202790	0.2292
BTCD_NEG	0.099718	0.931366	0.107067	0.9148
ETHD_POS	0.465908	0.499352	0.933025	0.3510
ETHD_NEG	-0.171576	0.569881	-0.301074	0.7634
GOLD	-1.545671	0.717760	-2.153464	0.0314
OIL	-0.236579	0.253550	-0.933069	0.3509
SP500	1.427742	0.704445	2.026763	0.0429
US10Y	0.494687	0.253431	1.951960	0.0511

$$EC = XRP - (-1.1506*BTCD_POS + 0.0997*BTCD_NEG + 0.4659*ETHD_POS - 0.1716*ETHD_NEG - 1.5457*GOLD - 0.2366*OIL + 1.4277*SP500 + 0.4947*US10Y)$$

F-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
			Asymptotic: n=1000	
F-statistic	5.639765	10%	1.66	2.79
k	8	5%	1.91	3.11
		2.5%	2.15	3.4
		1%	2.45	3.79
			Finite Sample: n=80	
Actual Sample Size	1560	10%	-1	-1
		5%	-1	-1
		1%	-1	-1

t-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-6.088483	10%	-1.62	-4.09
		5%	-1.95	-4.43
		2.5%	-2.24	-4.72
		1%	-2.58	-5.07

Lisa 49. Ripple'i ECM

ARDL Error Correction Regression
 Dependent Variable: D(XRP)
 Selected Model: ARDL(1, 5, 1, 5, 1, 2, 2, 2, 0)
 Case 1: No Constant and No Trend
 Date: 05/02/22 Time: 19:37
 Sample: 12/17/2017 3/31/2022
 Included observations: 1560

ECM Regression				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(BTCD_POS)	-1.584390	0.228898	-6.921808	0.0000
D(BTCD_POS(-1))	-0.070863	0.188312	-0.376306	0.7067
D(BTCD_POS(-2))	-0.173006	0.186595	-0.927174	0.3540
D(BTCD_POS(-3))	0.309485	0.186644	1.658152	0.0975
D(BTCD_POS(-4))	-0.459676	0.185617	-2.476474	0.0134
D(BTCD_NEG)	-3.798360	0.235582	-16.12329	0.0000
D(ETHD_POS)	-0.518242	0.105029	-4.934273	0.0000
D(ETHD_POS(-1))	-0.077858	0.090677	-0.858625	0.3907
D(ETHD_POS(-2))	-0.148530	0.090964	-1.632835	0.1027
D(ETHD_POS(-3))	-0.000816	0.090266	-0.009037	0.9928
D(ETHD_POS(-4))	0.235570	0.090408	2.605632	0.0093
D(ETHD_NEG)	0.367301	0.142544	2.576765	0.0101
D(GOLD)	0.157831	0.184948	0.853380	0.3936
D(GOLD(-1))	0.407777	0.185811	2.194585	0.0283
D(OIL)	-0.028303	0.043162	-0.655737	0.5121
D(OIL(-1))	0.089147	0.043057	2.070450	0.0386
D(SP500)	0.825927	0.130511	6.328400	0.0000
D(SP500(-1))	-0.238250	0.129728	-1.836534	0.0665
CointEq(-1)*	-0.035592	0.004983	-7.143022	0.0000
R-squared	0.293247	Mean dependent var	-7.35E-05	
Adjusted R-squared	0.284992	S.D. dependent var	0.027560	
S.E. of regression	0.023304	Akaike info criterion	-4.668279	
Sum squared resid	0.836880	Schwarz criterion	-4.603089	
Log likelihood	3660.258	Hannan-Quinn criter.	-4.644041	
Durbin-Watson stat	2.034449			

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	5.639765	10%	1.66	2.79
k	8	5%	1.91	3.11
		2.5%	2.15	3.4
		1%	2.45	3.79

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-7.143022	10%	-1.62	-4.09
		5%	-1.95	-4.43
		2.5%	-2.24	-4.72
		1%	-2.58	-5.07

Lisa 50. Ripple'i mudeli Wald testid koos seletava valemiga

Estimation Equation:

$$D(\text{XRP}) = C(1)*\text{XRP}(-1) + C(2)*\text{BTCD_POS}(-1) + C(3)*\text{BTCD_NEG}(-1) + C(4)*\text{ETHD_POS}(-1) + C(5)*\text{ETHD_NEG}(-1) + C(6)*\text{GOLD}(-1) + C(7)*\text{OIL}(-1) + C(8)*\text{SP500}(-1) + C(9)*\text{US10Y} + C(10)*D(\text{BTCD_NEG}) + C(11)*D(\text{BTCD_POS}) + C(12)*D(\text{SP500}) + C(13)*D(\text{ETHD_POS}) + C(14)*D(\text{BTCD_POS}(-4)) + C(15)*D(\text{ETHD_NEG}) + C(16)*D(\text{ETHD_POS}(-4)) + C(17)*D(\text{GOLD}(-1))$$

Wald Test:
Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	-4.017091	1543	0.0001
F-statistic	16.13702	(1, 1543)	0.0001
Chi-square	16.13702	1	0.0001

Null Hypothesis: $-C(2)/C(1) = -C(3)/C(1)$
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$-C(2)/C(1) + C(3)/C(1)$	-1.220451	0.303815

Delta method computed using analytic derivatives.

Wald Test:
Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	4.296143	1543	0.0000
F-statistic	18.45685	(1, 1543)	0.0000
Chi-square	18.45685	1	0.0000

Null Hypothesis: $-C(4)/C(1) = -C(5)/C(1)$
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$-C(4)/C(1) + C(5)/C(1)$	0.622427	0.144880

Delta method computed using analytic derivatives.

Wald Test:
Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	-4.144620	1543	0.0000
F-statistic	17.17787	(1, 1543)	0.0000
Chi-square	17.17787	1	0.0000

Null Hypothesis: $C(10)=C(11)+C(14)$

Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$C(10) - C(11) - C(14)$	-1.740245	0.419880

Restrictions are linear in coefficients.

Wald Test:

Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
t-statistic	-3.278750	1543	0.0011
F-statistic	10.75020	(1, 1543)	0.0011
Chi-square	10.75020	1	0.0010

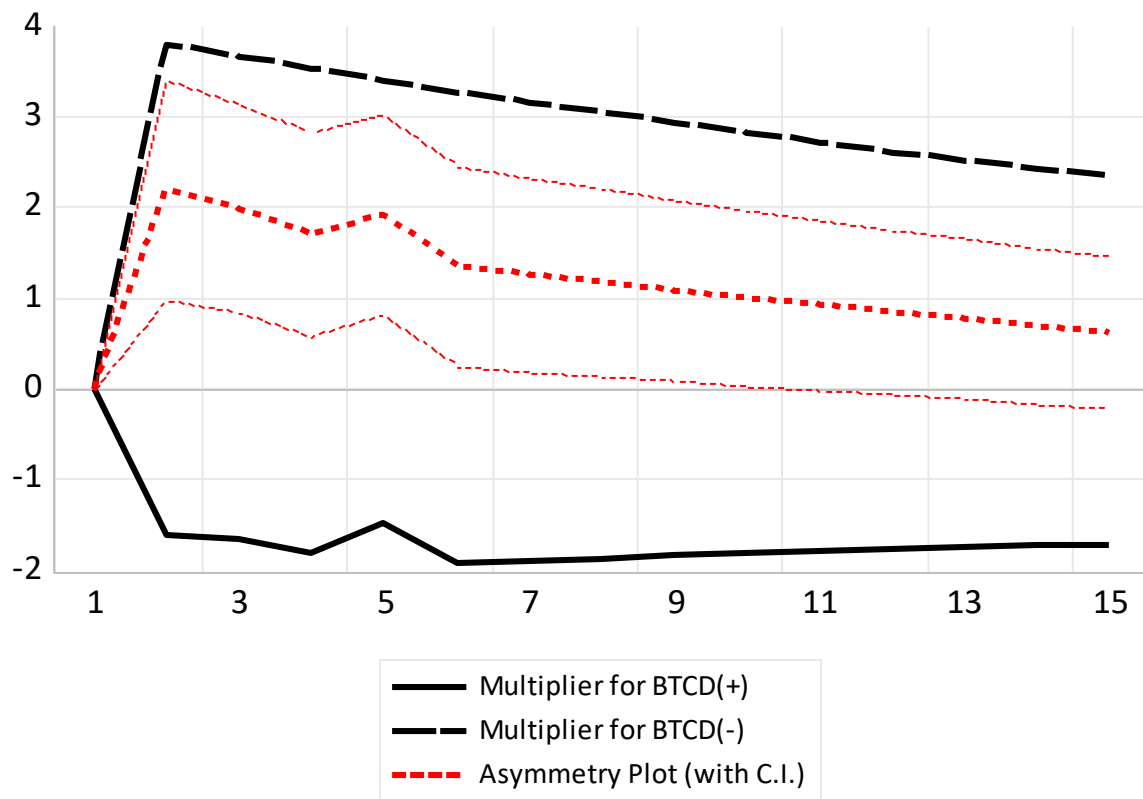
Null Hypothesis: $C(13)+C(16)=C(15)$

Null Hypothesis Summary:

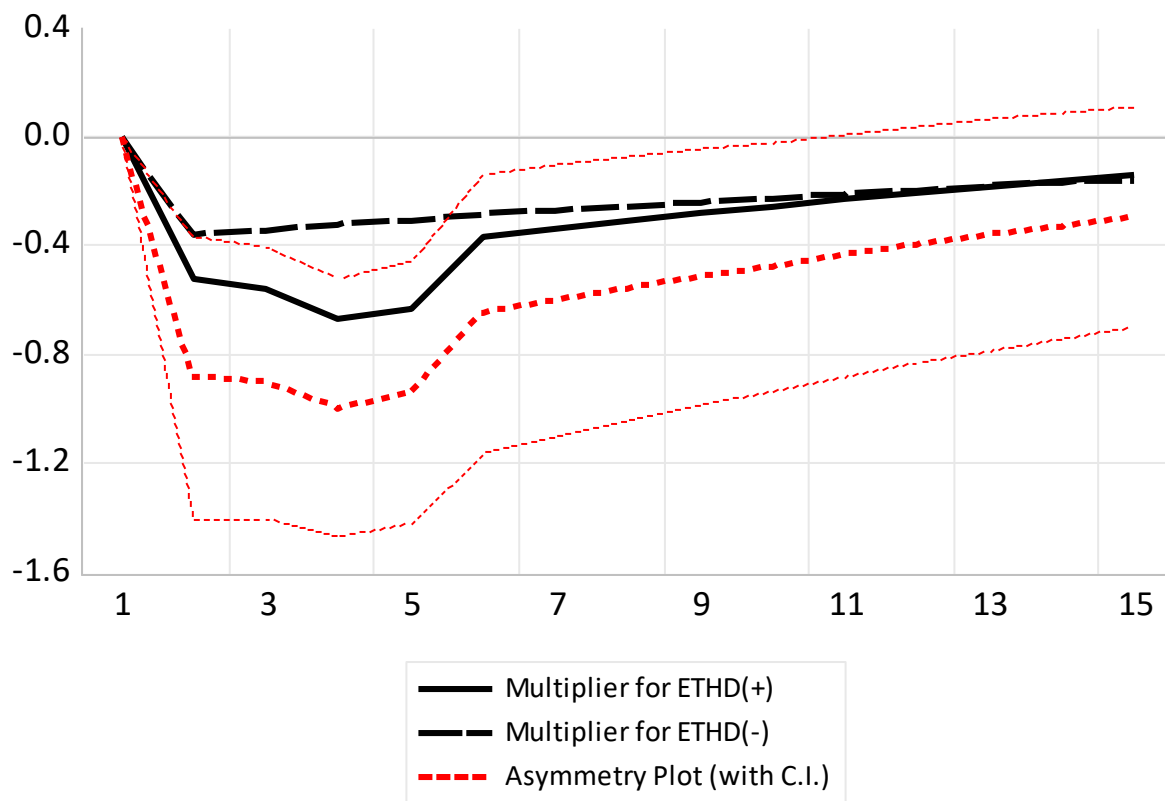
Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
$C(13) - C(15) + C(16)$	-0.703890	0.214682

Restrictions are linear in coefficients.

Lisa 51. Ripple'i mudeli Bitcoin dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik



Lisa 52. Ripple'i mudeli Ethereumi dominantsi asümmeetriliste kordajate graafik



Lisa 53. Ripple'i mudeli autokorrelatsiooni test

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Null hypothesis: No serial correlation at up to 5 lags

F-statistic	1.597934	Prob. F(5,1528)	0.1575
Obs*R-squared	8.114564	Prob. Chi-Square(5)	0.1500

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: ARDL

Date: 05/02/22 Time: 19:43

Sample: 12/23/2017 3/31/2022

Included observations: 1560

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
XRP(-1)	-0.003703	0.006660	-0.555969	0.5783
BTC_D_POS	0.013905	0.236302	0.058845	0.9531
BTC_D_POS(-1)	-0.025327	0.316237	-0.080087	0.9362
BTC_D_POS(-2)	0.010801	0.275016	0.039275	0.9687
BTC_D_POS(-3)	-0.010374	0.275134	-0.037705	0.9699
BTC_D_POS(-4)	-0.003491	0.275483	-0.012673	0.9899
BTC_D_POS(-5)	0.004255	0.193414	0.021997	0.9825
BTC_D_NEG	-0.001898	0.244263	-0.007771	0.9938
BTC_D_NEG(-1)	-0.002917	0.245254	-0.011896	0.9905
ETHD_POS	0.003922	0.108521	0.036137	0.9712
ETHD_POS(-1)	-0.006055	0.150775	-0.040162	0.9680
ETHD_POS(-2)	-0.014782	0.137742	-0.107316	0.9146
ETHD_POS(-3)	0.027720	0.137693	0.201317	0.8405
ETHD_POS(-4)	0.001215	0.138194	0.008790	0.9930
ETHD_POS(-5)	-0.012332	0.093157	-0.132378	0.8947
ETHD_NEG	0.003873	0.148880	0.026011	0.9793
ETHD_NEG(-1)	-0.006876	0.148145	-0.046412	0.9630
GOLD	-0.007002	0.186499	-0.037544	0.9701
GOLD(-1)	-0.001428	0.263288	-0.005423	0.9957
GOLD(-2)	0.003729	0.187226	0.019917	0.9841
OIL	0.004247	0.043692	0.097203	0.9226
OIL(-1)	-0.005979	0.060879	-0.098204	0.9218
OIL(-2)	0.001477	0.043588	0.033875	0.9730
SP500	-0.002869	0.131733	-0.021780	0.9826
SP500(-1)	-0.005156	0.170694	-0.030204	0.9759
SP500(-2)	0.012127	0.130667	0.092811	0.9261
US10Y	0.001516	0.009346	0.162176	0.8712
RESID(-1)	-0.016161	0.026538	-0.608989	0.5426
RESID(-2)	-0.007939	0.026525	-0.299301	0.7648
RESID(-3)	0.006608	0.026565	0.248753	0.8036
RESID(-4)	0.034906	0.026570	1.313764	0.1891
RESID(-5)	0.064231	0.026517	2.422282	0.0155
R-squared	0.005202	Mean dependent var	7.85E-07	
Adjusted R-squared	-0.014981	S.D. dependent var	0.023169	
S.E. of regression	0.023342	Akaike info criterion	-4.656828	
Sum squared resid	0.832527	Schwarz criterion	-4.547034	
Log likelihood	3664.326	Hannan-Quinn criter.	-4.616006	
Durbin-Watson stat	2.001089			

Lisa 54. Ripple'i mudeli heteroskedastiivsuse test

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
 Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	8.282763	Prob. F(27,1532)	0.0000
Obs*R-squared	198.7144	Prob. Chi-Square(27)	0.0000
Scaled explained SS	1194.962	Prob. Chi-Square(27)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 05/02/22 Time: 19:43

Sample: 12/23/2017 3/31/2022

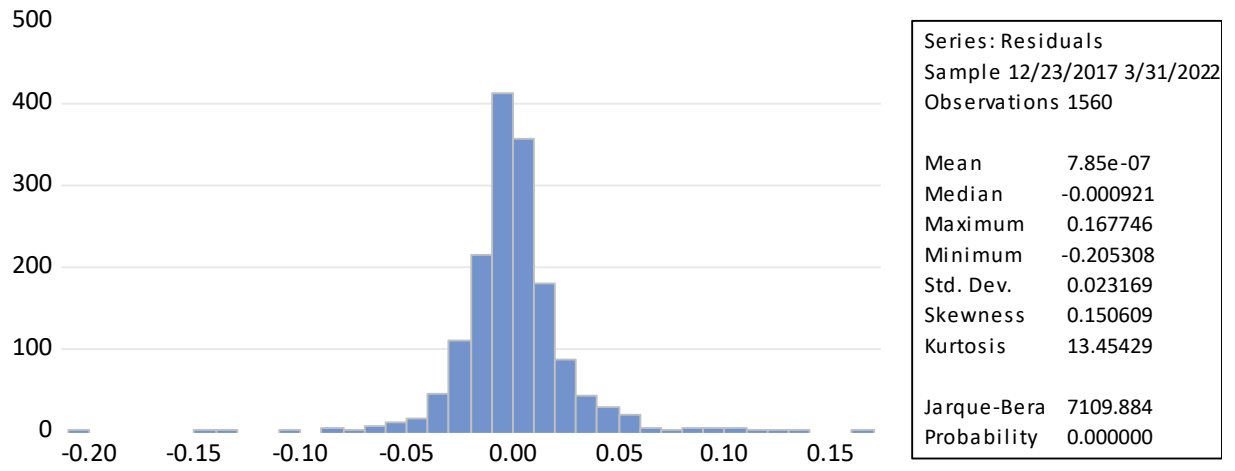
Included observations: 1560

Huber-White-Hinkley (HC1) heteroskedasticity consistent standard errors
 and covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.034199	0.010741	3.184033	0.0015
XRP(-1)	0.001622	0.000530	3.060759	0.0022
BTCD_POS	0.099880	0.042146	2.369863	0.0179
BTCD_POS(-1)	-0.113120	0.037888	-2.985623	0.0029
BTCD_POS(-2)	0.004623	0.017057	0.271034	0.7864
BTCD_POS(-3)	0.006458	0.017625	0.366403	0.7141
BTCD_POS(-4)	0.019110	0.019788	0.965714	0.3343
BTCD_POS(-5)	-0.009560	0.010838	-0.882129	0.3778
BTCD_NEG	-0.107338	0.028534	-3.761802	0.0002
BTCD_NEG(-1)	0.118702	0.029681	3.999305	0.0001
ETHD_POS	-0.009485	0.008538	-1.110980	0.2668
ETHD_POS(-1)	0.013678	0.012180	1.122933	0.2616
ETHD_POS(-2)	-0.017325	0.008878	-1.951545	0.0512
ETHD_POS(-3)	0.017611	0.010858	1.621942	0.1050
ETHD_POS(-4)	0.010692	0.013921	0.768026	0.4426
ETHD_POS(-5)	-0.011849	0.011624	-1.019369	0.3082
ETHD_NEG	-0.025487	0.026292	-0.969378	0.3325
ETHD_NEG(-1)	0.026446	0.026082	1.013948	0.3108
GOLD	-0.025209	0.018135	-1.390080	0.1647
GOLD(-1)	0.017575	0.016876	1.041368	0.2979
GOLD(-2)	0.004622	0.019531	0.236655	0.8130
OIL	0.000472	0.001635	0.288520	0.7730
OIL(-1)	-0.001231	0.003027	-0.406773	0.6842
OIL(-2)	0.001038	0.002004	0.518077	0.6045
SP500	-0.024759	0.021969	-1.127022	0.2599
SP500(-1)	-0.007844	0.012751	-0.615207	0.5385
SP500(-2)	0.025650	0.015826	1.620821	0.1053
US10Y	0.000369	0.000529	0.697652	0.4855

R-squared	0.127381	Mean dependent var	0.000536
Adjusted R-squared	0.112002	S.D. dependent var	0.001894
S.E. of regression	0.001785	Akaike info criterion	-9.801446
Sum squared resid	0.004879	Schwarz criterion	-9.705376
Log likelihood	7673.128	Hannan-Quinn criter.	-9.765727
F-statistic	8.282763	Durbin-Watson stat	1.901595
Prob(F-statistic)	0.000000		

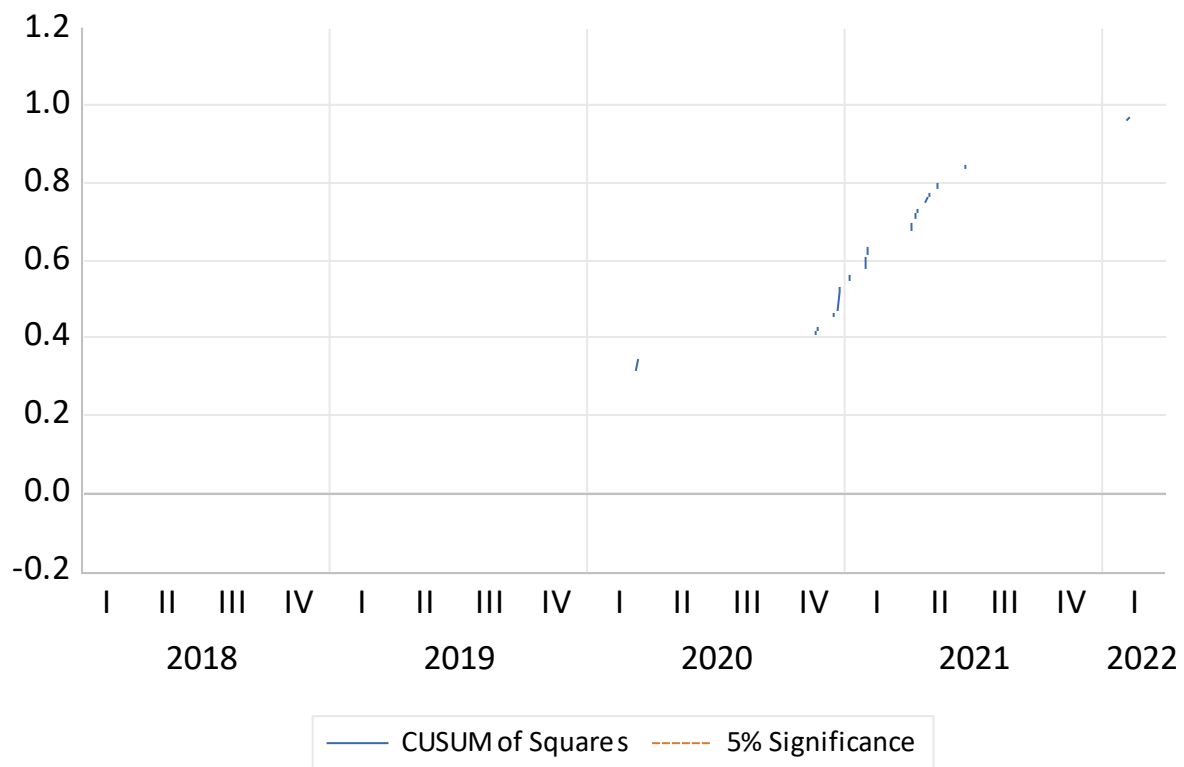
Lisa 55. Ripple'i Jarque-Bera graafik



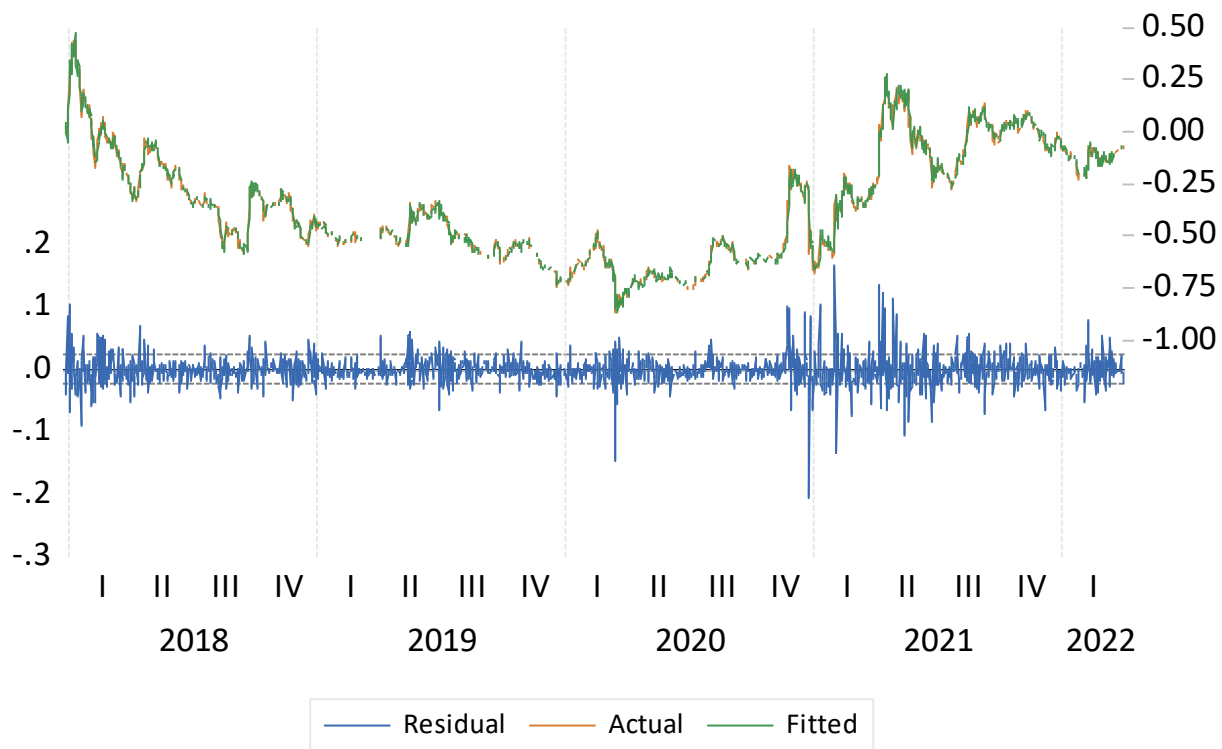
Lisa 56. Ripple'i mudeli CUSUM graafik



Lisa 57. Ripple'i mudeli CUSUMSQ graafik



Lisa 58. Ripple'i mudeli jääkide graafik



Lisa 59. Solana „VAR lag selection“

R-squared	0.998376
Adj. R-squared	0.998364
Sum sq. resids	0.883984
S.E. equation	0.035285
F-statistic	87288.63
Log likelihood	1381.565
Akaike AIC	-3.842359
Schwarz SC	-3.804032
Mean dependent	1.139860
S.D. dependent	0.872483

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: SOL

Exogenous variables: C

Date: 04/25/22 Time: 23:28

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 716

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-917.7885	NA	0.762290	2.566448	2.572836	2.568915
1	1377.528	4577.810	0.001256	-3.842257	-3.829481*	-3.837323*
2	1379.171	3.273124	0.001253*	-3.844054*	-3.824890	-3.836654
3	1379.175	0.008241	0.001257	-3.841272	-3.815721	-3.831405
4	1379.384	0.413843	0.001260	-3.839061	-3.807122	-3.826727
5	1381.565	4.325007*	0.001255	-3.842359	-3.804032	-3.827559

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 60. Solana mudeli „VAR lag selection“

Determinant resid covariance (dof adj.)	2.69E-33
Determinant resid covariance	1.68E-33
Log likelihood	18889.38
Akaike information criterion	-51.84744
Schwarz criterion	-49.75224
Number of coefficients	328

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: SOL BTCD ETHD BNBD GOLD OIL SP500 US10Y

Exogenous variables: C

Date: 04/25/22 Time: 23:29

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 716

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	8429.862	NA	8.39e-21	-23.52475	-23.47365	-23.50502
1	18695.59	20273.39	3.53e-33	-52.02121	-51.56129*	-51.84361*
2	18783.54	171.7209*	3.30e-33*	-52.08811*	-51.21936	-51.75264
3	18821.98	74.19500	3.55e-33	-52.01671	-50.73915	-51.52337
4	18851.56	56.42373	3.91e-33	-51.92055	-50.23417	-51.26935
5	18889.38	71.32158	4.20e-33	-51.84744	-49.75224	-51.03837

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Lisa 61. Solana mudeli „long run form and bounds test“

ARDL Long Run Form and Bounds Test

Dependent Variable: D(SOL)

Selected Model: ARDL(1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 0, 0, 1, 1)

Case 1: No Constant and No Trend

Date: 04/25/22 Time: 23:36

Sample: 12/17/2017 3/31/2022

Included observations: 720

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SOL(-1)*	-0.015840	0.007074	-2.239348	0.0254
BTCD_POS(-1)	0.063886	0.095329	0.670160	0.5030
BTCD_NEG(-1)	0.091995	0.071156	1.292858	0.1965
ETHD_POS(-1)	0.075520	0.044729	1.688402	0.0918
ETHD_NEG(-1)	0.010907	0.085053	0.128239	0.8980
BNBD_POS(-1)	0.020537	0.015904	1.291351	0.1970
BNBD_NEG(-1)	0.046951	0.048516	0.967752	0.3335
GOLD**	-0.044548	0.066910	-0.665787	0.5058
OIL**	0.025247	0.020117	1.254967	0.2099
SP500(-1)	0.018960	0.065976	0.287378	0.7739
US10Y(-1)	-0.042075	0.027745	-1.516475	0.1299
D(BTCD_POS)	-1.483380	0.493319	-3.006937	0.0027
D(BTCD_NEG)	-1.287327	0.539949	-2.384162	0.0174
D(ETHD_POS)	0.485160	0.213848	2.268711	0.0236
D(ETHD_NEG)	0.867623	0.315420	2.750690	0.0061
D(ETHD_NEG(-1))	-0.891350	0.253340	-3.518396	0.0005
D(BNBD_POS)	0.220040	0.102269	2.151573	0.0318
D(BNBD_NEG)	0.445612	0.170189	2.618340	0.0090
D(SP500)	1.725749	0.305517	5.648613	0.0000
D(US10Y)	0.220196	0.085804	2.566259	0.0105

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

** Variable interpreted as $Z = Z(-1) + D(Z)$.

Levels Equation				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BTCD_POS	4.033082	6.632016	0.608123	0.5433
BTCD_NEG	5.807602	5.654909	1.027002	0.3048
ETHD_POS	4.767586	3.133293	1.521590	0.1286
ETHD_NEG	0.688560	5.392099	0.127698	0.8984
BNBD_POS	1.296500	1.063233	1.219394	0.2231
BNBD_NEG	2.964031	3.105660	0.954396	0.3402
GOLD	-2.812282	4.011165	-0.701114	0.4835
OIL	1.593815	1.440208	1.106656	0.2688
SP500	1.196938	4.055203	0.295161	0.7680
US10Y	-2.656165	2.072735	-1.281478	0.2005

EC = SOL - (4.0331*BTCD_POS + 5.8076*BTCD_NEG + 4.7676*ETHD_POS + 0.6886*ETHD_NEG + 1.2965*BNBD_POS + 2.9640*BNBD_NEG - 2.8123*GOLD + 1.5938*OIL + 1.1969*SP500 - 2.6562*US10Y)

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	1.101325	10%	1.6	2.72
k	10	5%	1.82	2.99
		2.5%	2.02	3.27
		1%	2.26	3.6
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	720	10%	-1	-1
		5%	-1	-1
		1%	-1	-1

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-2.239348	10%	-1.62	-4.42
		5%	-1.95	-4.76
		2.5%	-2.24	-5.06
		1%	-2.58	-5.44

Lisa 62. Solana ECM

ARDL Error Correction Regression
 Dependent Variable: D(SOL)
 Selected Model: ARDL(1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 0, 0, 1, 1)
 Case 1: No Constant and No Trend
 Date: 04/25/22 Time: 23:36
 Sample: 12/17/2017 3/31/2022
 Included observations: 720

ECM Regression				
Case 1: No Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(BTCD_POS)	-1.483380	0.463580	-3.199835	0.0014
D(BTCD_NEG)	-1.287327	0.491053	-2.621565	0.0089
D(ETHD_POS)	0.485160	0.200355	2.421508	0.0157
D(ETHD_NEG)	0.867623	0.281583	3.081232	0.0021
D(ETHD_NEG(-1))	-0.891350	0.234281	-3.804619	0.0002
D(BNBD_POS)	0.220040	0.091348	2.408800	0.0163
D(BNBD_NEG)	0.445612	0.152895	2.914501	0.0037
D(SP500)	1.725749	0.300345	5.745898	0.0000
D(US10Y)	0.220196	0.084180	2.615782	0.0091
CointEq(-1)*	-0.015840	0.004519	-3.505374	0.0005
R-squared	0.243334	Mean dependent var		0.002935
Adjusted R-squared	0.233743	S.D. dependent var		0.035786
S.E. of regression	0.031326	Akaike info criterion		-4.074953
Sum squared resid	0.696730	Schwarz criterion		-4.011353
Log likelihood	1476.983	Hannan-Quinn criter.		-4.050400
Durbin-Watson stat	1.972082			

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	1.101325	10%	1.6	2.72
k	10	5%	1.82	2.99
		2.5%	2.02	3.27
		1%	2.26	3.6

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-3.505374	10%	-1.62	-4.42
		5%	-1.95	-4.76
		2.5%	-2.24	-5.06
		1%	-2.58	-5.44

Lisa 63. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Jaagup Kukk, (autori nimi)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Krüptovaluuta dominantsi roll krüptoturul“, (lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Ilzija Ahmet (PhD), (juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli 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.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*