

TARTU ÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Ilja Tšerepanov

BITCOINI LISAMISE MÕJU TRADITSIOONILISE INVESTEERIMISPORTFELLI RISKI
HAJUTAMISELE

Bakalaureusetöö

Juhendaja: kaasprofessor Priit Sander

Tartu 2025

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Sisukord

Sisukord	3
Sissejuhatus.....	4
1. Krüptovarade ja traditsiooniliste varade võrdlus ning portfelli diversifikatsiooni teoreetiline raamistik.....	7
1.1. Traditsiooniliste investeringute volatiilsus ja riskid	7
1.2. Krüptovarade volatiilsuse ja riskide dünaamika	8
1.3. Ülekandefektid ja kooskõlad krüpto ning traditsiooniliste turgude vahel	10
1.4. Portfelli diversifikatsioon ja riskiga korrigeeritud tootlus	12
1.5. Võrdlev analüüs: traditsioonilised varad vs krüpto	15
1.6. Bitcoin alternatiivid	17
2. Bitcoin lisamise mõju traditsioonilise investeerimisportfelli	19
2.1. Andmed ja metoodika	19
2.2. Varaklasside tootlus ja volatiilsus.....	20
2.3. Korrelatsioonid ja hajutamise potentsiaal	22
2.4. Fikseeritud osakaaludega portfelli võrdlus	24
2.5. Optimeeritud portfelliid	26
2.6. Pikaajalised portfelli strateegiad	27
2.7. Tehingukulud varaklasside lõikes.....	30
2.8. Tulemuste arutelu ja järeldused	32
Kokkuvõte.....	34
Viidatud allikad.....	36
Lisa A. Varaklasside aastased hinnaandmed	40
Lisa B. Varaklasside vahelised aastased korrelatsioonid.....	41
Lisa C. Optimeerimise täielikud tulemused.....	42
Summary	44

Sissejuhatus

Krüptovarad on viimase kümne aasta jooksul liikunud nišš huvist globaalseks varaklassiks. Hinnatõusud ja kokkukukkumised on turutsüklite vältel olnud erakordselt suured ning näitavad krüpto äärmuslikku volatiilsust (Hacibedel & Perez-Saiz, 2023). IMF ja Euroopa Keskpank ei käsitle krüptot enam spekulatiivse kõrvalnähtusena, vaid finantssüsteemi osana, mille riskid võivad kanduda reaalmajandusse ja traditsioonilistesse turusegmentidesse (IMF, 2023; Aerts jt, 2025).

Turu struktuur on viimasel kümnel aastal muutunud kahes suunas. Institutsionaalsete investorite osakaal on kasvanud, tuletisinstrumentid ja börsil kaubeldavad fondid on laialt levinud ning seosed traditsiooniliste finantstoodetega on tihenened (Azar jt, 2024; Li & Patel, 2025). Samal ajal sõltuvad krüptohinnad järjest enam globaalsest riskisentimendist ja makromajanduslikest šokkidest, mille tõttu krüpto liigub tihedamalt koos aktsia- ja võlakirjaturgudega (Muñoz Henríquez & Galvez Gamboa, 2023; Vuković, Frömmel, Vigne, & Zinovev, 2025).

Makro- ja finantsstabiilsuse vaatest tõstatab krüpto kaks põhiküsimust. Esimene puudutab kapitalivoo kanaleid. IMF-i ja FSB ühisraportid toovad esile, et krüptovaluutat võivad teatud tingimustel hõlbustada kapitalikontrollide, rahapesuvastaste meetmete ja sanktsioonide eiramist, võimaldades piiriülest ülekannet väljaspool traditsioonilist pangandust (IMF & FSB, 2023; IMF, 2024). Risk on aktuaalne autoritaarsete režiimide ja sõjaliste konfliktide kontekstis, kus riigid või nendega seotud üksused võivad krüpto abil sanktsioonide mõju vähendada (IMF, 2024; BIS, 2023). Venemaa vastaste sanktsioonide järgsed analüüsid viitavad, et krüpto on olnud üks kanal, mille kaudu püütakse rahvusvahelisi finantspiiranguid osaliselt eirata (IMF & FSB, 2023; BIS, 2023).

Teine küsimus puudutab arenguriike. Krüpto aitab seal mööda minna nõrgast pangandussüsteemist või valuutapiirangutest ning pakub elanikele ligipääsu globaalsele väärtuse hoiustamise ja ülekandmise infrastruktuurile (BIS, 2023). BIS ja IMF hoiatavad samas, et see areng võib süvendada rahapoliitilist ebakindlust, kiirendada kapitali väljavoolu ja survestada kohalikke valuutasid (Hacibedel & Perez-Saiz, 2023; IMF, 2023).

Erainvestori vaates on krüpto korraga nii võimalus kui risk. Põhiküsimus on, kas Bitcoin ja teiste suure turumahuga krüptovarade lisamine traditsioonilisse 60/40 portfelli (60% aktsiad, 40% võlakirjad) parandab riskiga korrigeeritud tootlust. Osa uuringutest leiab,

et väike krüpto komponent võib teatud perioodidel tõsta pikaajalist tootlust ja pakkuda hajutuskasu (Jayawardhana & Colombage, 2024; Wang, Gao, & Gu, 2025). Teised näitavad, et pärast COVID-19 kriisi on krüpto korrelatsioon aktsiaindeksitega tõusnud, hajutav efekt vähenenud ja volatiilsus püsinud kõrgemal kui traditsioonilistel varadel (Gorman & Huguen, 2024; Sharma, 2025; Vuković jt, 2025). Akadeemilised tööd (Hidayat & Maisyarah, 2025; Meiryani, Marco, Albert, & Ayuanda, 2023) ja tururaportid (Johansson & Boyd, 2024; 21Shares Research, 2025; Grayscale Research, 2025) jõuavad sarnasele järeldusele. Krüpto võib soodsates tingimustes tootlust tõsta, kuid hinnaks on kõrgem riskitase.

Tehingukulud on portfelli võrdluses oluline tegur, mida sageli alahinnatakse. ETF-ide haldustasud ja noteeringu vahed on viimasel kümnel aastal langenud nullilähedaseks. Krüptobörside kauplemistasud, ülekande võrgutasud ja noteeringu vahed jäävad seevastu mitmekordselt kõrgemaks (Brauneis, Mestel, Riordan, & Theissen, 2022; State Street Global Advisors, 2025a). See vahe vähendab aktiivse rebalansseerimise tegelikku tulu märgatavalt.

Krüpto ja traditsiooniliste varade võrdlemine on aktuaalne nii teadustöös kui ka praktikas. Teadustöö plaanis ühendab teema makrofinantsstabiilsuse, volatiilsuse analüüsi ja portfelliteooria küsimused. Praktiliselt seisavad erainvestorid, institutsioonid ja regulaatorid silmitsi vajadusega hinnata krüpto rolli olukorras, kus turg muutub kiiresti ja regulatsioon alles kujuneb (IMF, 2023; FSB, 2025; Aerts jt, 2025).

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on hinnata, kuidas erineb krüptovara riski ja tootlusprofiil traditsioonilistest varaklassidest ning millises ulatuses parandab krüpto lisamine traditsioonilise aktsia-võlakirja portfelli riskiga korrigeeritud tootlust perioodil 2016-2025. Eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

- anda ülevaade traditsiooniliste varaklasside ja krüptovarade volatiilsuse, riskide ning portfelli diversifikatsiooni teoreetilistest käsitlustest erialakirjanduses;
- võrrelda krüptoturu (Bitcoin) ning traditsiooniliste varaklasside (aktsiad, võlakirjad, kuld) volatiilsust ja hinnata selle muutumist ajas perioodil 2016-2025;
- hinnata Bitcoin ja traditsiooniliste varaklasside vahelisi korrelatsioone nii kogu valimi kui ka aastapõhiselt, et uurida seoste stabiilsus ajas;
- analüüsida, kuidas mõjutab krüpto või kulla lisamine 5-10% ulatuses traditsioonilise 60/40 portfelli riskiga korrigeeritud tootlust ning võrrelda erinevate varaklasside tehingukulusid ja nende mõju tegelikule investeerimistulemusele.

Töö koosneb kahest peatükist. Esimene peatükk annab kirjandusele toetuva ülevaate traditsiooniliste varaklasside ja krüptoturu volatiilsusest, riskidest, omavahelistest ülekandeseostest ning portfelli diversifikatsiooni tulemustest. Allikateks on valdavalt 2023-2025 avaldatud teadusartiklid ja poliitikadokumendid. Peatükk hindab ka muude suurte turumahuga krüptovaluutade rolli Bitcoinis alternatiivina. Teine peatükk viib läbi empiirilise analüüsi. Bitcoin, SPY (S&P 500 indeks), AGG (USA agregeeritud võlakirjaindeks) ja GLD (kuld) päevatootluste põhjal arvutatakse aastane tootlus, annualiseeritud volatiilsus, Pearsoni korrelatsioonid ning nelja portfelli strateegia (traditsiooniline 60/40, 5% Bitcoin, 10% Bitcoin ja 5% kullaga) Sharpe'i suhtarvud perioodil 2016-2025. Lisaks teostatakse kaalude optimeerimine, võrreldakse pikaajaliste strateegiate (osta ja hoia ning iga-aastane rebalansseerimine) tulemusi ja arutletakse tehingukulude üle. Meetodiline alus tugineb Markowitzi (1952) hajutamise raamistikule ja Sharpe'i (1966) riskiga korrigeeritud tootluse mõõdikule.

Töö koostamisel on inglisekeelsete allikate tõlkimiseks ning eestikeelse teksti sõnastuse ja terminoloogia kontrollimiseks kasutatud tehisintellektil põhinevat tõlke teenust DeepL. Tõlke väljundid on töö autori poolt sisuliselt üle vaadatud ja vajadusel ümber sõnastatud. RStudio skriptiga seotud küsimuste täpsustamiseks, R-koodi vigade leidmiseks ning programmeerimisprobleemide lahendamise toetamiseks kasutatud OpenAi tehisintellekti ChatGPT (GPT 5.3).

Töö märksõnad: krüptovarad, Bitcoin, portfelli diversifikatsioon, Sharpe'i suhtarv, volatiilsus, tehingukulud, riskiga korrigeeritud tootlus.

1. Krüptovarade ja traditsiooniliste varade võrdlus ning portfelli diversifikatsiooni teoreetiline raamistik

1.1. Traditsiooniliste investeeringute volatiilsus ja riskid

Traditsiooniliste varade risk tuleneb hinnakõikumistest, rahavoogude ebakindlusest ja makromajanduslikest šokkidest. Aktsiate, võlakirjade, kulla ja teiste toorainete volatiilsus on ajalooliselt jäänud krüptovarade omast madalamaks. Viimaste aastate sündmused on aga näidanud, et ka need turud võivad kriisiperioodidel kiiresti ja tugevasti kõikuda (Luhtaniemi, 2025; Vuković jt, 2025).

Aktsiaturgude volatiilsust mõjutavad nii ettevõttespetsiifilised tegurid (kasumiootused, võlakoormus, juhtimise kvaliteet) kui ka laiemad makromajanduslikud šokid (intressimäärade muutused, inflatsioon ja geopoliitilised sündmused). Aktsiaindeksite tootluse standardhälve on krüptovaluutade omast selgelt väiksem, kuid stressiperioodidel ilmneb aktsiahindade volatiilsuses klasterdus - kõrge volatiilsuse episoodid kalduvad ajaliselt koonduma ja võivad kesta nädalaid (Luhtaniemi, 2025; Gorman & Hughen, 2024). Pärast COVID-19 kriisi ja sellele järgnenud rahapoliitilise karmistamise laineid on aktsiaturgude reaktsioon keskpankade otsustele muutunud teravamaks, mis on suurendanud lühiajalist hinnakõikumist (Gorman & Hughen, 2024; Wang jt, 2025).

Võlakirjaturgude riskid tõusid 2022-2023 inflatsiooni ja intressimäärade kiire tõusu tõttu eriti teravalt esile. Kui turu intressid tõusevad, langeb olemasolevate fikseeritud kupongiga võlakirjade hind. Pika kestusega võlakirjad on selle suhtes eriti tundlikud, mistõttu rahapoliitilise karmistamise ajal langesid valitsuse ja ettevõtete võlakirjade portfellid märgatavalt (Wang jt, 2025). Lisaks intressiriskile mõjutab võlakirja hinda krediidirisk (emitent ei pruugi intresse või põhisummat täies mahus tasuda). Arenevate turgude võlakirjade puhul lisandub valuutarisk, sest investorite tootlus sõltub ka kohaliku valuuta kursist (Meiryani jt, 2023).

Kõrge inflatsioon teeb võlakirjariski veel keerukamaks. Kui inflatsioon püsib kõrgel või osutub oodatust visamaks, nõuavad investorid kõrgemat nominaalset tootlust, mis surub võlakirjade hinnad alla. Tõusnud inflatsioon võib samas halvendada ettevõtete ja riikide maksevõimet ning laiendada krediidimarginaale (Wang jt, 2025). Pikema kestusega võlakirja investeeringud on viimastel aastatel pakkunud madalat või isegi negatiivset reaaltootlust koos kasvanud volatiilsusega (Wang jt, 2025).

Kuld on ajalooliselt toiminud väärtuse säilitajana inflatsiooni ja poliitilise ebakindluse perioodidel. Selle korrelatsioon aktsiate ja võlakirjade tootlusega jääb kriisiperioodidel sageli madalaks või muutub negatiivseks, mis muudab kulla portfellis hajutavaks vahendiks (Jayawardhana & Colombage, 2024). Kulla volatiilsus on Bitcoin ja teiste krüptovaluutade omast tüüpiliselt madalam, kuid kõrgem kui kõrge reitinguga võlakirjadel (Jayawardhana & Colombage, 2024).

Aktsiate ja võlakirjade volatiilsus on jälgitud rahapoliitilisi tsükleid. Intressimäärade järsk tõus 2022-2023 suurendas nii hinnakõikumist kui ka korrelatsioone varaklasside vahel (Gorman & Huguen, 2024; Wang jt, 2025). Riskiprofiil on ka traditsiooniliste varade sees ebaühtlane. Kasvukesksetel aktsiatel ja arenevate turgude võlakirjadel on selgelt kõrgem risk kui arenenud riikide suurtel indeksitel ja lühiajalistel riigivõlakirjadel, mida on peetud madala riskiga investeringuteks (Khaki, Bakry, Deo, & Al-Mohamad, 2025; Luhtaniemi, 2025).

Kuld ja osaliselt ka teised toorained säilitavad kriisiperioodidel turvavara omadusi. Nende hinnaliikumised ei ole täielikult kooskõlas aktsia- ja võlakirjaturgude omadega, mis vähendab portfelli koguvolatiilsust (Jayawardhana & Colombage, 2024; Luhtaniemi, 2025). Kaitseefekt sõltub samas ajaperioodist ja šoki iseloomust. Pakkumispoolsete häiretega seotud naftašokid võivad suurendada nii toorainete kui ka aktsiaturgude volatiilsust (Ullah, Sohag, & Haddad, 2024).

Krüptovaradega võrreldes on traditsiooniliste varaklasside volatiilsus tunduvalt madalam ja riskiga korrigeeritud tootlus paljudel perioodidel stabiilsem, isegi kui nominaalne tootlus jääb krüptost mõnevõrra väiksemaks (Meiryani jt, 2023; Hidayat & Maisyarah, 2025). Traditsioonilised investeringud moodustavad seetõttu portfelli „tuumiku“, mille kõrvale saab teatud tingimustel lisada riskantsemaid varaklasse, sealhulgas krüptovara, kuid mitte vastupidi (Luhtaniemi, 2025; Wang jt, 2025).

1.2. Krüptovarade volatiilsuse ja riskide dünaamika

Krüptoturgu iseloomustab erakordselt kõrge hinnavolatiilsus, järsud hinnahüpped ja korduvad „boom-bust“ tsüklid. Hinnad võivad lühikese ajaga kiiresti tõusta ning seejärel sügavalt langeda, pühkides varasemad kasumid osaliselt või täielikult. Võrdlevad uuringud näitavad, et nii Bitcoin kui ka teiste suurte krüptovaluutade päeva- ja nädalatootluste hajuvus ületab mitmekordselt aktsiate ja teiste varaklasside hajuvuse ning volatiilsus koondub perioodidesse, kus turule voolab spekulatiivne kapital ja domineerib lühiajaline kauplemine (Muñoz Henríquez & Galvez Gamboa, 2023; Hidayat & Maisyarah, 2025). Nendes faasides

hinnatõus meelitab ligi uusi investoreid ja suurendab finantsvõimendust, mis muudab turu väga haavatavaks järsu pöörde suhtes (Aerts jt, 2025).

Makrofinantsstabiilsuse vaatenurgast rõhutavad IMF ja FSB, et krüptoturu eripärad (piirideta kauplemine, jaeinvestorite suur osakaal ning kõrge võimenduse kasutamine) võivad võimendada olemasolevaid tururiske ja tekitada uusi haavatavusi (IMF, 2023; IMF & FSB, 2023). Riikide regulatsioonid on ebaühtlased. Osa jurisdiktsioone toetab krüptoteenuseid, teised rakendavad piiranguid või keelde. See killustatus suurendab regulatiivset riski, sest ootamatud keelud, maksureeglite muudatused või karmim järelevalve võivad põhjustada järske hinnaliikumisi ja likviidsuse äravoolu platvormidelt (IMF, 2023; IMF, 2024). Rahvusvahelised organisatsioonid rõhutavad vajadust kooskõlastatud lähenemise järele, et vähendada võimalusi spekulatsiooniks, sanktsioonidest või kapitalikontrollist möödahiilimiseks (IMF & FSB, 2023; FSB, 2025).

Tehnoloogilised riskid on seotud plokiahela ja nutilepingute arhitektuuriga. Tarkvaravead, nutilepingute haavatavused ning võtmete või rahakottide turvarikked võivad viia pöördumatu varakaotuseni, sest tehinguid ei ole tavaliselt võimalik tagasi pöörata ega kahju keskse asutuse kaudu kompenseerida (IMF, 2024; Azar jt, 2024). Süsteemse tähtsusega vahetusplatvormid ja laenuprotokollid on omakorda sõlmpunktid, mille rikke või pankroti korral võivad tekkida ulatuslikud sündmüügid ja likviidsuskriis mujal turul (Alsulami, 2025; BIS, 2023). Likviidsus võib kahaneda väga kiiresti. Suure turumahuga varad, nagu Bitcoin ja Ethereum, säilitavad tavaliselt sügavama turutegemise, kuid väiksema kapitalisatsiooniga tokenid võivad müügisurve all peaaegu hetkega „kuivaks joosta“ (Hidayat & Maisyarah, 2025; BIS, 2023).

Viimase viie aasta jooksul on turu struktuuri muutnud ka regulatiivsed ja institutsionaalsed arengud. Bitcoin börsil kaubeldavate fondide (ETF-ide) heakskiit avardas ligipääsu krüptovaradele traditsiooniliste kanalite kaudu ja tõi turule uusi institutsionaalseid investoreid, muutes hinnavolatiilsuse dünaamikat ja seoseid USA aktsiaturuga (Li & Patel, 2025; Vuković jt, 2025). ETF-id võivad vähendada otse krüptoplatvormidel kauplemise operatsiooniriski, kuid samal ajal suurendavad finantssüsteemi kokkupuudet krüptohindade kõikumistega, kandes riski pankade ja fondide bilanssidele (Azar jt, 2024; Aerts jt, 2025).

Krüptovarade volatiilsuse ja riskide dünaamika erineb mitmes aspektis traditsioonilistest varaklassidest ning loob aluse küsimusele, millistel tingimustel ja mahuks võiks sellise riskiprofiiliga vara investeerimisportfellis põhjendatud olla.

1.3. Ülekandefektid ja kooskõlad krüpto ning traditsiooniliste turgude vahel

Krüptovarade rolli mõistmiseks tuleb hinnata, kas ja millisel määral liigub krüptoturg koos aktsia- ja teiste finantsturgudega. Varasem käsitus nägi Bitcoinis ja teistes krüptovarades peamiselt uut, traditsioonilistest turgudest eraldiseisvat varaklassi, mis võiks pakkuda hajutuskasu just madala või ebastabiilse korrelatsiooni tõttu. Uuemad empiirilised uuringud kirjutavad, et seosed krüpto ja aktsiaturgude vahel on ajas selgelt muutuvad.

Korrelatsioon krüptoturu ja aktsiaturgude vahel kipub kasvama just turušokkide, geopoliitiliste kriiside ja inflatsioonisurve perioodidel. DCC-mudelitega (Dynamic Conditional Correlation - dünaamiliste tinglike korrelatsioonide mudelid) tehtud analüüsid näitavad, et rahulikel turgudel võivad Bitcoin ja suuremad aktsiaindeksid liikuda osaliselt oma rada, kuid turu stressi kasvades tõuseb dünaamiline korrelatsioon kiiresti ning võib läheneda või isegi ületada tasemeid, mis on omased riskantsete aktsiaturgude omavahelistele seostele (Muñoz Henríquez & Galvez Gamboa, 2023; Vuković jt, 2025). Sama nähtus ilmneb ka inflatsiooni surve foonil. Kui turud ootavad järjekordseid intressitõuse, reageerivad nii aktsiad kui ka krüptovarad negatiivselt, suurendades nendevahelist kooskõla (Iyer & Popescu, 2023; Wang jt, 2025). Geopoliitilised šokid (näiteks sõjalised konfliktid või sanktsioonide eskaleerumine) võivad lühiajaliselt tekitada krüptospekulatsiooni „turvavarana“, kuid empiirilised tulemused viitavad, et pikemas vaates kipub krüpto siiski käituma koos muude riskivaradega (BIS, 2023; Ullah jt, 2024).

Ülekandefektid finantsturgude vahel võivad toimuda mitme kanali kaudu. Tootluste ülekandefekt kirjeldab olukorda, kus šokk ühe turu hindades kandub üle teisele turule, näiteks järsk hinnalangus krüptovarades, mis kaasneb globaalse riskivältimise kasvuga ning millele vastab aktsiaindeksite paralleelne langus (Muñoz Henríquez & Galvez Gamboa, 2023). Volatiilsuse ülekandefekt tähendab, et mitte ainult hinnatase, vaid ka hinnakõikumise intensiivsus kandub üle. Kui krüptoturu volatiilsus hüppab järsult, võib mõne uuringu järgi lühikese viitajaga suurened ka aktsia- või võlakirjaturgude volatiilsus (Iyer & Popescu, 2023; Alsulami, 2025).

Kolmas kanal on ebakindluse ülekandefekt. Kui turuosalised tajuvad, et krüptoturgude sündmused, näiteks suurte vahetusplatvormide kokkuvarisemine või regulatiivsed kohtuvaidlused, peegeldavad laiemat usalduskriisi finantsinnovatsiooni suhtes, võivad nad vähendada riskipositsioone ka traditsioonilistel turgudel. Mitmed makro finantsanalüüsid seostavad krüptoturul toimunud šokke riskipreemiate laienemisega,

krediidimarginaalide kasvuga ning aktsiate hinnasurve tugevnemisega, eriti arenevatel turgudel, kus finantssüsteem on niigi haavatavam (BIS, 2023; Azar jt, 2024; Iyer & Popescu, 2023).

Uurimused, mis võrdlevad krüptoturu käitumist eri perioodidel, toovad välja selge erinevuse rahulike ja kriisiperioodide vahel. Rahulikel aegadel on tuvastatud, et krüptovarade ja aktsiate korrelatsioon võib olla mõõdukas või isegi madal, mistõttu väike krüpto komponent portfellis võib pakkuda hajutuskasu (Ullah jt, 2024; Luhtaniemi, 2025). Sellistes perioodides domineerivad krüptoturul sageli turuspetsiifilised narratiivid (tehnoloogilised uuendused, uued platvormid, „halving“ sündmused) mille mõju ei kandu otseselt traditsioonilistele turgudele. Vastupidiselt on kriisiperioodidel täheldatud, et korrelatsioonid suurenevad, volatiilsus konvergeerub ja hinnalangused muutuvad sünkroonseks, mis viitab ühisele riskisentimentile ja likviidsuse korraga äravoolule mitmest varaklassist (Muñoz Henríquez & Galvez Gamboa, 2023; Vuković jt, 2025).

Viimaste aastate kirjandusest joonistub välja pilt, kus krüptovarad liiguvad üha tihedamalt koos aktsia- ja osaliselt energiaturgudega, eriti turušokkide ja kõrge ebakindluse perioodidel. Ülekandefektid toimivad nii tootluse, volatiilsuse kui ka ebakindluse kanalite kaudu ning nende intensiivsus sõltub suuresti ajast ja turukeskkonnast. Sellest järeldub, et krüptot ei saa vaadelda püsivalt iseseisva või alati hajutavat mõju omava varaklassina. Pigem on tegemist dünaamilise komponendiga, mille roll portfellis sõltub sellest, kas turg on rahulik või kriisis ning millised šokid parasjagu finantssüsteemi mõjutavad. Olulisemate uuringute järeldused ülekandefektide ja kooskõla kohta on kokku võetud tabelis 1.

Tabel 1.

Ülekandefektide ja kooskõlade süntees (rahulik vs stress)

Uuring (aasta)	Analüütiline lähenemine	Rahulik periood	Stress / kriisi periood	Praktiline järeldus
Iyer & Popescu (2023)	Ülekandefektide ja kooskõla hindamine krüpto ja traditsiooniliste turgude vahel	Seosed on ebaühtlased ja võivad olla mõõdukad, turuspetsiifiline info mängib suuremat rolli	Ülekandumine ja kooskõla kipuvad tugevnema, ühiselt juhitud riskisentiment domineerib	Hajutuskasu võib stressis väheneda, kriisitingimustes tuleb eeldada kõrgemat kooskõla

Uuring (aasta)	Analüütiline lähenemine	Rahulik periood	Stress / kriisi periood	Praktiline järeldus
Muñoz Henríquez & Galvez Gamboa (2023)	Volatiilsuse ülekannete analüüs krüpto ja finantsturgude vahel	Erinevad varapaarid käituvad erinevalt, kooskõla sõltub varaklassidest	Koosliikumine suureneb, volatiilsuse ülekanded muutuvad nähtavamaks	Riskijuhtimine peab olema režiimipõhine (rahulik vs stress)
Vuković jt (2025)	Globaalne raamistik ülekandefektide hindamiseks	Kooskõla on ajas muutlik, seosed võivad olla piiratud	Šokkide ajal ülekandumine suureneb ja muutub laiapõhjalisemaks	Krüptot ei saa käsitleda stabiilse „turvavarana“ stressirežiimis
Li & Patel (2025)	Volatiilsuse dünaamika ja sündmuspõhised muutused (nt ETF-iga seotud infošokid)	Turud reageerivad uudisvoole, seosed võivad olla lühiajaliselt nõrgemad	Sündmused võivad lühiajaliselt korrelatsiooni muuta	Süsteemsed uudised (nt regulatsioon/ETF) võivad tugevdada turu sidusust
BIS (2023)	Makrofinantsstabiilsuse kanalid: likviidsus, ebakindlus, turušokid	Seosed võivad olla „varjatud“ ja realiseeruda alles stressis	Ebakindluse kanal võib võimendada haavatavust ja kiirendada riskilevikut	Riski hindamisel tuleb arvestada lisakanalitega (likviidsus, usaldus, ebakindlus)

Allikas: autori koostatud viidatud uuringute põhjal.

1.4. Portfelli diversifikatsioon ja riskiga korrigeeritud tootlus

Küsimus, kas ja millistel tingimustel aitab krüptovarade lisamine parandada portfelli tootlust, on olnud viimaste aastate uurimustes üks keskseid teemasid. Teoreetilise alusena tugineb portfelliuring Markowitzi (1952) hajutamise raamistikule, mille kohaselt mitme vara kombineerimine vähendab portfelli koguriski, kui varadevaheline korrelatsioon on alla ühe. Empiirilise hindamise standardiks on saanud Sharpe'i (1966) suhtarv, mis võrdleb portfelli liigtootlust selle volatiilsusega ning võimaldab portfelli võrdlust ühisel skaalal sõltumata nende absoluutsest tootlusest.

Enamik analüüse kinnitab, et krüptovaradel (eriti Bitcoinil ja teistel suurt turumahtu omavatel tokenitel) on olnud teatud ajavahemikel kõrgem keskmine tootlus kui traditsioonilistel varaklassidel, kuid see on kaasnenud väga suure volatiilsusega (Meiryani jt, 2023; Hidayat & Maisyarah, 2025). Portfelliuringud näitavad, et tagasihoidlik krüptokomponent võib parandada koguportfelli pikaajalist tootlust, kui investor on valmis

taluma lühiajalisi ja vahel äärmuslikke hinnakõikumisi (Luhtaniemi, 2025; Wang jt, 2025). See efekt ei ole aga universaalne. Positiivne mõju sõltub nii valitud ajaperioodist, turufaasisest (tõusutrend vs langus) kui ka sellest, kui suur on krüptovarade osakaal ja milliseid varaklasse ülejäänud portfelli sisaldab (Gorman & Hughen, 2024; Jayawardhana & Colombage, 2024).

Riskiga korrigeeritud tootluse hindamisel kasutatakse enamasti Sharpe'i ja Sortino suhet. Sharpe'i suhe võrdleb portfelli liigtootlust selle tootluse standardhälbega, Sortino suhe aga keskendub ainult negatiivsele volatiilsusele (Sortino & Price, 1994). Uuringud, mis võrdlevad krüptovarade ja traditsiooniliste varade Sharpe'i ja Sortino näitajaid, pakuvad mitmekülgset pildi. Näiteks leiab Luhtaniemi (2025), et pika horisondi ja tõusuva turu korral võib Bitcoinil olla kõrgem Sharpe'i suhe kui mitmetel aktsiaindeksitel, kuid kui valimisse kaasata järsud langusfaasid, halveneb riskiga korrigeeritud tootlus märgatavalt ning muutub ebastabiilseks. Sharma (2025) DCC-GARCH analüüs kinnitab, et krüptovarade Sharpe'i ja Sortino suhted on tugevalt ajas muutlikud ja sõltuvad valitud alusperioodist.

Mitmed tööd hindavad Sharpe'i ja Sortino suhteid portfelli tasandil, lisades traditsioonilisse 60/40 või sarnastesse strateegiatesse väikese krüpto komponendi. Klassikaline 60/40 portfelli (60% aktsiaid ja 40% võlakirju) on praktilises portfelli juhtimises pikka aega olnud võrdlusbaasiks. Krüpto või kulla lisamise mõju hinnatakse just selle võrdlusportfelli kõrval. Bitcoin parandab portfelli riskiga korrigeeritud tootlust „post-COVID” keskkonnas, ning leiab, et teatud stsenaariumites võib 2-5% osakaal suurendada Sharpe'i suhet, kuid efekt väheneb või muutub negatiivseks, kui krüpto osakaal kasvab liiga suureks või kui valimiperiood sisaldab ulatuslikke turukrahhe (Gorman & Hughen, 2024). Wang jt (2025) uuringud näitavad, et investorid, kellel on kõrge riskitaluvus ja eelistus „sabariski” suhtes, võivad tajuda krüptovarade lisamist positiivsemalt, samas kui riskikartlikum profiil saab kasu pigem konservatiivsematest lisanditest.

Portfelli optimaalse krüpto osakaalu küsimusele vastates jõuavad mitmed uurimused ligikaudu sarnase vahemikuni. Luhtaniemi (2025), Gorman & Hughen (2024) ja Jayawardhana & Colombage (2024) leiavad, et krüptovarade lisamine umbes 3-10% ulatuses koguportfelli võib teatud tingimustel parandada riskiga korrigeeritud tootlust, kusjuures kõige sagedamini osutatakse vahemikku 3-5%. Sarnaseid järeldusi esitavad ka turuuuringud 21Shares Research (2025) ja Grayscale Research (2025), kes simuleerivad erinevate portfelli koosseisude Sharpe'i suhteid. Need uuringud jõuavad järeldusele, et umbes 5% BTC

(ja osaliselt ka ETH) lisamine traditsioonilisele aktsia-võlakirjaportfellile võib varasemates perioodides parandada nii kumulatiivset tootlust kui ka riskiga korrigeeritud tootlust. Need on krüpto tööstuse enda läbi viidud uuringud, mille järeldused võivad olla mõjutatud emitendi huvidest, mistõttu nende tulemusi tuleb tõlgendada akadeemiliste analüüsidega võrreldavalt kriitilisemalt. Ühele meelele ollakse aga selles, et üleminek 10% või enamale suurendab portfelli koguriski kiiresti ning muudab riskiga korrigeeritud näitajad paljudes stsenaariumites ebasoodsaks (Sharma, 2025; Johansson & Boyd, 2024).

Eraldi tähelepanu on pööratud küsimusele, miks krüptovarade hajutav efekt on viimase viie aasta jooksul vähenenud. Mitmed tööd osutavad, et krüptovarade korrelatsioon aktsia- ja muude riskivaradega on tõusnud, eriti globaalsete šokkide ajal (Muñoz Henríquez & Galvez Gamboa, 2023; Vuković jt, 2025). Gorman ja Hughen (2024) näitavad oma analüüsis, et pandeemiajärgses keskkonnas käitub krüpto üha enam tavapärase riskivarana, mis langeb samal ajal kui aktsiad ja krüpto Sharpe'i ja Sortino suhted muutuvad ajas vähem soodsaks. Sellest järeldub, et kuigi nominaalne tootlus võib teatud tõusutsüklites olla atraktiivne, väheneb portfelli hajutuskasu, sest kriisisituatsioonis ei paku krüpto stabiilset „vastuliikumist“, vaid võimendab olemasolevaid langusi (Gorman & Hughen, 2024; Wang jt, 2025).

Portfelliteooria kontekstis tekib küsimus, kas krüptovara on parem hajutaja kui teised alternatiivsed investeringud, näiteks kuld, volatiilsusindeksid (nt VIX) või uued strateegiad nagu tehisintellekti (AI) aktsiad. Jayawardhana & Colombage (2024) ja Luhtaniemi (2025) võrdlevad krüptot kulla ja toorainetega, leides, et kullal on kriisiperioodidel sageli stabiilsem negatiivne või madal korrelatsioon aktsiatega, samas kui krüpto seosed võivad kriisi süvenedes kiiresti tugevneda. Ullah jt (2024) leiavad, et kui eesmärk on vähendada portfelli allapoole suunatud riski, võib kuld või lühiajaline riigivõlakiri pakkuda usaldusväärsemat kaitset kui krüpto, vaatamata madalamale ootuspärasele tootlusele.

Krüptovarade lisamine portfelli võib uuringute põhjal parandada portfelli tootlust ja teatud tingimustel ka riskiga korrigeeritud näitajaid, kuid ainult siis, kui osakaal jääb mõõdukaks ja investor teadvustab krüptovarade eripärast riskiprofiili. Enamik empiirilisi töid soovitab krüptokomponendiks vahemikku ligikaudu 3-10% kogu portfelist, kusjuures konservatiivsemad analüüsid asetavad optimaalse taseme pigem vahemikku 3-5% (Gorman & Hughen, 2024; Jayawardhana & Colombage, 2024; Wang jt, 2025; Johansson & Boyd, 2024). Tõusnud korrelatsioon traditsiooniliste turgudega tähendab samas, et krüptot ei saa

käsitleda stabiilse ja ajas püsiva hajutajana. Pigem on tegemist kõrge riskiga lisandiga, mille kasu sõltub turufaasisest ja investori ajahorisondist. Tabelis 2 on esitatud olulisemate portfelli uuringute järelduste süntees krüpto rolli ja optimaalse osakaalu kohta.

Tabel 2.

Portfelli-uuringute süntees: krüpto roll ja optimaalne osakaal

Uuring (aasta)	Portfelli kontekst	Krüpto osakaal	Mõju riskiga korrigeeritud tootlusele	Olulised tingimused / piirangud
21Shares Research (2025)	Diversifitseeritud portfelli (praktilised stsenaariumid)	Väike osakaal (kuni ~10%)	Võib parandada sõltuvalt perioodist	Tulemused sõltuvad alusvaradest ja turufaasisest
Grayscale Research (2025)	Portfelli raamistik ja riskijuhtimine	Väike osakaal	Potentsiaalne paranemine valitud režiimides	Narratiiv rõhutab pika horisondi rolli
Sharma (2025)	Alternatiivse investeerimisfondi portfelli	Väike osakaal võib olla sobiv, kuid mitte alati	Paranemine ei ole universaalne	Kriisis võib hajutuskasu väheneda
Wang jt (2025)	Diversifikatsioon ja prospekt-risk	Tingimuslik (turpležiim)	Ajas muutlik	Käitumine sõltub stressirežiimist
Jayawardhana & Colombage (2024)	Portfelli diversifikatsiooni võimalused	Väike osakaal	Võib parandada, kuid risk kasvab	Oluline riskiprofiili sobitamine

Allikas: autori koostatud viidatud uuringute põhjal.

1.5. Võrdlev analüüs: traditsioonilised varad vs krüpto

Alapeatükid 1.1-1.4 käsitlesid traditsiooniliste varaklasside ja krüptoturu riski- ja tootlusprofiili eraldi. Käesolev alapeatükk võrdleb varaklasse otse ning toob välja need erinevused, millel on portfellikujundamise seisukohast praktiline tähendus ja mille empiiriline kontroll järgneb teises peatükis.

Esimene oluline erinevus puudutab hinna kujunemise mehhanismi. Aktsiate ja võlakirjade hind on pikemas plaanis seotud ettevõtete kasumlikkuse, intressimäärade ja inflatsiooniga ehk fundamentaalsete majandusnäitajatega. Krüptovarade hind sõltub valdavalt turuosaliste ootustest ja likviidsusest, sest enamikul tokenitel puudub rahavoog, mille kaudu

hinda fundamentaalselt ankurdada (Meiryani jt, 2023; Aerts jt, 2025). See seletab krüpto kõrgemat volatiilsust ja suuremat tundlikkust sentimentidipõhiste šokkide suhtes.

Teine erinevus puudutab regulatsiooni ja järelevalvet. Traditsiooniliste varade puhul on enamik riske kaetud reguleeritud kauplemisskohtade, depositeerimise ja järelevalveasutuste süsteemiga. Krüpto puhul lisandub regulatiivne ja tehnoloogiline risk, mis on aktsia- ja võlakirjaturgudel oluliselt madalam (Hacibedel & Perez-Saiz, 2023; FSB, 2025). Kolmandaks erinevad tehingukulud. Aktsia- ja võlakirja-ETF-ide aastased haldustasud jäävad alla 0,1%, kulla ETF-i tasu on 0,40%, samas kui krüptobörside kauplemissasud (0,1-0,6%), noteeringu vahed ja võrgutasud on järk kõrgemad (State Street Global Advisors, 2025a, 2025b; Brauneis jt, 2022). Aktiivse rebalansseerimise korral vähendab see krüpto tegelikku tootlust märgatavalt rohkem kui ETF-ide oma.

Riskiga korrigeeritud tootluse võrdlused varasemates uuringutes näitavad, et krüpto nominaalne tootlus võib tõusufaasides ületada aktsiaid, kuid eelis Sharpe'i suhtarv ei ole püsiv ning sõltub valitud ajaperioodist (Gorman & Huguen, 2024; Khaki jt, 2025; Wang jt, 2025). Selle väite empiiriline kontroll perioodil 2016-2025 on käesoleva töö teise peatüki keskne eesmärk. Varaklasside peamised erinevused on koondatud tabelisse 3..

Tabel 3.

Traditsiooniliste varade ja krüpto võrdlus

Varaklass	Volatiilsus	Tüüpiline riskiprofiil	Korrelatsioon aktsiatega stressis	Peamised riskid	Roll portfellis
Aktsiad	Keskmine - kõrge	Turu- ja majanduslik risk	Kõrge (tavaliselt)	Turu-, krediidi- ja likviidsusrisk	Tootluse põhiallikas (tuumik)
Võlakirjad	Madal - keskmine	Intressi- ja krediidirisk	Mõõdukas (sõltub režiimist)	Intressi-, krediidi- ja inflatsioonirisk	Stabiilsus / tasakaalustaja
Kuld	Madal - keskmine	Hinna- ja inflatsioonirežiim	Madal - mõõdukas	Kaubaturu šokid; likviidsus	Hajutaja ja osaline turvavara
Krüptovarad (BTC/ETH)	Kõrge	Kõrge turu- ja režiimirisk	Kriisis kipub kasvama	Turu-, likviidsus-, tehnoloogia- ja regulatiivne risk; kõrgemad tehingukulud	Kõrge riskiga lisand

Varaklass	Volatiilsus	Tüüpiline riskiprofiil	Korrelatsioon aktsiatega stressis	Peamised riskid	Roll portfellis
Altcoinid / DeFi	Väga kõrge	Likviidsus	Ebastabiilne	Likviidsus, smart contract, turumanipulatsioon	Spekulatiivne osa (või üldse mitte lisada)

Allikas: autori koostatud viidatud uuringute põhjal.

1.6. Bitcoin alternatiivid

Käesoleva töö empiiriline analüüs piirdub krüptovaradest ainult Bitcoiniga.

Krüptoturg on viimase kümne aasta jooksul mitmekesistunud ning Bitcoin kõrvale on tekkinud teisigi suure turumahuga krüptovaluutasid, mis põhimõtteliselt võiksid pakkuda investorile alternatiivset krüpto vahendit. Alapeatükk hindab kirjandusele toetudes, kas selliste alternatiivide kasutamine annaks Bitcoin kõrvale täiendavat hajutuskasu. Vaatluse all on tootlus ja volatiilsus, krüptovaluutade omavaheline korrelatsioon ja tehingukulud.

Turumahu ja kauplemise mahu järgi on Bitcoin järel suurimad krüptovaluutad Ethereum (ETH), Binance Coin (BNB), Solana (SOL), Ripple/XRP ja Cardano (ADA). Kõik viis kuuluvad institutsionaalsete investorite kümne suurima krüptovara hulka. 2024. aasta jaanuarist on USA-s noteeritud Bitcoin spot ETF-id, sama aasta keskel käivitati Ethereum ETF-id. XRP ja SOL spot ETF-id alustasid kauplemist 2025. aastal (Aerts jt, 2025; BlackRock, 2025).

Ethereum on tootlusprofiililt Bitcoinile lähedaseim. Wang jt (2025) ja Sharma (2025) leiavad, et Ethereum annualiseeritud volatiilsus on viimase viie aasta jooksul jäänud umbes 65-90% piiresse, mis ületab traditsiooniliste varade volatiilsust mitmekordselt, kuid jääb Bitcoin ajaloolisest volatiilsusest mõnevõrra madalamaks. Solana, XRP ja Cardano on tunduvalt volatiilsemad. Hidayat ja Maisyarah (2025) leiavad oma valimi põhjal, et väiksema turumahuga krüptovaluutade volatiilsus ületab Bitcoin volatiilsust 1,5-2-kordselt. Wang jt (2025) ja Khaki jt (2025) hindavad, et altcoinide kõrgem volatiilsus tuleneb madalamast turuliikviidsusest, väiksemast institutsionaalsest osalusest ja suuremast tundlikkusest spekulatiivse nõudluse muutuste suhtes. Pikaajalise tootluse osas on altcoinide jõudlus ebaühtlasem kui Bitcoinil. Lühikestes tõusufaasides võivad altcoinid ületada Bitcoin mitmekordselt, kriisiperioodidel ja langusfaasides on nende kahjud aga reeglina suuremad.

Bitcoin portfelli lisamise vaatest on määrav see, kuidas erinevad krüptovaluutad omavahel liiguvad. Muñoz Henríquez ja Galvez Gamboa (2023) leidsid, et Bitcoin, Ethereum, XRP ja teised suurimad krüptovaluutad liiguvad valdavalt koos. Bitcoin ja

Ethereumi vaheline päevane korrelatsioon ületab tüüpiliselt 0,75 ning ulatub kriisiperioodidel üle 0,90. Kriisiperioodidel krüptovaluutade omavaheline korrelatsioon veelgi kasvab ja krüptoturg käitub ühtse varaklassina. Iyer ja Popescu (2023) tõstavad esile, et krüptovaluutade omavaheline korrelatsioon on tugevam kui ühegi krüptovaluuta korrelatsioon traditsiooniliste varadega.

Sellest järeldeb portfellikujundamise praktiline tähelepanek. Suuremate krüptovaluutade tootlused liiguvad valdavalt koos, mistõttu mitme krüptovaluuta lisamine portfelli ei paku Bitcoinis lisamise kõrvale arvestatavat täiendavat hajutuskasu. Kui investor lisab 60/40 portfelli 5% Bitcoinis asemel 2,5% Bitcoinis ja 2,5% Ethereumis, jääb krüpto komponendi koguriski profiil sisuliselt sarnaseks. Kahe vara vaheline kõrge korrelatsioon vähendab hajutamise efekti. Wang jt (2025) jõuavad järeldusele, et täiendava krüptovaluuta komponendi lisamine 5-10% krüpto osakaaluga portfelliga parandab Sharpe'i suhtarvu marginaalselt või isegi halvendab seda, kui altcoinide kõrgem volatiilsus ületab nende pakutava hajutamiskasu.

Tehingukulude poolelt erinevad altcoinid Bitcoinist eelkõige likviidsuse ja kättesaadavuse poolest. Brauneis jt (2022) hinnangul jääb tiptasemel krüptovaluutade efektiivne tehingukulu (round-trip cost) umbes 10-50 baaspunkti piiri, kuid väiksemate altcoinide puhul võib see ulatuda 100-300 baaspunkti sõltuvalt börsist ja korralduste suuruselt. Bitcoinis spot ETF-id (IBIT, FBTC) on saavutanud aastase haldustasu 0,25% ning väga kõrge päevase kauplemise mahu. Ethereumis ETF-id käivitati 2024. aasta keskel sarnaste haldustasudega, kuid nende likviidsus on Bitcoinis ETF-idest mõnevõrra väiksem. XRP ja SOL ETF-id on alles arenemisjärgus ja nende likviidsus on praeguseni tunduvalt madalam, mis suurendab tehingukulusid (Aerts jt, 2025).

Suurte krüptovaluutade omavaheline kõrge korrelatsioon vähendab matemaatiliselt täiendavat hajutamiskasu, mida saavutaks mitme krüptovaluuta lisamisega portfelli. Altcoinide kõrgem volatiilsus ja madalam likviidsus tähendavad, et nende lisamine portfelli toob tüüpiliselt kaasa kõrgema riski ilma proportsionaalse oodatava tootluse tõusuta. Bitcoinis ETF-de teel kättesaadavate toodete üha laienev valik ja madalam tehingukulu teevad sellest praktikas kõige kuluefektiivsema krüpto vahendi. Need tähelepanekud toetavad antud töö valikut keskenduda Bitcoinile ainsa krüptovaraklassina.

2. Bitcoinilise mõju traditsioonilise investeerimisportfelli

Käesoleva peatüki eesmärk on hinnata, kuidas erinevad krüptovarade ja traditsiooniliste varaklasside riski- ja tootlusnäitajad ning kuidas paraneb portfelli riskiga korrigeeritud tootlus krüpto või kulla lisamisel klassikalisse aktsia-võlakirja kombinatsiooni. Analüüs põhineb avalikult kättesaadavatel päevasagedusega hinnaandmetel ning tulemused esitatakse nii kogu valimi kui ka iga aasta lõikes, et tuvastada erinevusi rahulike ja kriisiperioodide vahel.

2.1. Andmed ja metoodika

Empiirilises osas kasutatakse nelja varaklassi esindavate instrumentide päevasagedusega hinnaandmeid perioodist 1. jaanuar 2016 kuni 31. detsember 2025. Krüptovarasid esindab Bitcoin (BTC-USD), kuna see moodustab krüptoturu suurima osa turukapitalisatsiooni järgi ning on kõige laiem andmekattega varaklassi esindaja. Aktsiaturgu esindab SPDR S&P 500 ETF (SPY), mis jälgib USA suurettevõtete S&P 500 indeksi liikumist. Võlakirjaturgu esindab iShares Core U.S. Aggregate Bond ETF (AGG), mis jälgib USA investeerimisjärgu võlakirjade laiapõhjalist Bloomberg U.S. Aggregate Bond indeksit. Kullaturgu esindab SPDR Gold Shares (GLD). Riskivaba intressimäära mõõdikuna kasutatakse 13-nädalast USA riigivõlakirja tootlust (r_{IRX}). Kõik andmed on saadud Yahoo Finance'i kaudu, kasutades R-i teeki `quantmod` dividendidega korrigeeritud hindadega, mis kajastab investori tegelikku kogutootlust.

Aastase tootluse arvutamiseks kasutatakse aasta esimese kauplemispäeva avahinda ja viimase kauplemispäeva sulgemishinda valemiga $R = \frac{P_{close}}{P_{open}} - 1$. Volatiilsuse mõõdikuna kasutatakse päevatootluste standardhälvet, mis on annualiseeritud korrutades teguriga $\sqrt{N}$, kus N tähistab kauplemispäevade arvu aastas. Bitcoinil puhul on $N = 365$, kuna krüptoturg on avatud iga päev. Aktsia, võlakirja ja kulla puhul kasutatakse $N = 252$, mis vastab USA börsi kauplemispäevade arvule. Selline lähenemine on kooskõlas varasemate krüpto- ja traditsiooniliste varade võrdlustega (Brauneis jt, 2022; Jayawardhana & Colombage, 2024), kus annualiseerimisel arvestatakse iga vara tegelikku kauplemiskalendrit. Erineva annualiseerimisteguri kasutamine tähendab siiski, et Bitcoinil ja traditsiooniliste varade volatiilsuste otsene võrdlus sisaldab metoodilist eeldust ning mõned uurijad (nt Luhtaniemi, 2025) kasutavad otseseks võrdluseks ühtset $N = 252$ alust kõikidel varadel. Käesolevas töös valitud lähenemine järgib krüptoturu tegelikku kauplemisaktiivsust.

Riskiga korrigeeritud tootluse hindamisel kasutatakse Sharpe'i suhtarvu, mille klassikalise definitsiooni järgi on tegemist liigtootluse ja standardhälbe suhtega: $Sharpe = \frac{(R_p - R_f)}{\sigma_p}$, kus R_p on portfelli aastane tootlus, R_f on aastakeskmise riskivaba intressimäär ja σ_p on portfelli annualiseeritud volatiilsus (Sharpe, 1966). Sharpe'i suhtarv võimaldab varaklasside ja portfelli võrdlust ühisel skaalal sõltumata nende absoluutsest tootlusest.

Varadevahelisi seoseid hinnatakse Pearsoni korrelatsioonikordajaga, mis arvutatakse päevatootluste põhjal nii kogu valimi kui ka iga aasta lõikes eraldi. Aastapõhine korrelatsioonianalüüs võimaldab hinnata, kas seosed on ajas stabiilsed või muutuvad sõltuvalt turuolukorrast (Vuković jt, 2025).

Portfelliuuringu ülesehituses järgitakse Markowitzi (1952) hajutamise raamistikku, kus mitme vara kombineerimine vähendab portfelli koguriski juhul, kui varadevaheline korrelatsioon on alla ühe. Esmases analüüsis võrreldakse nelja fikseeritud osakaaludega portfelli: traditsiooniline 60/40 (60% SPY, 40% AGG), millele on lisatud kas 5% või 10% Bitcoinit või 5% kulda. Krüpto või kullakomponendi lisamisel vähendatakse aktsia ja võlakirja osakaalu proportsionaalselt, säilitades nende omavahelise 60/40 suhte. Teises etapis viiakse läbi optimeerimine, kus alternatiivse vara osakaal varieerub vahemikus 0-20% sammuga 1%. Optimeerimisel kasutatakse kaht eesmärki: Sharpe'i suhtarvu maksimeerimist ja volatiilsuse minimeerimist. Optimeerimise jaoks toimub optimaalse kaalu valik aasta N andmete põhjal ning saadud kaal rakendatakse aasta $N+1$ portfellis. Selline ühe aasta treeningakna kasutamine on lihtne ja läbipaistev lähenemine, kuid sisaldab olulist piirangut: üks aasta on statistiliselt liiga lühike periood, et hinnata krüpto pikaajalist optimaalset osakaalu, mistõttu tulemused näitavad eelkõige seda, kuidas eelmise aasta hinnamuutused mõjutavad järgmise aasta valikut. Stabiilsema tulemuse saamiseks oleks akadeemilises kirjanduses standard kasutada 3-5 aasta veerevat akent, mis aga vähendaks valimi vaadeldavate aastate arvu. Autor valis lihtsama lähenemise, kuid lugeja peab tulemuste tõlgendamisel arvestama, et üheaastane treening tähendab oluliselt suuremat ülesobitus riski.

2.2. Varaklasside tootlus ja volatiilsus

Vaadeldava perioodi (2016-2025) jooksul ilmneb varaklasside vahel selge erinevus nii absoluutse tootluse kui ka volatiilsuse osas (vt tabel 4). Bitcoinit aastased tootlused on kõikunud vahemikus -73,5% (2018) kuni +1369% (2017). Annualiseeritud volatiilsus on kogu perioodi jooksul jäänud vahemikku 41,9-95,5%. Selline suurusjärk ületab kõigi traditsiooniliste varade volatiilsust mitmekordselt ning on kooskõlas varasema kirjandusega,

mis kirjeldab krüptoturu „boom-bust“ iseloomu (Hidayat & Maisyarah, 2025; Muñoz Henríquez & Galvez Gamboa, 2023).

S&P 500 indeksit esindava SPY tootlus on jäänud vahemikku -18,4% (2022) kuni +33,3% (2019). Annualiseeritud volatiilsus on kogu valimi peale keskmiselt veidi alla 16,5%, kuid hüppas 2020. aasta COVID-19 šoki ajal 33,5%-ni ning 2022. aasta inflatsiooni ja intressišoki ajal 24,3%-ni. AGG-d esindav võlakirjaportfell on käitunud oodatult madala volatiilsusega: keskmine annualiseeritud volatiilsus on vaadeldaval perioodil ligikaudu 5%, kuid 2020. ja 2022. aastal tõusis see vastavalt 8,4% ja 8,0%-ni, mis peegeldab keskpankade rahapoliitiliste otsuste tugevat mõju kestusele tundlikele instrumentidele (Wang jt, 2025). Kulla volatiilsus jäi vahemikku 9,7-19,9%, olles tunduvalt madalam Bitcoin omast, kuid mõnevõrra kõrgem aktsiaturust rahulikematel aastatel. Kulla tootlus oli erakordselt tugev 2025. aastal (+63,3%), mis on selgitatav geopoliitilise pinge ja keskpankade kullaostudega.

Tabel 4.

Varaklasside aastane tootlus ja annualiseeritud volatiilsus (2016-2025)

Aasta	BTC tootlus	BTC vol.	SPY tootlus	SPY vol.	AGG tootlus	AGG vol.	GLD tootlus	GLD völl.
2016	123,8%	48,1%	13,9%	13,0%	2,3%	3,1%	6,3%	16,2%
2017	1369,0%	95,5%	20,9%	6,7%	3,9%	2,8%	12,8%	9,9%
2018	-73,5%	81,1%	-4,9%	17,1%	0,4%	2,6%	-2,7%	9,7%
2019	92,0%	68,1%	33,3%	12,5%	8,4%	3,2%	17,8%	11,7%
2020	303,1%	72,1%	17,7%	33,5%	7,2%	8,4%	24,0%	19,5%
2021	59,7%	80,5%	28,2%	12,9%	-1,7%	3,6%	-6,1%	13,5%
2022	-64,3%	63,5%	-18,4%	24,3%	-12,7%	8,0%	0,5%	15,2%
2023	155,4%	43,8%	25,5%	13,1%	4,6%	7,5%	11,6%	13,4%
2024	121,0%	53,5%	25,7%	12,6%	1,7%	5,5%	26,5%	15,0%
2025	-6,3%	42,0%	17,9%	19,5%	7,3%	4,6%	63,3%	19,9%

Allikas: autori arvutused Yahoo Finance'i andmete põhjal.

Tulemused kinnitavad teoreetilises osas tehtud üldistust, et krüpto kõrgem keskmine tootlus tuleneb vältimatult kõrge hinnanriskist (Meiryani jt, 2023). Eriti märgiline on 2017. ja 2020.-2021. aasta tugev tõus, mis vahetus 2018. ja 2022. aastal sügava langusega. Selline asümmeetriline jaotus muudab ühele krüpto aastale tuginevate hinnangute tegemise eksitavaks. Traditsioonilised varad pakuvad märksa tagasihoidlikumat, kuid stabiilsemat

tulemust, mis on kooskõlas Luhtaniemi (2025) järeldusega, et aktsia- ja võlakirjaturg moodustavad portfelli stabiilse tuumiku.

2.3. Korrelatsioonid ja hajutamise potentsiaal

Korrelatsioonianalüüs annab võimaluse hinnata, kui hästi sobivad eri varaklassid portfellis koos eksisteerima. Kogu vaatlusperioodi (2016-2025) kohta arvutatud Pearsoni korrelatsioonikordajad on esitatud tabelis 5.

Tabel 5.

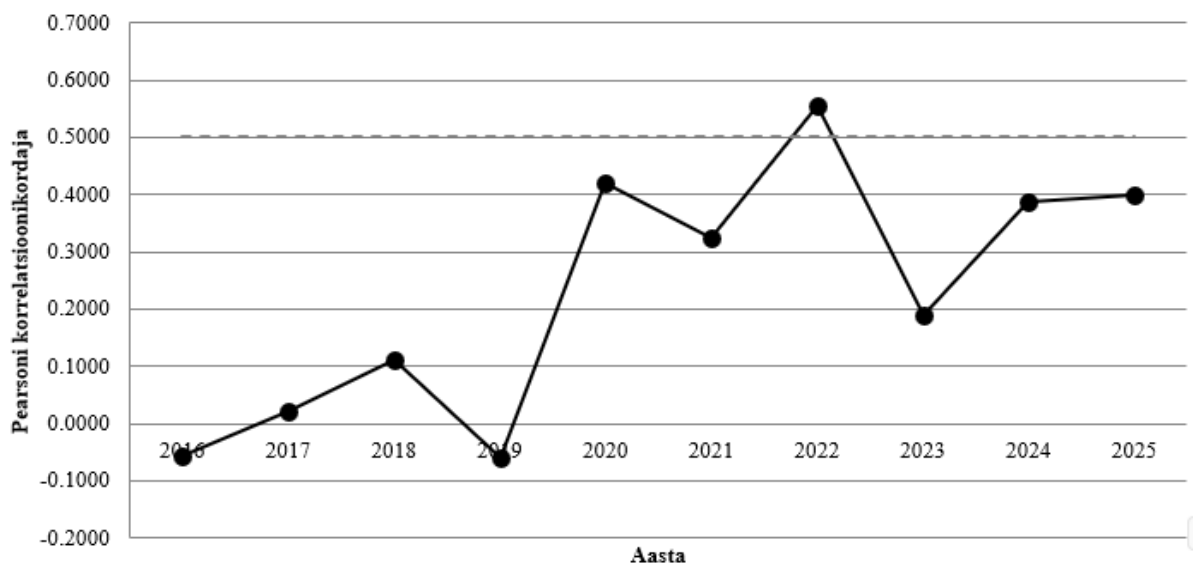
Päevatootluste korrelatsioonimaatriks (2016-2025)

	BTC	SPY	AGG	GLD
BTC	1,000	0,254	0,107	0,105
SPY	0,254	1,000	0,115	0,052
AGG	0,107	0,115	1,000	0,343
GLD	0,105	0,052	0,343	1,000

Allikas: autori arvutused Yahoo Finance'i andmete põhjal.

Kogu valimit hinnates on Bitcoin ja S&P 500 vaheline korrelatsioon 0,254, mis viitab nõrgale kuni mõõdukale positiivsele seosele. Bitcoin korrelatsioon võlakirjadega (0,107) ja kullaga (0,105) on madal, mis annab põhimõtteliselt aluse hajutamiskasule. AGG ja GLD vaheline korrelatsioon (0,343) on andmestiku kõrgeim ning peegeldab tõenäoliselt mõlema vara tundlikkust intressimäärade ja inflatsiooniootuste suhtes.

Kogu perioodi keskmised seosed varjavad olulist ajalist muutlikkust. Tabel 6 esitab Bitcoin ja teiste varaklasside aastapõhised korrelatsioonid, millest ilmneb, et 2019. aastani oli BTC-SPY korrelatsioon nullilähedane või isegi negatiivne (-0,058 kuni 0,112), kuid alates COVID-19 šokist 2020. aastal kasvas see järsult tasemeni 0,420 ning saavutas tippu 2022. aasta inflatsiooni ja intressišoki ajal (0,557). Pärast 2023. aasta langust (0,190) on korrelatsioon taastunud kõrgemale tasemele (2024: 0,386; 2025: 0,400), mis kinnitab teoreetilises osas käsitletud tähelepanekut, et krüpto on muutunud üha enam riskivara sarnaseks (Muñoz Henríquez & Galvez Gamboa, 2023; Vuković jt, 2025; Gorman & Hughen, 2024).



Joonis 1. Bitcoin ja S&P 500 vaheline aastapõhine korrelatsioon (2016-2025)

Allikas: autori arvutused Yahoo Finance'i andmete põhjal

Joonisel 1 esitatud BTC-SPY aastapõhise korrelatsiooni dünaamika illustreerib selgelt struktuurset murdumist 2020. aastal.

Tabel 6.

Bitcoin ja teiste varaklasside aastapõhised korrelatsioonid päevatootluste alusel

Aasta	BTC-SPY	BTC-AGG	BTC-GLD
2016	-0,058	0,077	0,110
2017	0,022	0,047	-0,025
2018	0,112	-0,097	-0,002
2019	-0,061	0,015	0,156
2020	0,420	0,403	0,330
2021	0,324	0,020	-0,003
2022	0,557	0,175	0,156
2023	0,190	0,111	0,118
2024	0,386	-0,017	0,111
2025	0,400	-0,032	0,076

Allikas: autori arvutused Yahoo Finance'i andmete põhjal.

Bitcoin ja võlakirjade ning Bitcoin ja kulla seos jäi kogu perioodi vältel valdavalt madalaks (üksikute eranditega 2020. aastal). See toetab Jayawardhana & Colombage (2024) ja Luhtaniemi (2025) järeldusi, mille kohaselt kuld täidab kriisiperioodidel turvavara rolli ka

pärast krüptoturu kasvu, samas kui Bitcoin diversifitseeriv mõju aktsiaportfelli osas on viimase viie aasta jooksul tuntavalt vähenenud.

2.4. Fikseeritud osakaaludega portfelli võrdlus

Hajutamiskasu mõõtmiseks võrreldakse nelja portfelli: traditsiooniline 60/40 (60% SPY + 40% AGG), 5% Bitcoin lisandiga (57% SPY + 38% AGG + 5% BTC), 10% Bitcoin lisandiga (54% SPY + 36% AGG + 10% BTC) ning 5% kullaga (57% SPY + 38% AGG + 5% GLD). Tabel 7 võtab kokku iga portfelli iga-aastase Sharpe'i suhtarvu.

Tabel 7.

Fikseeritud osakaaludega portfelli Sharpe'i suhtarv aastate lõikes

Aasta	Traditsiooniline 60/40	BTC 5%	BTC 10%	GLD 5%
2016	1,146	1,927	2,551	1,218
2017	3,340	13,606	15,318	3,499
2018	-0,481	-0,787	-0,973	-0,507
2019	2,768	3,185	3,118	2,913
2020	0,619	1,272	1,852	0,671
2021	2,218	2,083	1,824	2,122
2022	-1,142	-1,219	-1,265	-1,129
2023	1,468	2,185	2,743	1,482
2024	1,358	1,772	2,014	1,449
2025	0,852	0,747	0,634	1,100
Keskmine	1,215	2,477	2,782	1,282

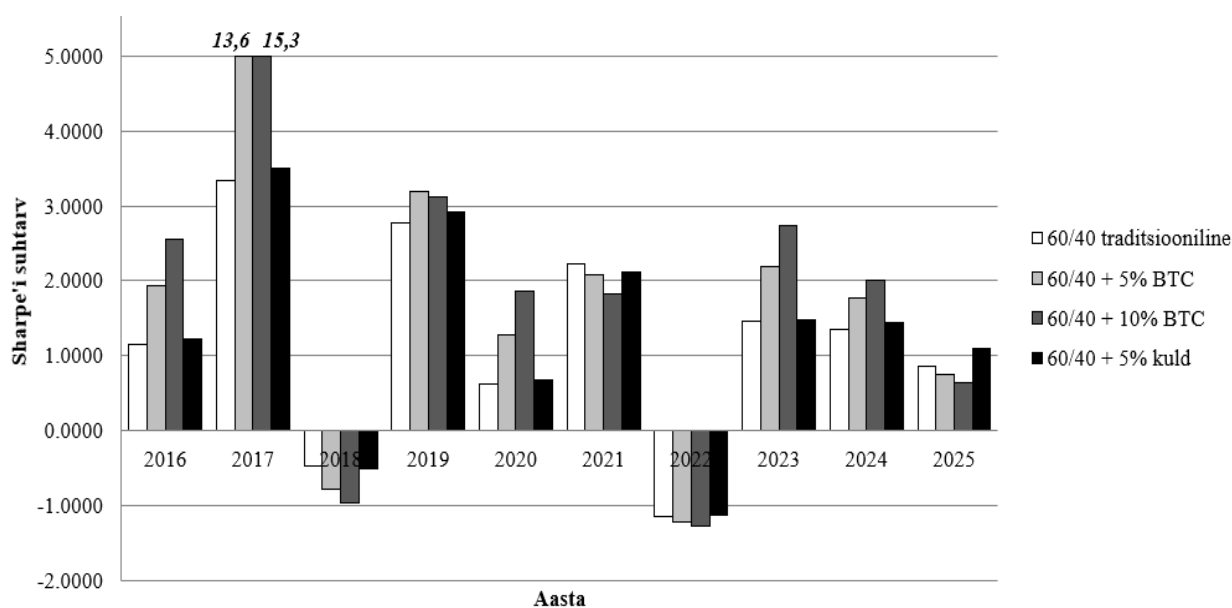
Allikas: autori arvutused. Riskivaba intressimäär: 13-nädalane USA riigivõlakirja keskmine aastatootlus ($^{\wedge}$ IRX).

Märkus. Aastased $^{\wedge}$ IRX keskmised: 0,3% (2016), 0,9% (2017), 1,9% (2018), 2,0% (2019), 0,3% (2020), 0,03% (2021), 2,0% (2022), 5,1% (2023), 5,0% (2024), 4,1% (2025).

Tulemused näitavad, et 5% ja 10% Bitcoin lisandiga portfelli ületas traditsioonilise 60/40 portfelli Sharpe'i suhtarvu kuuel aastal kümnest (2016, 2017, 2019, 2020, 2023, 2024). Eriti suur oli erinevus tugevatel tõusuaastatel (2016, 2017, 2020, 2023), mil Bitcoin suure tootluse ja võrdlemisi madala lisanduva volatiilsuse koostõust tõstis riskiga korrigeeritud näitajaid kordades. Samas oli efekt vastassuunaline aastatel 2018 ja 2022, kui Bitcoin järsk

langus halvendas portfelli kogutulemust enam, kui võitnud aktsia- ja võlakirjapositsioonid suutsid tasakaalustada. 2025. aasta on selles mõttes erandlik. Bitcoin negatiivne tootlus (-6,3%) tõmbas alla mõlemad krüpto lisandiga portfellid, samas kui kulla tugev tõus (+63,3%) tõstis GLD 5% portfelli Sharpe'i kõige kõrgemaks (1,100).

Pikema horisondi keskmine pilt annab järelduse: 10% BTC lisandiga portfelli aritmeetiline keskmine Sharpe (2016-2025) on ligikaudu 2,78, samas kui traditsioonilise 60/40 oma jääb 1,21 juurde. Need agregeeritud arvud on tugevalt kallutatud erakorralise 2017. aasta poolt, mil BTC tõusis üle kümne korra. Mediaani vaatluses on erinevus väiksem ning kahel kõige raskemal aastal (2018, 2022) on krüpto lisand portfelli sügavamasse miinusesse vajutanud. Tulemus toetab Gormani ja Hugheni (2024) ja Wang jt (2025) järeldusi, mille kohaselt krüpto kasu Sharpe'i suhtarvule sõltub tugevalt valitud ajaperioodist ning sisaldab olulist „sabariski“.



Joonis 2. Aastased Sharpe'i suhtarvud portfelli lõikes (2016-2025)

Allikas: autori arvutused. 2017. aasta BTC-portfelli tegelikud väärtused (13,6 ja 15,3) ületavad joonise skaalat ja on märgitud arvuliselt.

Joonis 2 visualiseerib Tabeli 7 tulemusi ja näitab, et BTC lisand ületab traditsioonilist portfelli tugevatel tõusuaastatel (2016, 2017, 2020, 2023, 2024), kuid jääb alla langusaastatel (2018, 2022, 2025).

GLD 5% lisandiga portfelli pakub stabiilsemat täiendust: see ületas traditsioonilist 60/40 portfelli Sharpe'i osas seitsmel aastal kümnest, kuid ületuse suurus on keskmiselt väike.

See on samuti kooskõlas Jayawardhana ja Colombage (2024) ning Sharma (2025) järeldustega, mille kohaselt kuld pakub usaldusväärsemat, kuid tagasihoidlikumat hajutuskasu kui krüpto.

2.5. Optimeeritud portfellid

Optimeerimisanalüüsis varieeriti alternatiivse vara (BTC või GLD) osakaalu vahemikus 0-20% sammuga 1%. Ülejäänud kapital jagati alati 60/40 suhtes SPY ja AGG vahel. Optimaalne osakaal valiti aasta N andmete põhjal ning rakendati aasta N+1 portfellis. Tabel 8 võtab kokku saadud optimaalse kaalu, tootluse ja Sharpe'i suhtarvu.

Tabel 8.

Optimeeritud portfellide tulemused (2017-2025; treening eelmisel aastal)

Aasta	Treening	Strateegia	Opt. Kaal	Tootlus	Volatiilsus	Sharpe
2017	2016	BTC max-Sharpe	20%	274,7%	17,5%	15,637
2017	2016	GLD max-Sharpe	20%	13,8%	3,5%	3,558
2018	2017	BTC max-Sharpe	20%	-16,9%	17,2%	-1,097
2018	2017	GLD max-Sharpe	14%	-2,8%	8,8%	-0,534
2019	2018	BTC max-Sharpe	0%	22,0%	7,2%	2,768
2019	2018	GLD max-Sharpe	0%	23,4%	7,2%	2,768
2020	2019	BTC max-Sharpe	6%	30,9%	21,7%	1,394
2020	2019	GLD max-Sharpe	20%	15,6%	17,8%	0,842
2021	2020	BTC max-Sharpe	20%	25,6%	17,9%	1,428
2021	2020	GLD max-Sharpe	20%	11,8%	7,5%	1,713
2022	2021	BTC max-Sharpe	0%	-16,2%	16,1%	-1,142
2022	2021	GLD max-Sharpe	0%	-16,1%	15,9%	-1,140
2023	2022	BTC max-Sharpe	0%	18%	8,9%	1,468
2023	2022	GLD max-Sharpe	20%	16,0%	8,0%	1,465
2024	2023	BTC max-Sharpe	20%	35,2%	13,8%	2,195
2024	2023	GLD max-Sharpe	10%	17,3%	8,0%	1,530
2025	2024	BTC max-Sharpe	20%	10,0%	14,3%	0,414
2025	2024	GLD max-Sharpe	20%	22,9%	10,6%	1,884

Märkus: Sharpe'i maksimeerimine valib BTC ja GLD osakaalu vahemikus 0-20% (samm 1%).

Allikas: autori arvutused Yahoo Finance'i andmete põhjal.

Optimeerimise tulemused näitavad mitut olulist mustrit. Esiteks valib Sharpe'i maksimeerimine sageli ülempiiri (20%), kui eelmise aasta tootlus on olnud erakordselt kõrge. Selline „tagasivaate“ lähenemine viib edasi aasta järsu pöörde korral (2018, 2022, 2025) keskmisest halvema tulemuseni, mis kinnitab varasema kirjanduse seisukohta krüpto tagasivaatava optimeerimise piiratud ennustusvõime kohta (Johansson & Boyd, 2024; Sharma, 2025). Teiseks kinnitab võrdlus, et minimaalse volatiilsuse strateegia valib peaaegu alati 0% alternatiivse vara, ehk mõlemad lisaklassid suurendavad portfelli koguvolatiilsust. Kolmandaks ületas GLD-strateegia BTC-strateegia tulemust kolme aasta jooksul üheksast (2018, 2025 ja 2021), näidates, et kullas põhinev hajutamine on olnud stabiilsem ja vähem sõltuv konkreetse aasta turuolukorrast.

Ükski ülaltoodud optimaalsete kaalude jada ei ületanud kõigil aastatel järjepidevalt fikseeritud 5% Bitcoin portfelli (vt tabel 7). See viitab, et krüpto portfellis hoidmise kasu sõltub ennekõike tagasihoidlikust ja stabiilsest osakaalust, mitte aga osakaalu „timing'ust“, mis on kooskõlas teoreetilise osa järeldustega tagasihoidliku 3-5% lisandi soovitatavusest (Gorman & Hughen, 2024; Johansson & Boyd, 2024).

2.6. Pikaajalised portfelli strateegiad

Aastapõhised tulemused alapeatükkides 2.2-2.5 näitavad iga aasta pilti eraldi. Pikaajalise investori vaates on vaja teada ka seda, kuidas portfell käitub kogu perioodi 2016-2025 jooksul. Käesolevas alapeatükis võrreldakse kahte strateegiat: osta ja hoia ning iga-aastane rebalansseerimine sihtkaaludele.

Osta ja hoia korral ostetakse 2016. aasta alguses varad fikseeritud osakaaludes (60/40 traditsiooniline portfell, 5% Bitcoin lisand, 10% Bitcoin lisand, 5% kulla lisand) ning portfelli koosseisu kuni perioodi lõpuni ei muudeta. Varade hindade muutudes muutuvad ka osakaalud. Kiiresti kasvava vara kaal portfellis suureneb iseenesest, nii et algselt 5%-line Bitcoin lisand võib kümne aasta jooksul kasvada hoopis suuremaks komponendiks. Iga-aastane rebalansseerimine seab portfelli kaalud iga aasta alguses tagasi sihttasemele. See nõuab kasvanud osakaaluga varade müüki ja aeglasemalt kasvanute juurde ostmist.

Mõlema strateegia tulemused on toodud tabelites 9 ja 10. Mõõdikud on aastane kompleksne kasvumäär (CAGR), kogu perioodi päevatootluste põhjal arvutatud annualiseeritud volatiilsus ning Sharpe'i suhtarv. Riskivaba intressimäärana on kasutatud kümne aasta keskmist USA 3-kuulist riigivõlakirjamäära.

Tabel 9.

Osta ja hoia strateegia tulemused perioodil 2016-2025

Portfell	Aastane tootlus	Volatiilsus	Sharpe
Traditsiooniline 60/40	11,28%	13,02%	0,70
5% Bitcoin lisand	29,25%	38,11%	0,71
10% Bitcoin lisand	36,90%	46,37%	0,75
5% kulla lisand	11,46%	12,46%	0,75

Allikas: autori poolt tehtud arvutused

Tabel 10. *Iga-aastane rebalansseerimiste strateegia tulemused perioodil 2016-2025*

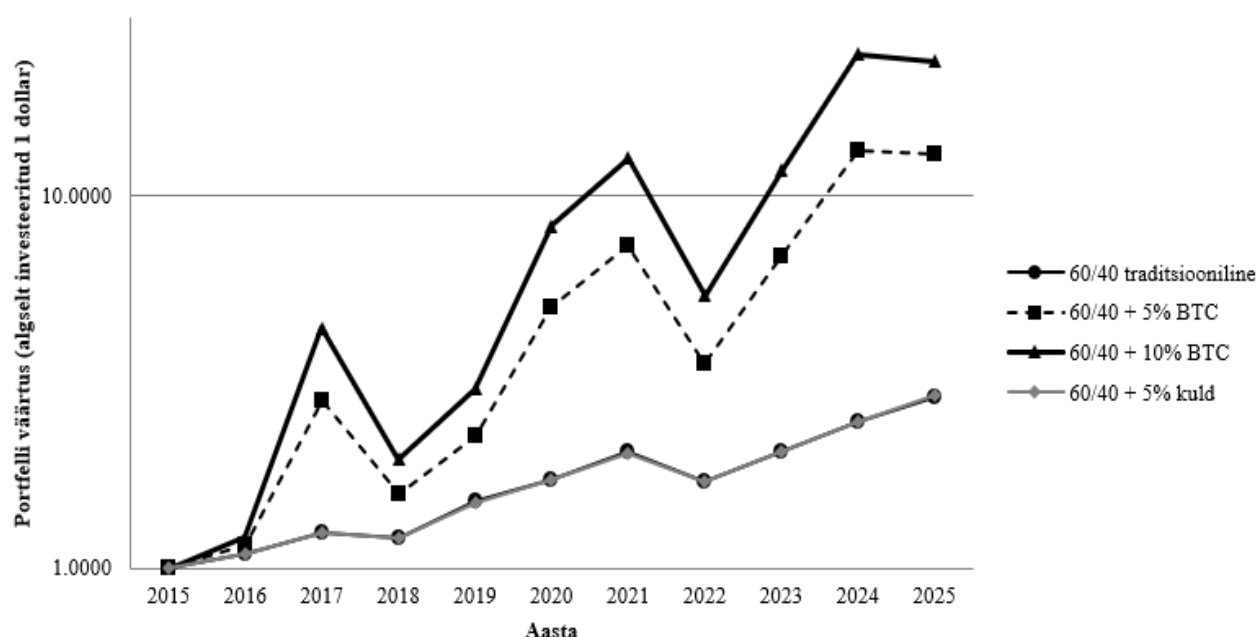
Portfell	Aastane tootlus	Volatiilsus	Sharpe
Traditsiooniline 60/40	10,01%	11,27%	0,70
5% Bitcoin lisand	12,47%	11,87%	0,87
10% Bitcoin lisand	14,88%	13,12%	0,97
5% kulla lisand	10,28%	10,82%	0,75

Allikas: autori poolt tehtud arvutused

Bitcoinit sisaldavate portfellide puhul on tulemused kahe strateegia vahel märkimisväärselt erinevad. 5% algse Bitcoin osakaaluga portfellis ületab osta ja hoia CAGR rebalansseerimise tulemuse ligikaudu 16,8 protsendipunkti, 10% osakaaluga portfellis aga umbes 22 protsendipunkti aastas. Erinevuse põhjus on Bitcoin erakordne kasv. 2016. aasta alguse hind 430 dollarit kasvas 2025. aasta lõpuks ligi 87 500 dollarini ehk umbes 200-kordseks. Osta ja hoia portfellis suurenes Bitcoin osakaal sellega mitmekordseks ning algselt 5%-list Bitcoin lisandit sisaldanud portfell muutus perioodi lõpuks valdavalt Bitcoin positsiooniks (ligikaudu 79%). 10% lisandiga portfellis ulatus Bitcoin lõpukaal umbes 89%-ni.

Volatiilsuse vahe tuleb samast osakaalude muutusest. Osta ja hoia portfellide annualiseeritud volatiilsus on Bitcoinit sisaldavate portfellide puhul 38-46%, samas kui rebalansseerimisega portfellid hoidsid kogu perioodi volatiilsuse 12-13% lähedal. Riskiga korrigeeritud tootlus muutub seetõttu märgatavalt: 5% Bitcoin lisandi puhul on Sharpe'i suhtarv osta ja hoia korral 0,71 ja rebalansseerimisega 0,87, 10% lisandi puhul vastavalt 0,75

ja 0,97. Rebalansseerimine tagas seega kõrgema riskiga korrigeeritud tootluse, kuigi absoluuttulu jäi väiksemaks.



Joonis 3. Investeeritud 1 dollari kumulatiivne kasv portfellide lõikes (osta ja hoia, 2016-2025)

Allikas: autori arvutused. Vertikaaltelg logaritmilises skaalas.

Joonis 3 illustreerib visuaalselt kahe Bitcoinit sisaldava portfelli järsku kasvu võrreldes traditsioonilise 60/40 ja kullaportfelliga. Logaritmiline skaala näitab, et 10% BTC algsest osakaalust kasvas perioodi lõpuks ligi 25-kordseks.

Traditsioonilise 60/40 ja 5% kulla portfelli puhul on kahe strateegia tulemused üksteisele lähedasemad. CAGR-i erinevus jääb ligikaudu 1,2 protsendipunkti piiri, volatiilsuse erinevus on umbes 1,5-1,8 protsendipunkti ja Sharpe'i suhtarvud on praktiliselt võrdsed. Osakaalude triiv on nendes portfellides väiksem, sest SPY ja GLD kasvasid perioodil sarnases tempos (CAGR umbes 14-15%) ning AGG aeglasem kasv ei vii portfelli järsku ühe vara domineerimiseni.

Praktilise valiku seisukohast joonistuvad välja kaks erinevat lähenemist. Maksimaalse absoluutse lõpptootluse otsija ja kontsentreeritud riskipositsiooni taluja jaoks tagab osta ja hoia Bitcoinit sisaldavate portfellide puhul tunduvalt suurema kasvu, kuid lõppportfellis on krüpto osakaal mitmekordne algkaaluga võrreldes. Stabiilse riskiprofiili ja parema Sharpe'i suhtarvu otsija jaoks on iga-aastane rebalansseerimine selgem valik. Bitcoinit mittesisaldavate portfellide puhul on strateegia valiku mõju marginaalne.

Tabel 10 on ühtlasi vahetult võrreldav alapeatüki 2.4 aastaste Sharpe'i suhtarvudega (Tabel 7), sest mõlemad lähtuvad iga aasta alguses taastatud sihtkaaludest. Tabeli 9 osta ja hoia tulemused esindavad teistsugust investeerimislähenemist ja annavad krüpto rolli kohta täiendava nurgaga pildi.

2.7. Tehingukulud varaklasside lõikes

Eelnevad arvutused ei arvesta otseselt tehingukulusid, kuid nende mõju on portfelli reaaltootlusele oluline eriti aktiivse rebalansseerimise korral. Tehingukulud koosnevad kolmest põhikomponendist: vahendaja komisjonitasu, börsil noteeritud instrumentide haldustasu (expense ratio) ning ostu-müügi noteeringu vahe (bid-ask spread).

Aktsiaturgu esindava SPY puhul on haldustasu 0,0945% aastas. SPY on maailma suurima käibega börsil kaubeldav fond, mistõttu noteeringu vahe on tavaolukorras vaid 0,01 USD ehk umbes 0,001-0,002% hinnast (State Street Global Advisors, 2025a). Kaubandusplatvormide vahendustasu USA aktsia-ETF-ide ostmisel on viimasel aastakümnel vähenenud nullini suurematel maaklerplatvormidel (Robinhood, Fidelity, Charles Schwab), mistõttu väikese rebalansseerimise sagedusega investori jaoks võib SPY portfelli hoidmise kogukulu jääda alla 0,1% aastas.

Võlakirjafondi AGG haldustasu on 0,03% aastas, mis on rahvusvahelistes võrdlustes üks madalamaid sektoripõhiselt. Selle ETFi noteeringu vahe on samuti tavaliselt 0,01 USD, kuid kuna AGG osaku hind on madalam (~100 USD) kui SPY oma (~700 USD), moodustab spread suhtarvuna ligikaudu 0,01% (BlackRock, 2025). Võlakirja ETF-ide spread võib siiski stressiperioodidel laieneda, eriti kui aluseks olevad võlakirjad ei ole likviidsed.

SPDR Gold Shares (GLD) haldustasu on 0,40% aastas (State Street Global Advisors, 2025b), mis on käesoleva analüüsi nelja vaadeldud instrumendi seas kõige kõrgem. Tasu eest tagatakse füüsilise kulla hoiustamine HSBC ja JPMorgani varahoidlates, mis omakorda elimineerib investori jaoks kulla hoiustamise ja kindlustamisega seotud kulud. Kümneaastasel hoidmisperioodil tähendab 0,40% aastane tasu kogukulu ligikaudu 4% portfelli väärtusest, mis vähendab tegelikku tootlust märgatavalt. See on ka peamine põhjus, miks osa investoreid eelistab GLD-le madalama tasuga alternatiive nagu SPDR Gold MiniShares (GLDM, tasu 0,18%) või iShares Gold Trust (IAU, tasu 0,25%).

Bitcoin puhul on tehingukulude struktuur olulisel määral keerulisem ja kõrgem kui ETF-ide puhul. Tuleb arvestada krüptobörsi kauplemistasu, mis varieerub platvormi ja kasutaja kaubandusmahu lõikes. Coinbase Advanced'i tasu algab 0,40% (võtja) ja 0,60%

(lisaja) tasemelt. Binance'i puhul 0,10% mõlema poole jaoks, samas kui Coinbase'i „lihtne“ liides lisab täiendavalt 0,5-2% spreadi ja kuni 3,99% maksevahendi tasu (Brauneis jt, 2022). Samas lisandub bid-ask spread, mis BTC/USDT paari puhul Binance'i kõige likviidsemates olukordades jääb tasemele 0,01-0,02%, kuid väiksema likviidsusega kauplemispaaride puhul võib see ületada 0,5%. Tuleb ka arvestada plokiahelapõhise tehingu võrgutasu Bitcoinil väljavõtmisel, mis ulatub tüüpiliselt 1-20 USD vahel sõltuvalt võrgu koormusest.

Brauneis jt (2022) on näidanud, et krüptoturu efektiivne tehingukulu (round-trip cost) sõltub suuresti sellest, kas kasutaja kaupleb agressiivsete (turuhinna) või passiivsete (limiit) korraldustega. Nende analüüs Coinbase Pro andmete põhjal näitab, et keskmine ostu-müügi noteeringu vahe ületab traditsiooniliste varade oma sageli mitmekordselt ning suureneb veelgi turustressi perioodidel. See tähendab, et aktiivse kauplemisstrateegia korral võivad krüptokulud aastas ületada 1-2% portfelli väärtusest, mis vähendab tuntavalt käesolevas töös arvutatud Sharpe'i suhtarvude tegelikkuses saavutatavat taset.

Bitcoinil otse omamise alternatiivina on alates 2024. aasta USA-s kättesaadavad spot Bitcoinil börsil kaubeldavad fondid (ETF), näiteks Blackrocki iShares Bitcoin Trust (IBIT) ja Fidelity Wise Origin Bitcoin Fund (FBTC) aastase haldustasuga 0,25%, samas kui Grayscale Bitcoin Trust (GBTC) haldustasu on 1,5%. Need fondid võimaldavad investoritel saada osta krüptovaluutat traditsioonilise investeerimiskonto kaudu ilma krüptobörsil registreerumise ja rahakottide haldamise vajaduseta, mis vähendab operatsiooniriski ja küberturvalisuse riski (Li & Patel, 2025). Spot ETF-i osakute hind järgib Bitcoinil turuhinda väga tihedalt. BlackRocki andmetel on IBIT-i ja Bitcoinil hinnamuutuste vaheline korrelatsioon väga lähedal 1-le ning lühiajalised hinnakõikumiste erinevused on tüüpiliselt alla 0,1% (BlackRock, 2025). Seega esindavad Bitcoinil ETF-id praktilises plaanis traditsiooniliste ja krüptovarade kulutaseme vahepealset lahendust. Nende otsekulu on kõrgem kui aktsia ja võlakirja ETF-idel, kuid tunduvalt madalam kui otse krüptobörsil kauplemine ja rahakottide haldamine, ning samas vähendab regulatiivset ja operatsiooniriski. Tabel 11 võtab kokku iga varaklassi peamised tehingukulu komponendid.

Tabel 11.

Hinnatud tehingukulud varaklasside lõikes

Vara (instrument)	Haldustasu (aastas)	Tüüpiline noteeringu vahe	Täiendavad kulud
Aktsiad (SPY)	0,0945%	~0,001-0,002%	Maaklerlik komisjonitasu (sageli 0%)
Võlakirjad (AGG)	0,03%	~0,01% (rahulik turg); kuni 0,1% stressis	Maaklerlik komisjonitasu
Kuld (GLD)	0,40%	~0,005-0,01%	-
Bitcoin (BTC)	- (puudub fond)	0,01-0,5% (sõltuvalt platvormist ja korraldusest)	Kauplemistasu 0,1-0,6%, võrgutasu 1-20 USD; spread 0,5-2%

Allikad: State Street Global Advisors (2025a, 2025b); BlackRock (2025); Brauneis jt (2022); Coinbase ja Binance ametlikud tasude juhendid.

Käesoleva töö portfelliarvutused eeldavad rebalansseerimist üks kord aastas, mistõttu tehingukulude koondmõju jääb suhteliselt piiratuks. 5% BTC portfelli puhul on aastane lisakulu hinnanguliselt 0,1-0,3% portfelli kogutootlusest, kui BTC ostu-müük toimub regulaarsel börsil ja keskmise spreadiga. Samas tähendab see, et eelpool esitatud Sharpe'i suhtarvud on nominaalse tootluse alusel arvutatud teoreetilised väärtused, mille tegelikkuses saavutamine eeldab tehingute hoolikat ajastust ja madala tasuga platvormi kasutamist.

2.8. Tulemuste arutelu ja järeldused

Empiirilise analüüsi tulemused vastavad sissejuhatuses püstitatud uurimisülesannetele järgmiselt.

Esimene uurimisülesanne käsitles krüpto ja traditsiooniliste varade volatiilsuse võrdlust. Tabelis 4 toodud aastapõhised väärtused näitavad, et Bitcoin volatiilsus ületas SPY oma keskmiselt 4-5 korda ja AGG oma ligikaudu kümme korda. Bitcoin volatiilsuse trend on kümne aasta jooksul olnud langev, mis on kooskõlas Li ja Pateli (2025) hinnanguga turu küpsemisele pärast institutsionaalsete investorite ja ETF-ide turuletulekut. Erinevus traditsioonilistest varadest jääb sellest hoolimata suurusjärguline.

Teine uurimisülesanne keskendus korrelatsioonide stabiilsusele. Tabelis 5 ja joonisel 1 esitatud aastapõhised väärtused näitavad selget struktuuri muutust 2020. aastal: enne COVID-19 šokki oli BTC ja SPY vaheline korrelatsioon nullilähedane, sealtpeale on see jäänud püsivalt kõrgemale tasemele. Tulemus on kooskõlas Muñoz Henríqueze ja Galvez Gamboa (2023) ning Vuković jt (2025) järeldusega, et krüpto käitub stressiperioodidel üha

enam riskivara loogikas. See vähendab krüpto rolli portfelli hajutajana just neil hetkedel, kui investor seda kõige enam vajaks.

Kolmas uurimisülesanne käsitles krüpto või kulla lisamise mõju 60/40 portfelli. Tabel 7 näitab, et 5% Bitcoinit lisand ületas traditsioonilise portfelli Sharpe'i suhtarvu kuuel aastal kümnest. Ülekaal saavutati siiski vaid tugevatel tõusuaastatel, eelkõige 2017. ja 2020. aastal. Langusperioodidel halvendas Bitcoin portfelli kogutulemust. See on kooskõlas Gormani ja Hugheni (2024) ning Wang jt (2025) hinnanguga, et krüpto kasu Sharpe'i suhtarvule sisaldab olulist asümmeetrilist sabariski. 10% osakaal võimendas mõlemat efekti, mis toetab kirjandusest tuntud soovitus hoida krüpto osakaal pigem 3-5% (Jayawardhana & Colombage, 2024; Johansson & Boyd, 2024). 5% kulla lisand andis stabiilsema, kuid tagasihoidlikuma kasu.

Pikaajaliste strateegiate võrdlus (tabelid 9 ja 10) tõi välja olulise nüansi. Bitcoinit sisaldavate portfelli puhul annab strateegia valik suure erinevuse. Osta ja hoida toodab kõrgemat absoluuttulu, iga-aastane rebalansseerimine kõrgemat Sharpe'i suhtarvu. Erinevuse põhjus on osta ja hoida portfellis Bitcoinit osakaalu järkjärguline suurenemine, mille tagajärjel muutub portfell tegelikkuses kontsentreeritud krüptopositsiooniks. Traditsiooniliste varade puhul ei tee strateegia valik märgatavat vahet. Fikseeritud osakaalu hoidmine eeldab seega rebalansseerimist kui distsipliini.

Tehingukulude analüüs (tabel 11) lisab tulemustele olulise piirangu. Käesolevas töös arvatud Sharpe'i suhtarvud põhinevad nominaalsel tootlusel ega arvesta krüpto kõrgemate tehingukulude ja operatsiooniriskidega. Realistlikus stsenaariumis on krüpto tegelik panus portfelli madalam kui teoreetilised arvutused näitavad, eriti sagedasema rebalansseerimise korral.

Optimeerimisanalüüs (tabel 8) toetab eelnevaid leide. Mineviku andmetel valitud optimaalne Bitcoinit kaal ei toonud süsteemselt paremat tulemust kui fikseeritud 5% strateegia. See on kooskõlas teoreetilises peatükis käsitletud kirjanduse seisukohaga krüptohinna sündmuspõhise ja raskesti ennustatava iseloomu kohta.

Analüüsi peamised piirangud on järgmised. Töös ei rakendata dünaamilisi korrelatsioonimudeleid (DCC, GARCH), mis võiksid täpsemalt tuvastada režiimimuutusi. Tulemused põhinevad USA dollaris noteeritud andmetel. Eurokeskse investori vaates lisanduks valuutarisk. Tehingukulude analüüs piirdub avalikult avaldatud tasudega ega kajasta konkreetse investori reaalseid kulusid.

Kokkuvõte

Käesolev bakalaureusetöö hindas, kuidas erineb krüptovara riski- ja tootlusprofiil traditsioonilistest varaklassidest ning millises ulatuses parandab krüpto lisamine traditsioonilise 60/40 portfelli riskiga korrigeeritud tootlust perioodil 2016-2025. Eesmärgi täitmiseks koondati teoreetiline ülevaade aastatel 2023-2025 avaldatud teadusartiklitest ja poliitikadokumentidest ning teostati empiiriline analüüs Bitcoin, S&P 500 indeksit jälgiva SPY ETF-i, USA agregeeritud võlakirjaindeksit jälgiva AGG fondi ning kullafondi GLD päevasagedusega hinnaandmete põhjal.

Töö esimese uurimisülesande raames anti ülevaade traditsiooniliste varaklasside ja krüptovarade volatiilsuse, riskide ja portfelli diversifikatsiooni teoreetilistest käsitlustest. Kirjanduse ülevaade näitas, et krüpto erineb traditsioonilistest varadest mitte ainult kõrgema volatiilsuse poolest, vaid ka hinna kujunemise mehhanismi, regulatiivse raamistiku ja tehingukulude struktuuri poolest. Sellest tulenevalt ei saa krüpto rolli portfellis hinnata ainult tootluse ja standardhälbe põhjal.

Teise uurimisülesande raames võrreldi Bitcoin ja traditsiooniliste varaklasside volatiilsust ja selle muutumist ajas. Bitcoin aastane volatiilsus ületab SPY oma suurusjärgu võrra ja AGG oma rohkem kui kümnekordselt. Bitcoin volatiilsuse trend on kümne aasta jooksul olnud langev, mis toetab kirjanduses esitatud hüpoteesi krüptoturu järkjärgulisest küpsemisest ja institutsionaalse osaluse mõjust. Erinevus traditsioonilistest varadest jääb sellest hoolimata oluliseks ja säilib kogu vaadeldud perioodi vältel.

Kolmas uurimisülesanne käsitles korrelatsioonide stabiilsust. Empiirilised tulemused tõid esile selge struktuuri muutuse 2020. aastal: enne pandeemiat oli Bitcoin ja S&P 500 vaheline korrelatsioon nullilähedane, pärast pandeemiat püsivalt kõrgem. See tähendab, et krüpto teoreetiline hajutuskasu on viimase viie aasta jooksul vähenenud just neil perioodidel, kui investor seda kõige enam vajaks.

Neljas uurimisülesanne hindas krüpto või kulla lisamise mõju traditsioonilisele 60/40 portfellile ning võrreldi tehingukulusid. Bitcoin 5% lisand parandas vaadeldud perioodi keskmist riskiga korrigeeritud tootlust, kuid efekt tulenes peamiselt üksikutest tugevatest tõusuaastatest. Langusperioodidel halvendas Bitcoin lisand portfelli kogutulemust, mis viitab krüpto kasu asümmeetrilisele iseloomule. Kuld andis vaadeldud perioodil stabiilsema, kuid madalama hajutuskasu. Optimeerimisanalüüs ei toonud välja süsteemset eelist eelmise aasta andmete põhjal valitud kaalu kasuks võrreldes fikseeritud 5% strateegiaga.

Pikaajaliste strateegiate võrdlus näitas, et osta ja hoia annab Bitcoinit sisaldavates portfellides kõrgema absoluuttulu, kuid madalama riskiga korrigeeritud tootluse, sest Bitcoin osakaal kasvab portfellis kümne aasta jooksul mitmekordseks. Iga-aastane rebalansseerimine annab vastupidise tulemuse. Tehingukulude võrdlus näitas, et krüpto kauplemistasud, noteeringu vahed ja võrgutasud on ETF-ide vastavatest näitajatest järk kõrgemad, mistõttu töös arvatud Sharpe'i suhtarvud kalduvad krüpto tegelikku panust portfelli ülehindama.

Töö peamine järeldus on, et krüpto väike osakaal traditsioonilises portfellis võib teatud turufaasides parandada riskiga korrigeeritud tootlust, kuid efekti suurus sõltub tugevalt valitud ajaperioodist, tehingukuludest ja investori võimest taluda asümmeetrilist langusriski. Vaadeldud perioodil andis stabiilsema tulemuse kuld kui Bitcoin. Bitcoin ja aktsiaturu vaheline kasvav korrelatsioon vähendab krüpto rolli portfelli hajutajana eelkõige kriisiperioodidel.

Töö olulisemad piirangud on järgmised. Korrelatsioonide modelleerimisel ei rakendatud dünaamilisi mudeleid (DCC, GARCH), mis võiksid täpsemalt eraldada režiimimuutusi. Andmed on noteeritud USA dollaris, mistõttu eurokeskse investori vaates lisanduks valuutarisk. Tehingukulude analüüs põhineb tüüpilistel avalikult avaldatud tasudel ega kajasta konkreetse investori platvormi ja korraldustüübi põhiseid kulusid. Lisaks mõjutab 2017. aasta erakordne tulemus kogu vaadeldava perioodi keskmist näitajat ebaproportsionaalselt suures ulatuses; selle aasta välistamisel oleksid keskmised väärtused oluliselt madalamad.

Edasised uuringud võiksid hõlmata dünaamiliste korrelatsioonimudelite rakendamist sama valimi peal, valuutariski sissetoomist eurokeskse investori vaatest, sabariski mõõdikute (CVaR, downside-deviation) lisamist ning optimeerimise teostamist mitmeaastase veereva treeningakna alusel. Samuti võiks analüüsi laiendada teistele suurtele krüptovaradele ja DeFi-protokollidele, et hinnata, kas leitud mustrid kehtivad Bitcoinist väljaspool.

Viidatud allikad

1. 21Shares Research. (2025). *Primer: Crypto assets included in a diversified portfolio (Q1 2025)*. 21Shares Research. Retrieved from <https://www.21shares.com/en-eu/research/primer-crypto-assets-included-in-a-diversified-portfolio-q1-2025>
2. Aerts, S., Born, A., Gati, Z., Kochanska, U., Lambert, C., Reinhold, E., & van der Kraaij, A. (2025). Just another crypto boom? Mind the blind spots. In *Financial Stability Review* (Special feature). European Central Bank. Retrieved from https://www.ecb.europa.eu/press/financial-stability-publications/fsr/special/html/ecb.fsrart202505_01~62255f2625.en.html
3. Alsulami, F., & Raza, A. (2025). Financial markets effect on cryptocurrency volatility: Pre- and post-future exchanges collapse period in USA and Japan. *International Journal of Financial Studies*, 13(1), 24. <https://doi.org/10.3390/ijfs13010024>
4. Azar, P. D., Baughman, G., Carapella, F., Gerszten, J., Lubis, A., Perez-Sangimino, J. P., ... Werman, A. (2024). The financial stability implications of digital assets. *Economic Policy Review*, 30(2), 1-48. Federal Reserve Bank of New York. Retrieved from https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/epr/2024/EPR_2024_digital-assets_azar.pdf
5. Bank for International Settlements. (2023). *Financial stability risks from cryptoassets in emerging market economies* (BIS Papers No. 138). Bank for International Settlements. Retrieved from <https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap138.htm>
6. BlackRock. (2025). *iShares Core U.S. Aggregate Bond ETF (AGG): Fact sheet*. BlackRock. Retrieved from <https://www.ishares.com/us/products/239458/ishares-core-total-us-bond-market-etf>
7. Brauneis, A., Mestel, R., Riordan, R., & Theissen, E. (2022). The anatomy of a fee change - evidence from cryptocurrency markets. *Journal of Empirical Finance*, 67, 152-167. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2022.03.003>
8. Financial Stability Board. (2025). *Thematic review on FSB global regulatory framework for crypto-asset activities: Peer review report*. Financial Stability Board. Retrieved from <https://www.fsb.org/2025/10/thematic-review-on-fsb-global-regulatory-framework-for-crypto-asset-activities/>

9. Gorman, M., & Hughen, W. K. (2024). Does bitcoin still enhance an investment portfolio in a post Covid-19 world? *Finance Research Letters*, 62(Part B), 105170.
<https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105170>
10. Grayscale Research. (2025). *Crypto in diversified portfolios*. Grayscale Investments. Retrieved from <https://research.grayscale.com/reports/crypto-in-diversified-portfolios>
11. Hacibedel, B., & Perez-Saiz, H. (2023). *Assessing macrofinancial risks from crypto assets* (IMF Working Paper No. 23/214). International Monetary Fund. Retrieved from <https://www.imf.org/en/publications/wp/issues/2023/09/30/assessing-macrofinancial-risks-from-crypto-assets-539473>
12. Hidayat, R., & Maisyarah, R. (2025). Analysis of risk and return on investments in cryptocurrency instruments in Indonesia from 2022 to 2024. *TRANSEKONOMIKA: Akuntansi, Bisnis Dan Keuangan*, 5(5), 1083-1102.
<https://doi.org/10.55047/transekonomika.v5i5.1056>
13. International Monetary Fund. (2023). *Elements of effective policies for crypto assets* (Policy Paper No. 2023/004). International Monetary Fund. Retrieved from <https://www.imf.org/en/publications/policy-papers/issues/2023/02/23/elements-of-effective-policies-for-crypto-assets-530092>
14. International Monetary Fund. (2024). *The changing landscape of crypto assets - Considerations for regulatory and supervisory authorities*. International Monetary Fund. Retrieved from <https://www.imf.org/en/news/articles/2024/02/23/sp022324-changing-landscape-crypto-assets-considerations-regulatory-and-supervisory-authorities>
15. International Monetary Fund, & Financial Stability Board. (2023). *IMF-FSB synthesis paper: Policies for crypto-assets*. International Monetary Fund and Financial Stability Board. Retrieved from <https://www.fsb.org/2023/09/imf-fsb-synthesis-paper-policies-for-crypto-assets/>
16. Iyer, R., & Popescu, A. (2023). *New evidence on spillovers between crypto assets and financial markets* (IMF Working Paper No. 23/213). International Monetary Fund. Retrieved from <https://www.imf.org/en/publications/wp/issues/2023/09/30/new-evidence-on-spillovers-between-crypto-assets-and-financial-markets-539476>

17. Jayawardhana, A., & Colombage, S. R. N. (2024). Portfolio diversification possibilities of cryptocurrency: Global evidence. *Applied Economics*, 56(47), 5618-5633.
<https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2257928>
18. Johansson, K., & Boyd, S. (2024). *Simple and effective portfolio construction with crypto assets* (arXiv:2412.02654). arXiv. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2412.02654>
19. Khaki, A. R., Bakry, W., Deo, N., & Al-Mohamad, S. (2025). Re-thinking diversification: Harnessing the diversification potential of AI stocks and cryptocurrencies using portfolio optimization. *International Review of Economics & Finance*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1059056025009384>
20. Li, J., & Patel, D. (2025). *Volatility dynamics and spillovers in cryptocurrency markets: Evidence from the Bitcoin ETF approval* (NYU Stern School of Business Research Paper, SSRN 5182374). <https://doi.org/10.2139/ssrn.5182374>
21. Luhtaniemi, S. (2025). *Cryptocurrencies compared to traditional assets: Risk-return analysis*. University of Vaasa. Retrieved from <https://osuva.uwasa.fi/server/api/core/bitstreams/2b969819-06a8-469f-98c3-ae8368244760/content>
22. Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
<https://doi.org/10.2307/2975974>
23. Meiryani, Marco, Albert, & Ayuanda, N. (2023). Investment decisions: Comparative analysis of the performance of cryptocurrencies Bitcoin, Gold and Stocks. In *E3S Web of Conferences (ICOBAR 2023)* (Vol. 426, Article 01108).
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342601108>
24. Muñoz Henríquez, E. M., & Galvez Gamboa, F. A. (2023). Volatility spillover between the cryptocurrency and financial markets and commodities. *Contaduría y Administración*, 68(1), 1-24. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2023.3396>
25. Sharma, M. (2025). Does Bitcoin add to risk diversification of alternative investment fund portfolio? *International Journal of Financial Studies*, 13(4), 197.
<https://doi.org/10.3390/ijfs13040197>

26. Sharpe, W. F. (1966). Mutual fund performance. *The Journal of Business*, 39(1), 119-138.
<https://doi.org/10.1086/294846>
27. Sortino, F. A., & Price, L. N. (1994). Performance measurement in a downside risk framework. *The Journal of Investing*, 3(3), 59-64. <https://doi.org/10.3905/joi.3.3.59>
28. State Street Global Advisors. (2025a). *SPY SPDR S&P 500 ETF Capital Markets Perspective*. State Street Global Advisors. Retrieved from
<https://www.ssga.com/library-content/assets/pdf/north-america/spdr-capital-markets-perspectives-spy.pdf>
29. State Street Global Advisors. (2025b). *SPDR Gold Shares (GLD): Prospectus and key information*. State Street Global Advisors. Retrieved from
<https://www.ssga.com/us/en/intermediary/etfs/spdr-gold-shares-gld>
30. Ullah, M., Sohag, K., & Haddad, H. (2024). Comparative investment analysis between crypto and conventional financial assets amid heightened geopolitical risk. *Heliyon*, 10(9), e30558. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30558>
31. Vuković, D. B., Frömmel, M., Vigne, S. A., & Zinovev, V. (2025). Spillovers between cryptocurrencies and financial markets in a global framework. *Journal of International Money and Finance*, 150, 103235.
<https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2024.103235>
32. Wang, Z., Gao, X., & Gu, J. (2025). Can cryptocurrencies improve portfolio diversification? Evidence from the prospect risk perspective. *Research in International Business and Finance*, 76, 102828.
<https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2025.102828>

Lisa A

Varaklasside aastased hinnaandmed (2016-2025)

Aasta	Vara	Avahind	Sulghind	Maks	Min	Tootlus	Volatiilsus
2016	BTC	430,72	963,74	979,40	354,91	123,8%	48,1%
2016	SPY	169,46	192,99	195,99	153,00	13,9%	13,0%
2016	AGG	81,13	83,02	86,03	80,96	2,3%	3,1%
2016	GLD	103,13	109,61	131,15	102,49	6,3%	16,2%
2017	BTC	963,66	14156,40	20089,00	755,76	1369,0%	95,5%
2017	SPY	194,30	234,88	236,41	193,29	20,9%	6,7%
2017	AGG	82,77	85,97	86,45	82,60	3,9%	2,8%
2017	GLD	109,62	123,65	128,32	109,37	12,8%	9,9%
2018	BTC	14112,20	3742,70	17712,40	3191,30	-73,5%	81,1%
2018	SPY	235,74	224,15	261,46	209,66	-4,9%	17,1%
2018	AGG	85,92	86,27	86,28	83,31	0,4%	2,6%
2018	GLD	124,66	121,25	129,51	111,06	-2,7%	9,7%
2019	BTC	3746,71	7193,60	13796,49	3391,02	92,0%	68,1%
2019	SPY	220,62	294,14	295,91	218,54	33,3%	12,5%
2019	AGG	86,32	93,56	94,23	86,10	8,4%	3,2%
2019	GLD	121,35	142,90	146,82	119,54	17,8%	11,7%
2020	BTC	7194,89	29001,72	29244,88	4106,98	303,1%	72,1%
2020	SPY	295,67	348,06	352,32	200,63	17,7%	33,5%
2020	AGG	93,82	100,56	101,08	88,26	7,2%	8,4%
2020	GLD	143,86	178,36	194,45	136,12	24,0%	19,5%
2021	BTC	28994,01	46306,45	68789,62	28722,76	59,7%	80,5%
2021	SPY	349,39	448,05	451,86	339,62	28,2%	12,9%
2021	AGG	100,46	98,78	100,51	96,63	-1,7%	3,6%
2021	GLD	181,97	170,96	183,21	157,13	-6,1%	13,5%
2022	BTC	46311,75	16547,50	48086,84	15599,05	-64,3%	63,5%
2022	SPY	449,31	366,62	452,79	332,19	-18,4%	24,3%
2022	AGG	98,43	85,92	98,43	82,00	-12,7%	8,0%
2022	GLD	168,86	169,64	193,30	150,57	0,5%	15,2%
2023	BTC	16547,91	42265,19	44705,52	16521,23	155,4%	43,8%
2023	SPY	368,48	462,58	464,76	362,21	25,5%	13,1%
2023	AGG	86,79	90,78	91,19	83,03	4,6%	7,5%
2023	GLD	171,32	191,17	193,18	168,19	11,6%	13,4%
2024	BTC	42280,23	93429,20	108268,45	38521,89	121,0%	53,5%
2024	SPY	459,51	577,70	598,35	453,94	25,7%	12,6%
2024	AGG	90,40	91,97	95,63	87,53	1,7%	5,5%
2024	GLD	191,44	242,13	257,71	183,78	26,5%	15,0%
2025	BTC	93425,10	87508,83	126198,07	74436,68	-6,3%	42,0%
2025	SPY	580,96	685,14	689,78	476,34	17,9%	19,5%
2025	AGG	92,13	98,82	99,05	90,86	7,3%	4,6%
2025	GLD	244,22	398,89	418,45	242,05	63,3%	19,9%

Allikas: Yahoo Finance'i andmete põhjal autori koostatud (dividendidega korrigeeritud hinnad).

Lisa B

Varaklasside vahelised aastased korrelatsioonid (2016-2025)

Aasta	BTC-SPY	BTC-AGG	BTC-GLD	SPY-AGG	SPY-GLD	AGG-GLD
2016	-0,058	0,077	0,110	-0,157	-0,345	0,501
2017	0,022	0,047	-0,025	-0,282	-0,257	0,633
2018	0,112	-0,097	-0,002	-0,145	-0,036	0,218
2019	-0,061	0,015	0,156	-0,321	-0,267	0,640
2020	0,420	0,403	0,330	0,142	0,159	0,266
2021	0,324	0,019	-0,003	0,036	0,191	0,334
2022	0,557	0,175	0,156	0,325	0,198	0,446
2023	0,190	0,111	0,118	0,164	0,004	0,523
2024	0,386	-0,017	0,111	0,159	0,265	0,289
2025	0,399	-0,032	0,076	0,095	0,026	0,092

Allikas: autori arvutused Yahoo Finance'i päevatootluste põhjal (Pearsoni

korrelatsioonikordajad).

Lisa C

Optimeerimise täielikud tulemused: maksimaalse Sharpe'i ja minimaalse volatiilsuse strateegiad (2017-2025)

Aasta	Treening	Alt. vara	Eesmärk	Opt. kaal	Tootlus	Volatiilsus	Sharpe'i suhe
2017	2016	BTC	max-Sharpe	20%	274,7%	17,5%	15,637
2017	2016	BTC	min-vol	0%	13,8%	3,9%	3,340
2017	2016	GLD	max-Sharpe	20%	13,5%	3,5%	3,558
2017	2016	GLD	min-vol	0%	13,8%	3,9%	3,340
2018	2017	BTC	max-Sharpe	20%	-16,9%	17,2%	-1,094
2018	2017	BTC	min-vol	0%	-3,0%	10,1%	-0,481
2018	2017	GLD	max-Sharpe	14%	-3,0%	8,8%	-0,556
2018	2017	GLD	min-vol	0%	-3,0%	10,1%	-0,481
2019	2018	BTC	max-Sharpe	0%	22,0%	7,2%	2,768
2019	2018	BTC	min-vol	0%	22,0%	7,2%	2,768
2019	2018	GLD	max-Sharpe	0%	22,0%	7,2%	2,768
2019	2018	GLD	min-vol	0%	22,0%	7,2%	2,768
2020	2019	BTC	max-Sharpe	6%	30,6%	21,7%	1,394
2020	2019	BTC	min-vol	0%	13,2%	20,8%	0,619
2020	2019	GLD	max-Sharpe	20%	15,4%	17,8%	0,842
2020	2019	GLD	min-vol	0%	13,2%	20,8%	0,619
2021	2020	BTC	max-Sharpe	20%	25,6%	17,9%	1,428
2021	2020	BTC	min-vol	0%	17,6%	7,9%	2,218
2021	2020	GLD	max-Sharpe	20%	12,9%	7,5%	1,713
2021	2020	GLD	min-vol	0%	17,6%	7,9%	2,218
2022	2021	BTC	max-Sharpe	0%	-16,2%	15,9%	-1,142
2022	2021	BTC	min-vol	0%	-16,2%	15,9%	-1,142
2022	2021	GLD	max-Sharpe	0%	-16,2%	15,9%	-1,142
2022	2021	GLD	min-vol	0%	-16,2%	15,9%	-1,142
2023	2022	BTC	max-Sharpe	0%	18,0%	8,9%	1,468
2023	2022	BTC	min-vol	0%	18,0%	8,9%	1,468
2023	2022	GLD	max-Sharpe	20%	16,8%	8,0%	1,465
2023	2022	GLD	min-vol	0%	18,0%	8,9%	1,468

2024	2023	BTC	max-Sharpe	20%	35,2%	13,8%	2,195
2024	2023	BTC	min-vol	0%	16,1%	8,2%	1,359
2024	2023	GLD	max-Sharpe	10%	17,2%	8,0%	1,530
2024	2023	GLD	min-vol	0%	16,1%	8,2%	1,359
2025	2024	BTC	max-Sharpe	20%	10,0%	14,3%	0,414
2025	2024	BTC	min-vol	0%	14,3%	12,0%	0,852
2025	2024	GLD	max-Sharpe	20%	24,0%	10,6%	1,884
2025	2024	GLD	min-vol	0%	14,3%	12,0%	0,852

Allikas: autori arvutused Yahoo Finance'i andmete põhjal. Alternatiivse vara kaal varieerub vahemikus 0-20% sammuga 1%; ülejäänud kapital jaguneb SPY ja AGG vahel 60/40 suhtes.

Summary

THE IMPACT OF ADDING BITCOIN ON THE RISK DIVERSIFICATION OF A TRADITIONAL INVESTMENT PORTFOLIO

Ilja Tšerepanov

This bachelor's thesis asks whether adding Bitcoin to a traditional stock and bond portfolio improves its risk-adjusted return, and how cryptocurrency assets differ from traditional asset classes in volatility, correlation behavior and transaction costs. The question is relevant for investors after Bitcoin's institutionalisation through spot ETFs in 2024, when crypto's growing integration with traditional markets has narrowed its earlier diversification benefit.

The theoretical chapter reviews literature from 2023-2025 on the volatility of traditional assets and cryptocurrencies, spillover effects between markets, portfolio diversification theory and the Sharpe ratio. It also covers other large-capitalization cryptocurrencies (Ethereum, Solana, Ripple, Cardano, Binance Coin) as Bitcoin alternatives and concludes that their high mutual correlation limits the additional diversification benefit from multi cryptocurrency exposure.

The empirical analysis uses daily price data from Yahoo Finance for the period 2016-2025 covering Bitcoin and three ETFs representing traditional asset classes: SPY (S&P 500 equity), AGG (US aggregate bonds) and GLD (gold). Calculations include annual returns, annualized volatility, Pearson correlations, Sharpe ratios for four fixed-weight portfolios (60/40, 60/40 with 5% or 10% Bitcoin, 60/40 with 5% gold), rolling-window optimized weights, and a comparison of long-term buy-and-hold and annual rebalancing strategies.

Bitcoin's annualized volatility ranged between 41.9% and 95.5% over the period, against 6.7-33.5% for the S&P 500 and 2.5-8.4% for bonds. The correlation between Bitcoin and the S&P 500 shifted structurally in 2020. It stayed close to zero in 2016-2019, jumped to 0.42 during the COVID-19 shock and peaked at 0.557 in 2022. A 5% Bitcoin allocation beat the 60/40 portfolio's Sharpe ratio in six years out of ten, but the average gain came mostly from two exceptional years (2017, 2020). A 5% gold allocation beat the 60/40 benchmark in seven years out of ten and gave a steadier improvement.

Buy-and-hold and annual rebalancing diverge sharply for Bitcoin-containing portfolios. Buy-and-hold reached 29.3% CAGR for the 5% Bitcoin portfolio over ten years,

but Bitcoin's share grew to roughly 79% of the final portfolio. Annual rebalancing reached 12.5% CAGR with a higher Sharpe ratio (0.87 against 0.71 for buy-and-hold). For traditional and gold-containing portfolios the choice of strategy mattered little.

Direct Bitcoin trading costs are an order of magnitude higher than for equity and bond ETFs, although Bitcoin spot ETFs launched in 2024 narrow this gap. Main limitations of the study: the empirical part covers only Bitcoin, correlations are static rather than dynamic, data is USD-denominated, and the 2017 boom year skews average performance metrics. Useful future work would apply dynamic correlation models such as DCC-GARCH, extend the empirical sample to several cryptocurrencies and bring currency and downside risk into the comparison.

Keywords: cryptocurrency assets, Bitcoin, portfolio diversification, Sharpe ratio, volatility, transaction costs, risk-adjusted return.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Ilja Tšerepanov, annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Bitcoin'i lisamise mõju traditsioonilise investeerimisportfelli riski hajutamisele“, mille juhendaja on kaasprofessor Priit Sander, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Ilja Tšerepanov

14.05.2026