



**TURUN  
YLIOPISTO**  
Kauppakorkeakoulu

# Ilmastoriskit osakkeiden hinnoissa

Tekstianalyysi twiiteistä

Taloustieteen  
pro gradu -tutkielma

Laatija:  
Juho Vainio

Ohjaaja:  
Prof. Heikki Kauppi

1.6.2022  
Turku

Turun yliopiston laatujajestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

**Oppiaine:** Taloustiede

**Tekijä:** Juho Vainio

**Otsikko:** Ilmastoriskit osakkeiden hinnoissa

**Ohjaaja:** Prof. Heikki Kauppi

**Sivumäärä:** 72 sivua + liitteet 2 sivua

**Päivämäärä:** 14.5.2022

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, mitä riskejä ilmastonmuutokseen liittyy ja mitkä ovat niiden vaikutukset rahoitusmarkkinoilla. Tutkimus keskittyy osakemarkkoihin, sillä osakemarkkinoiden on huomattu reagoivan luottomarkkinoita nopeammin uuteen informaatioon. Kasvihuonepäästöjen vaikutuksesta ilmastonmuutokseen on akateemisessa keskustelussa vahva yhteisymmärrys. Myös siitä, että ilmastonmuutos on osaltaan ihmiskunnan aikaansaannos, on saavutettu akateemisessa kirjallisuudessa konsensus. Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin liittyy siitä huolimatta vielä epävarmuutta, joka heijastuu myös rahoitusmarkkinoihin.

Ilmastonmuutoksesta aiheutuvat riskit voidaan jaotella fyysisiin ja transitoriskeihin, sekä transitoriskit vielä pidemmän ja lyhyemmän aikavälin riskeihin. Muutoksia ilmastoriskeissä tutkitaan tarkastelemalla sosiaalisen median, Twitterin, julkaisuja. Tutkielmassa käytetään GSDMM-algoritmia, joka on ohjaamaton koneoppimismenetelmä. Sen avulla twiitit (Twitterin tekstipohjaiset julkaisut) saadaan jaoteltua erilaisiin ilmastoriskeihin. Lyhyen aikavälin transitoriskia kuvaavat twiitit liittyvät Yhdysvaltain ilmastopolitiikkaan, pidemmän aikavälin transitoriskia kuvaa puolestaan kansainväliset ilmastokokoukset ja pidemmän aikavälin fyysistä riskiä kuvaa twiitit, jotka liittyvät luonnossa havaittuihin muutoksiin ja luonnonkatastrofeihin. Lisäksi twiiteistä havaitaan aihe, joka kuvaa suoraan rahoitusmarkkinoille koituvia riskejä ilmastonmuutoksesta.

Havaittujen ilmastoriskien vaikutuksia Yhdysvaltain osakemarkkinoilla tarkastellaan portfolioihin jaon avulla ilmastoriski kerrallaan sekä yhdistämällä kaikki ilmastoriskit yhdeksi. Osakkeet jaotellaan portfolioihin ilmastoriskiherkkyysien mukaisesti. Ostetaan niitä osakkeita, joilla ilmastoriskiherkkyuden havaitaan olevan suurin ja myydään lyhyeksi niitä, joilla havaittu herkkyys on pienin. Menetelmän avulla havaitaan, että fyysisen ilmastoriskin avulla muodostettu spread-portfolio tuottaa useammassa tapauksissa tilastollisesti merkitsevää ylituottoa markkinatuottoon verrattuna.

Tulosten vahvistamiseksi toteutetaan vielä Fama-MacBeth-regressiot, jotka eivät kuitenkaan anna tukea sille, että fyysiset ilmastoriskit olisivat sisällytetty Yhdysvaltain osakemarkkinoilla. Mahdolliseksi selityksiksi heikolle tilastolliselle merkitsevyydelle voidaan argumentoida tekstidatan jaotteluun liittyvät ongelmat, osakedatan erilainen jaottelu regressiomalleissa sekä ilmastonmuutoksen itseensä liittyvä epävarmuus, joka heijastuu myös rahoitusmarkkinoihin.

**Avainsanat:** ilmastoriskit, osakemarkkinat, transitoriskit, fyysinen riski, Twitter, tekstidata-analyysi, CAPM, faktorimallit

# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Ilmatoriskit rahoitusmarkkinoilla</b>	<b>10</b>
	2.1 Fyysiset riskit	11
	2.2 Transitionriskit	14
	2.3 Ilmastonmuutoksen fyysiset ja transitionriskit arvonsa kadottavan varallisuuden aiheuttajana	17
<b>3</b>	<b>Osakkeet ja ilmatoriskit</b>	<b>20</b>
	3.1 Portfolioteoria ja sen laajennukset	20
	3.1.1 Portfolioteoria	21
	3.1.2 CAPM	22
	3.1.3 Faktorimallit	25
	3.1.4 Ilmatoriskien mittaaminen CAP-mallin laajennuksilla	26
	3.2 Aikaisemmat tutkimukset ilmatoriskeistä osakemarkkinoilla	29
	3.2.1 Hiilipreemio	29
	3.2.2 Ilmatoriskit osakkeiden tuotoissa	31
	3.2.3 Sijoittajien tietoisuus ilmatoriskeistä ja ilmastosentimentti	33
<b>4</b>	<b>Aineisto ja menetelmät</b>	<b>37</b>
	4.1 Tekstidata ja sen käsittely	38
	4.2 Aihemallit	39
	4.3 GSDMM-algoritmi	43
	4.4 Twiittien jaottelu aiheisiin	45
<b>5</b>	<b>Portfolioanalyysi ja Asset Pricing -mallien testaaminen</b>	<b>51</b>
	5.1 Riskitekijöiden korrelaatioanalyysi	51
	5.2 Spread-portfolioiden muodostaminen	52
	5.3 Asset Pricing -mallien testaaminen	53
	5.4 Portfolioiden ominaisuuksia	56
	5.4.1 E-luokitukset	56
	5.4.2 Fyysistä riskiä huomioimalla muodostettujen desiiliportfolioiden ominaisuuksia	58
	5.5 Fama-MacBeth-regressiot	60

<b>6 Johtopäätökset</b>	<b>64</b>
<b>Lähteet</b>	<b>68</b>
<b>Liitteet</b>	<b>76</b>
<b>Liite 1. Aiheiden sanat</b>	<b>76</b>
<b>Liite 2. Ote twiiteistä</b>	<b>77</b>

## **KUVIOT**

KUVA 1	TUOTTORISKI-MIELESSÄ TEHOKKAAN PORTFOLION VALINTA (MUKAILLEN FAMA & FRENCH 2004)	22
KUVA 2	GSDMM GRAAFISESTI ESITETTYNÄ (MUKAILLEN QIANG YM. 2022)	43
KUVA 3	TWIITTIEIN PAINOTETUT MÄÄRÄT	49

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1	TIETOJA TEKSTIFAKTOREISTA	47
TAULUKKO 2	RISKIFAKTOREIDEN KORRELAATIOMATRIISI	51
TAULUKKO 3	KUVAILEVAT TIEDOT KONTROLLIMUUTTUJISTA, RISKITTÖMÄSTÄ KOROSTA JA OSAKEDATASTA	52
TAULUKKO 4	ASSET PRICING -MALLIEN TESTAUSTULOKSET	54
TAULUKKO 5	DESIILIPORTFOLIOIDEN OMINAISUUKSIA ERI KONTROLLIMUUTTUJIN	58
TAULUKKO 6	FAMA & MACBETH REGRESSIOIDEN TULOKSET	62

# 1 Johdanto

Ilmastonmuutoksen tuomia riskejä on pyritty ottamaan huomioon rahoitusmarkkinoilla enenevässä määrin viime vuosina. Ilmastonmuutoksen vaikutusta rahoitusmarkkinoihin ja -vakauteen on tuotu esille yhä useammassa tutkimuksessa sekä merkittävien kansallisten ja ylikansallisten organisaatioiden lausunnoissa. Vielä 2010-luvun puoliväliin saakka rahoitussektorin tietoisuus ilmatoriskeistä on todettu olevan varsin alhaisella tasolla (Dietz ym. 2016), mutta viime vuosina tietoisuus on kasvanut muutamien merkittävien kannanottojen vuoksi, kuten Englannin keskuspankin pääjohtajan Mark Carneyn (2015) pitämän historiallisen puheen jälkeen. Hänen sanansa korostavat rahoitusmarkkinoiden roolia ilmastonmuutoksen torjunnassa: ”Ilmastonmuutos on tragedia horisontissa ja kun ilmastonmuutoksesta tulee ratkaiseva kysymys rahoitusvakaudelle, silloin voi olla jo liian myöhäistä.” Toisena merkittävänä ilmastotietoisuutta lisäävänä tapahtumana voidaan pitää Pariisin ilmastopöytäkirjan (2015) tavoitetta rajoittaa lämpötilan nousua huomattavasti alle 2 asteeseen esiteollisesta ajasta ja tavoitella lämpötilan rajoittamista jopa alle 1,5 asteeseen. GSIA:n (2020) raportin mukaan kestävien sijoitusten määrä ja osuus kaikista sijoituksista on ollut vahvassa kasvussa viimeisten viiden vuoden ajan. Vuonna 2018 kestävien sijoitusten osuus kaikista sijoituksista kasvoi 5,5 prosenttiyksikköä ja vuonna 2020 2,5 prosenttiyksikköä verrattuna edelliseen vuoteen. Lisäksi vuonna 2020 kaikista ammattimaisesti hoidetuista varoista 35,9 % oli kestäviä sijoituksia.

Ilmastonmuutos on ollut poliittisena keskustelunaiheena jo 1970-luvun alusta lähtien vaihtelevin äänenpainoin. Jokseenkin käännteentekevänä hetkenä voidaan pitää YK:n vuoden 1987 yleiskokousta, jossa esiteltiin kehikko (ks. Environmental Perspective to the Year 2000 and Beyond) ohjeistamaan sekä kansallisia toimia että ylikansallista yhteistoimintaa ympäristöllisten tavoitteiden saavuttamiseksi ja vakaan kehityksen mahdollistamiseksi. Tämä näkökulma toi ensimmäistä kertaa esille termin ”kestävä kehitys”. (UN Chronicle.) Ilmastotieteilijöiden kesken vallitsee ainakin 97 prosentin konsensus, että viimeisen vuosisadan ilmaston lämpeneminen on erittäin todennäköisesti ihmisen aiheuttamaa (Cook ym. 2016). Akateemisessa tutkimuksessa näyttää olevan yhteisymmärrys siitä, että ilmatoriskit voidaan jakaa fyysisiin ja transitorisikeihin. Ilmastonmuutoksen torjumisen vuoksi asetetut tavoitteet ja niiden toimeenpano, kuten aikaisemmin mainittu YK:n vuonna 1987 esitelty kehikko ja kansallisella tasolla

harjoitettu ilmastopolitiikka, ovat transitoriskejä. Ilmaston lämpenemisestä johtuva jäätiköiden sulaminen ja siten merenpinnan nousu, voidaan puolestaan nähdä fyysisinä ilmatoriskeinä.

Ilmastonmuutos vääjäämättä vaikuttaa rahoitusmarkkinoihin näiden edellä mainittujen riskien muodossa. On kuitenkin selvää, ettei ilmatoriskien laajuuden määrittely ja kohdistuminen rahoitusmarkkinoihin ole kovinkaan suoraviivaisesti mitattavia ilmastonmuutoksesta itsestään johtuvan epävarmuuden vuoksi. Tätä epävarmuutta ruokkii entisestään kansallisten ja ylikansallisten ilmastotavoitteiden ja -toimien huono ajoitus ja ennen kaikkea vaikea ennakoitavuus (Battiston ym. 2017). Ilmastonmuutoksen ja omaisuuserien hintojen suhdetta ja ilmatoriskiä on tutkittu useista eri näkökulmista. Görgen ym. (2017) tutkivat hiiliriskiä osakkeiden hinnoissa globaalilla tasolla tutkimalla ESG-luokitusten<sup>1</sup> vaikutusta osakkeiden tuottoihin. Benedetti ym. (2021) puolestaan tutkivat ilmastonmuutoksen investointiriskiä ja optimaalisen portfolion muodostamista siirtymässä vähähiilisempään talouteen. Näiden ja monien muiden tutkimusten mukaisesti sekä institutionaaliset että yksityissijoittajat eivät vielääkään hinnoitele ilmatoriskejä ja toisaalta sen tuomia mahdollisuuksia osakkeiden hinnoissa tarpeeksi (Krueger ym. 2020; Hong ym. 2019; Kumar ym. 2019).

Akateemisessa kirjallisuudessa on myös viime aikoina pyritty selvittämään sijoittajien mieltymyksiä ilmastonmuutosta kohtaan. Santi (2021) tutkii tämän niin kutsutun ilmastosentimentin vaikutusta osakkeiden tuottoihin sosiaalisen median julkaisuja hyödyntäen. Myös ilmastonmuutokseen liittyvien uutisten ja niiden määrän vaikutusta osakkeiden hintoihin on tutkittu (Faccini ym. 2021; Engle ym. 2020). Osassa näistä tutkimuksista on käsitelty ilmatoriskien luonnetta, toisin sanoen sitä, ovatko ilmastonmuutokseen liittyvät uutiset tai sosiaalisen median julkaisut liitoksissa ilmastonmuutoksen fyysisiin tai transitoriskeihin ja pitkän tai lyhyen aikavälin riskeihin.

Tämän opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat: Ovatko ilmatoriskit sisällytetty osakkeiden hintoihin? Mitä eri ilmatoriskejä Twitterin julkaisuista (myöhemmin twiitit) voidaan havaita? Miten nämä eri ilmatoriskit on huomioitu osakkeiden hinnoissa? Tutkimuskysymyksen ja osakysymysten yhteys on varsin merkittävä. Toisaalta halutaan tietää, ovatko ilmatoriskit ylipäättään sisällytetty hintoihin ja lisäksi, mitä nämä

---

<sup>1</sup> ESG on lyhenne sanoista Environment, Social and Governance. ESG-luokitukset ottavat huomioon ympäristölliset, sosiaaliset ja hallinnolliset näkökohdat yritysten vastuullisuutta mitattaessa.



ilmastoriskit ovat ja miksi juuri ne ovat sisällytetty osakkeiden hintoihin. Tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa sijoittajille uudenlaisia näkökulmia ilmastoriskien huomioimiseen ja niiden riskienhallintaan. Toiseksi näiden mahdollisesti suuriinkin osakemarkkinoiden hinnanmuutoksiin johtavien ilmastoriskien analysoinnin tarkoituksena on tuottaa niin kansallisille kuin ylikansallisillekin instituutioille ja markkinavalvojille parempi kuva ilmastoriskien ajureista ja siitä, millaiset vaikutukset ilmastopolitiikan oikea-aikaisella toimeenpanolla ja läpinäkyvällä viestinnällä on rahoitusmarkkinoiden vakauteen. Tutkimuksessa keskitytään osakemarkkinoihin, sillä ne reagoivat yleensä uuden tiedon julkistamisiin ja shokkeihin luottomarkkinoita nopeammin (Monasterolo & de Angelis 2020). Tämän opinnäytetyön merkittävänä uutuusarvona voidaan pitää sitä, että pyrkimyksenä on havaita erilaisia ilmastoriskejä nimenomaisesti twiiteistä ja tutkia niiden vaikutuksia osakkeiden hintoihin. Muilta osin tutkimukseni empiriaosio mukaillee pitkälti Faccinin ym. (2021) tutkimusta, jossa tekstidata on twiittien sijasta uutisdataa. Twiittien lyhyden takia hyödynnän tutkimuksessani GSDMM-algoritmia, joka on ohjaamattoman koneoppimisen malli lyhyiden tekstien ryhmittelemiseen.

Tutkimuksen etenee siten, että toisessa luvussa tarkastellaan aikaisemman kirjallisuuden pohjalta ilmastoriskejä ja niiden luonnetta sekä miten ne vaikuttavat rahoitusmarkkinoihin. Kolmannessa luvussa tarkastellaan ilmastoriskien huomioon ottamista sijoittamisessa, käydään läpi portfolioteoriaa ja CAPM-hinnoittelumallia sekä sitä, miten ilmastoriskit linkittyvät näihin teorioihin. Neljännessä luvussa siirrytään empiriaosuuteen. Ensiksi esitellään tekstidata-analyysissa käytetty tekstidata ja metodi, jolla tekstejä analysoidaan ja jaotellaan aiheisiin. Tämän jälkeen esitellään, miten ilmastoriskejä huomioiva osakeportfolio muodostetaan ja millaisia tuloksia Asset Pricing -mallien testaaminen tuottaa. Viidennessä luvussa kootaan yhteen teoriaosuuden ja empirian tulokset.

## 2 Ilmatoriskit rahoitusmarkkinoilla

Ilmastonmuutos on noussut keskeiseksi poliittiseksi ja taloudelliseksi aiheeksi etenkin vuoden 2015 Pariisin ilmastopimuksen myötä. Akateeminen keskustelu ilmastonmuutoksen luomista riskeistä ja niiden linkittymisestä rahoitusmarkkinoihin ja rahoitusvakauteen jäi vielä taka-alalle 2010-luvun puoliväliin asti, jonka jälkeen keskustelu on virinnyt verrattain vilkkaaksikin. Jossain määrin käännteentekevänä keskustelunherättäjänä voidaan nähdä Englannin keskuspankin pääjohtajan Mark Carneyn (2015) pitämä puhe ilmastonmuutoksesta ja rahoitusvakaudesta. Lisäksi IPCC:n (2014) raportin päähavainnot ovat varmastikin osaltaan vauhdittaneet ilmatoriskien huomiointia laajemmin myös rahoitusmarkkinoilla. Tämän raportin päähavainnot olivat:

- ilmastonmuutoksen voimakkuus ja muutoksen eteneminen ajassa
- viimeaikainen kiihtyvä ilmastonmuutos on suurelta osin ihmisen aiheuttamaa eikä luonnollisista syistä johtuvaa, kuten auringon tai tulivuorien aktiviteetin lisääntyminen
- potentiaalisten vaikutusten laajuus koko yhteiskunnalle
- käännekohtat, jotka todennäköisesti johtaisivat hallitsemattomiin muutoksiin ja voisivat tehdä ihmisten olemassaolosta mahdotonta tietyillä maapallon alueilla

IPCC:n (2022) kuudes arviointiraportti vahvisti entisestään viidennen raportin päähavainnot ja toi lisää muutamia huomioita muun muassa siitä, miten maapallon lämpötila tulee reagoimaan päästöjen lisääntymiseen, miten sään ääri-ilmiöt pystytään entistä paremmin linkittämään ihmisen aiheuttamaan ilmastonmuutokseen ja toisaalta, miten ilmasto reagoisi verrattain nopeasti hiilidioksidipäästöjen ja muiden kasvihuonekaasujen vähentämiseen. Pariisin ilmastopimuksen jälkeen on vallinnut merkittävä yhteisymmärrys niin akateemikkojen kuin suurelta osin myös päättäjien ja rahoitusinstituutioiden kesken rahoitusmarkkinoiden merkityksestä kestävä kehityksen polkuun, jonka avulla globaalien ilmastotavoitteiden saavuttamista voidaan vauhdittaa (EU High-level expert group 2018; Monasterolo & de Angelis 2020).

IPCC:n (2021) kuudes raportti toi esille, että hiilidioksidipäästöjen kaksinkertaistuminen esiteollisesta ajasta aiheuttaa uuden arvion mukaan 2,5–4 celsiusasteen nousun maapallon lämpötilassa. Vaikka aikaisempi akateemisiin tutkimuksiin perustuva arvio oli 1,5–4,5

astetta ja uusi arvio kaventaa arvioutua toteutumaväliä, on arvioissa vielä merkittävää vaihtelevuutta. Koska hiilidioksidipäästöjen vaikutusta ilmastoon ei pystytä arviomaan kovinkaan tarkasti, on selvää, että tämä aiheuttaa merkittävää epävarmuutta myös rahoitusmarkkinoilla.

Osakemarkkinoiden voidaan olettaa hinnoittelevan riskit melko tehokkaasti osakemarkkinoille, mutta sama ei päde epävarmuuteen, riskiin, jonka todennäköisyydet ovat varsin vaikeasti määriteltävissä. Ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja tapahtumatodennäköisyyksistä ei ole akateemisessa keskustelussa yhteisymmärrystä, ja sen lisäksi myös taloudelliset vaikutukset ovat jokseenkin tuntemattomia. (MSCI - ESG Research 2021.)

Ilmastonmuutoksen luomiin riskeihin liittyy siis merkittävää epävarmuutta. Battiston ja Monasterolo (2019) tuovat tutkimuksessaan esille, että tavanomaiset rahoituksen hinnoittelumallit ja ilmastoon liittyvä taloustiede pystyvät jossain määrin heikosti sisällyttämään ilmatoriskien ominaisuuksia näihin malleihin. Tämä johtuu siitä, että mallit ovat usein muodostettu tasapainoehdoin, nojaten keskiarvoisiin lukuihin sekä usein shokit mallinnetaan oletuksella täydellisestä informaatiosta.

Ilmastonmuutoksen fyysisiin ja transitoriskeihin liittyvä epävarmuus on toisistaan poikkeavaa, vaikkakin molempien riskien kohdalla epävarmuus on merkittävää. Transitoriskit ovat endogeenisiä, sillä ne ovat riippuvaisia päätöksistä, joita valtiot, yritykset ja kuluttajat eivät ole vielä tehneet. Transitoriskeissä voidaan nähdä kohtuullisen nopeitakin muutoksia suuntaan ja toiseen, kun taas fyysiset riskit liikkuvat pääasiassa yhteen suuntaan nopeammin tai hitaammin. (Maailmanpankki 2020.) Seuraavaksi esitellään fyysisiä ja transitoriskejä tarkemmin, jotta eroavaisuudet niiden välillä tulisivat selkeämmin esille.

## **2.1 Fyysiset riskit**

Ilmastonmuutoksen fyysisistä riskeistä eli keskilämpötilan noususta ja sitä kautta sään ääri-ilmiöiden lisääntymisestä johtuvien ongelmien todennäköisyys realisoitua kasvaa ilmakehään päästettyjen kasvihuonekaasujen lisääntyessä. Ilmastonmuutoksesta aiheutuvat fyysiset riskit ovat varsin moninaiset. Niitä ovat esimerkiksi lämpöaallot, kuivuus, tulvat, metsäpalot, vedenpinnan nousu ja myrskyt. (IPCC 2014.) Muutokset ovat kuitenkin verrattain hitaita ja siksi fyysisten riskien kohdalla puhutaankin usein

pidemmän aikavälin riskeistä (Diaz & Moore 2017; Battiston ym. 2017; Caldecott ym. 2016).

Ilmastonmuutoksesta aiheutuvat fyysiset riskit ovat myös varsin monimutkaisia ja niiden syy- ja seuraussuhteita on edelleen vaikea määrittää selkeästi. Fyysiset riskit voidaan erotella vielä suoriin ja epäsuoriin riskeihin. Suoriin fyysisiin riskeihin voidaan lukea esimerkiksi kiinteistöihin kohdistuneet riskit merenpinnan noususta ja rankkasateiden myötä lisääntyneistä tulvista, kuivuudesta aiheutuneet haasteet maanviljelylle sekä sään ääri-ilmiöiden myötä materiaalisten vahinkojen kasvaneet riskit. Epäsuoriksi fyysisiksi riskeiksi voidaan puolestaan lukea kaikki ne riskit, jotka eivät suoraan vaikuta yrityksen ydinliiketoimintaan, kuten häiriöt toimitusketjuissa tai resurssien niukkuuden lisääntyminen. (PRA 2015.) Esimerkiksi ruokatuotannossa toimivalle yritykselle ilmastonmuutoksen aiheuttama äärimmäinen kuivuus vaikuttaa suoraan yrityksen tuotantoon ja sen voittoihin, jolloin se on helppo nähdä yritykselle koituvana suorana fyysisenä riskinä. Toisena esimerkkinä voisi olla asuntomarkkinalla toimivalle yritys, joka omistaa merkittävän määrän kiinteistöjä rannikkoalueilta, joiden arvoon merenpinnan nousu vaikuttaa merkittävästi. Jako suorien ja epäsuorien riskien välille on jokseenkin monitulkintainen, mutta ainakin yksittäisinä esimerkkeinä epäsuorista fyysisistä riskeistä voidaan mainita riskit rahoituslaitoksille ja pääomasijoittajille, jotka rahoittavat liiketoimintaa, johon kohdistuu suoraa fyysisiä ilmatoriskejä, kuten edellä mainitut ruoantuottajat sekä kiinteistösijoitusyritykset. Näissä tapauksissa ilmaston fyysiset riskit eivät kohdistu suoraan rahoitusta tarjoaville yrityksille sinänsä, mutta välillisesti sijoituskohteiden liiketoiminnalle kohdistuneiden ilmatoriskien kautta.

Baldauf ym. (2020) selvittävät tutkimuksessaan amerikkalaisten ilmastonmuutokseen liittyvien uskomusten vaikutusta asuntojen hintoihin. Heidän tulosten mukaan eroavaisuudet ihmisten uskomuksissa ovat hinnoiteltu asuntojen hintoihin. Ilmastonmuutoksen kieltävillä asuinalueilla asunnot maksavat noin 7 % enemmän kuin alueilla, joissa uskotaan ilmastonmuutokseen. Tutkimuksesta ei kuitenkaan selviä, ylireagoivatko ilmastonmuutokseen uskovat asuntojen pitkän aikavälin riskeihin vai alireagoivatko ne, jotka eivät usko ilmastonmuutokseen. Heidän tutkimuksensa ei myöskään toisaalta erottele epävarmuuden lähteitä eli sitä, johtuuko epävarmuus suoraan ilmastonmuutoksen luomista fyysisistä riskeistä vai transitorisikeistä. Bernstein ym. (2019) puolestaan tutkivat merenpinnan nousun vaikutusta asuinkiinteistöjen hintoihin

Yhdysvalloissa. Heidän tulostensa mukaan merenpinnan nousun riskialueella sijaitsevat asunnot maksavat noin 7 % vähemmän kuin kauempana rannikosta sijaitsevat asunnot.

Hong ym. (2018) tutkivat sitä, miten ilmaston lämpeneminen lisää riskiä äärimmäisen kuiville ajanjaksoille ja mitkä ovat sen vaikutukset ruoantuotannossa toimiviin yrityksiin. He tutkivat, onko ruoantuotantoon liittyvien yritysten osakkeiden hintoihin sisällytetty nämä riskit vai ei. Tutkimus tukee aikaisempia akateemisia tuloksia siitä, että suurimmassa osassa maista kasvaneet riskit kuivuudesta ovat negatiivisia yritysten liiketoiminnalle. Tutkimuksessa muodostetaan portfolio ruokasektorin yrityksistä: ostetaan yritysten osakkeita niistä maista, joissa kuivuus on kyseisellä hetkellä vakavaa ja myydään lyhyeksi yritysten osakkeita maissa, joissa kuivuus on vähemmän vakavaa. Vaikka kuivuus onkin ilmastotieteilijöiden mukaan yksi merkittävimmistä ilmastonmuutoksen aiheuttamista riskeistä, Hong ym. (2018) mukaan vaikuttaa siltä, ettei sitä ole sisällytetty tehokkaasti osakkeiden hintoihin.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat varsin moninaiset ja epävarmat. Etenkin taloudellisten vaikutusten arviointi saattaa olla erittäin haastavaa. Maailmanpankin (2020) mukaan ilmastonmuutos saattaa aiheuttaa kuivuutta, joka esimerkiksi vähentää tuottajan saamaa satoa viljeltävästä kasvista, mutta koska ruoalla on sen luonteensa takia varsin alhainen joustavuus kulutuksen suhteen, hinnat nousevat nopeasti. Itse ruoantuottajat eivät siis välttämättä kärsi kuivuuden vaikutuksista, sillä he pystyvät siirtämään nousseet tuotantokustannukset kuluttajahintoihin. Koska kuitenkin tiedetään, että hintojen noustessa kuluttajat saattavat vaihtaa kuluttamaan jotain tämän reilusti kallistuneen tuotteen substituuttia, taloudelliset vaikutukset ovat tätä esimerkkiä huomattavasti monimutkaisemmat.

Fyysisten riskien realisointimodennäköisyyksien mittaaminen on luonnollisesti ensiarvoisen tärkeää myös vakuutusyhtiöiden liiketoiminnan riskienvalvonnassa, ja vakuutusyhtiöiden kattavien riskianalyyysien pohjalta voidaan osaltaan koittaa ymmärtää ilmatoriskien vaikutuksia. Englannin keskuspankkiin kuuluvan markkinavalvojan mukaan (PRA 2015) suurimmat suorat ilmastonmuutoksen fyysiset riskit kohdistuvat vakuutusyhtiöihin kiinteistö-, merenkulku-, ilmaliikenne ja kuljetussektorin kohonneiden vahinkomodennäköisyyksien kautta. Kokonaisuudessaan säähän liittyvien

luonnonkatastrofien<sup>2</sup> aiheuttamien tappioiden inflaatiokorjattu suuruus oli karkeasti arvioituna nelinkertaistunut viimeisen 30 vuoden aikana vuoteen 2014 mennessä, vuotuisten tappioiden ollessa 2010–2014 välisenä aikana keskimäärin noin 140 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Vaikka aiheutuneiden vahinkojen tekijät ovat kompleksisia ja on siten vaikeaa määritellä, kuinka paljon johtuu mistäkin tekijästä, ilmastonmuutoksen vaikutusten on yleisesti havaittu vahvistuneen (PRA 2015).

## 2.2 Transitionoriskit

Ilmastonmuutoksen transitionoriskeilla tarkoitetaan niitä riskejä, jotka koituvat ilmastonmuutoksen torjumiseen käytettävistä toimenpiteistä sekä ilmastopolitiikan viestimisestä. Transitionoriskejä luovat esimerkiksi uusiutumattomalle energialle asetut verot, päästökaupparamarkkinat, tuet vihreälle siirtymälle ja puhtaan teknologian alenevat kustannukset sekä tukien että myös suoranaisesti teknologian kehittymisen myötä. Lisäksi myös kehittyvät sosiaaliset normit ja yksinkertaisesti kestävämpi kulutuskäyttäytyminen luovat osaltaan transitionoriskejä. (Caldecott 2016.)

Transitionoriskien realisoitumisen voidaan myös nähdä riippuvan huomattavalta määrin siitä, miten ja millä aikataululla tulevista ilmastotoimista viestitään sekä toisaalta myös siitä, miten hyvin yritykset valmistautuvat näiden riskien realisoitumiseen (Battiston ym. 2017). Transitionoriskit voidaan jaotella myös lyhyemmän ja pidemmän aikavälin transitionoriskeihin (Faccini ym. 2021). Esimerkkinä ensimmäisestä voidaan pitää kansallista ilmastopolitiikkaa, ja jälkimmäisestä puolestaan kansainvälistä ilmastopolitiikkaa, jossa yhteisen mielipiteen muodostaminen vie huomattavasti pidemmän aikaa luoden näin epävarmuutta päätösten läpisaamisesta. Transitionoriskit voidaan nähdä niin negatiivisina kuin positiivisinakin riippuen siitä, millaisen toimijan näkökulmasta asiaa tarkastellaan. Talouden sektoriin, jossa tuotanto perustuu suurelta osin fossiilisten energianlähteiden hyödyntämiseen, transitionoriskien kasvu on huomattavasti negatiivisempi verrattuna sektoriin, jonka hiilidioksidipäästöt ovat jo valmiiksi alhaiset. Asiaa voidaan myös ajatella toisesta näkökulmasta: kestävän kehityksen yritykselle, joka on valmistautunut haalimaan itselleen suuremman osan

---

<sup>2</sup> Säähän liittyvällä luonnonkatastrofilla tarkoitetaan tapahtumaa, jossa realisoiuu selviä taloudellisia tappioita omaisuuden vahingoittumisesta ja/tai ihmishenkien menetyksiä. Ne voidaan jaotella geofyysisiin (maanjäristykset, tsunamit, tulivuorenpurkaukset ym.), meteorologisiin (esim. trooppiset myrskyt), hydrologisiin (tulvat, maavyörymät ym.) ja klimatologisiin (äärimmäiset lämpötilat, kuivuudet, metsäpalot ym.) vahinkotapahtumiin.

markkinasta vihreän siirtymän myötätulessa, voi yhtäkkinen suunnan muutos löysempään ilmastopolitiikkaan olla varsin negatiivinen riskiajuri.

Hiili-intensiivisellä yrityksellä tarkoitetaan toimijaa, jonka liiketoiminnasta muodostuu merkittävä määrä hiilidioksidipäästöjä. Hiili-intensiivisiä yrityksiä ovat esimerkiksi monet fossiilisia energianlähteitä käyttävät energiayhtiöt sekä raskaan teollisuuden alalla toimivat yritykset. Suora päätelmä, että yrityksen korkea hiilijalanjälki aiheuttaa sille suuren taloudellisen riskin, ontuu kuitenkin kahdesta syystä. Ensinnäkin yrityksen hiilijalanjälki pohjautuu sen hetkiseen informaatioon päästöistä, kun taas osakkeen hinta perustuu tulevaisuuden taloudellisiin mahdollisuuksiin ja kassavirtojen suuruuteen. Toiseksi yrityksen hiilijalanjälki on yhteydessä sen kasvaneisiin kuluihin, jotka johtuvat kansallisista tai ylikansallisista toimista ilmastomuutoksen torjumiseksi, kuten esimerkiksi fossiilille polttoaineille asetetuista haittaveroista. Tämä ei kuitenkaan suoraan kerro, etteikö yrityksellä voisi olla vahvan hinnoitteluaseman kautta mahdollisuutta vyöryttää kustannuksia sen asiakkaille. Hinnoitteluvoiman on kuitenkin yleisesti havaittu olevan heikoimmillaan seuraavilla sektoreilla: energia, harkinnanvarainen kulutus (utilities) ja materiaalit. (Benedetti 2021.) Toisin sanoen siis juuri niillä sektoreilla, joiden pitäisi oman tuloksetekokykynsä säilyttämiseksi pystyä vyöryttämään kohonneet kustannukset tuotteidensa hintoihin, ei tosiasiallisesti ole heikon hinnoitteluvoiman takia mahdollisuutta tehdä sitä. Vastaavasti hinnoitteluvoiman voidaan nähdä alati heikkenevän edellä mainittujen sektoreiden hiili-intensiivisimmissä yhtiöissä, sillä uusiutuvan energian tuotannon ja puhtaan teknologian kustannukset ovat alentuneet merkittävästi ja kehityksen voidaan olettaa jatkuvan edelleen (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016; Caldecott ym. 2016). Hiili-intensiiviset yhtiöt joutuvat siis kohonneiden kustannustensa lisäksi ”puhtaampien” kilpailijoidensa paremman hinnoitteluvoiman ansiosta varsin epäsuotuisaan asemaan.

Hiiliveron asettaminen hiilidioksidipäästöille tai päästökauppamarkkinan kiristäminen ovat selviä suoria transitoriskejä hiili-intensiivisille yrityksille vaikuttaen merkittävästi näiden yritysten kannattavuuteen. Koska suuret institutionaaliset toimijat ja pankit ovat sijoitustensa ja luotonantonsa takia kiinteässä yhteydessä merkittävään osaan hiili-intensiivisiä yhtiöitä, voivat transitoriskin vaikutukset olla hiili-intensiivisiä yrityksiä ja rahoittajia laajemmat. Carattini ym. (2021) perustelevat tätä seuraavasti: hiilivero pienentää hiili-intensiivisten omaisuuserien markkina-arvoja ja koska rahoituslaitokset ovat altistuneita suurelle määrälle näitä omaisuuseriä, ne kokevat merkittäviä tappioita ja

joutuvat siten vähentämään lainaamistaan sekä hiili-intensiivisille että myös vihreämmille toimijoille.

Päästökaupparakkinan kiristämisellä on samankaltainen vaikutus hiili-intensiivisille yrityksille. Päästökaupparakkinana kiristyy siten, että sääntelijä (esim. EU) vähentää kierrossa olevien päästöoikeuksien määrää, joka taas vaikuttaa sallittavien kokonaispäästöjen määrään ja täten päästöoikeuden hintaan sekä lopulta päästöjä tuottavan yrityksen kustannuksiin. Päästömarkkinoita on käytössä EU:n päästömarkkinan lisäksi kansallisesti sekä aluekohtaisesti kansallisella tasolla (IEA 2020). EU:n päästömarkkinana kattaa noin 40 % sen kaikista päästöistä. Se toimii edellä mainitulla tavalla, jossa tehdään vuosittain vähennyksiä kierrossa olevaan päästöoikeuksien määrään. Päästöoikeuden hinta muodostuu markkinaehtoisesti, kun päästöjä tuottavat yritykset joutuvat jokaista hiilidioksiditonnia kohden ostamaan yhden päästöoikeuden. Vuonna 2019 EU:n päästökaupparakanismissa otettiin käyttöön markkinavakauseraranto, jonka tarkoituksena on ollut nostaa ja vakauttaa päästöoikeuden hintaa sekä tuoda läpinäkyvyyttä ja ennakoitavuutta päästömarkkinan toimintaan. Se toimii automaattisena vakauttajana. Kun päästöoikeuksien ylitarjonta on liian suurta, markkinavakauseraranto vähentää automaattisesti päästöoikeuksien määrää ennalta määritellyllä osuudella kokonaistarjonnasta. Vastaavasti, jos päästöoikeuksista on ylikysyntää, niin markkinavakauseraranto lisää päästöoikeuksia varannosta markkinalle tasapainottaen kysynnän ja tarjonnan suhdetta ja täten myös hintaa. Tähän mennessä markkinavakauseraranto on onnistunut sille määritellyissä tavoitteissaan. (EU ETS.) Kiinassa otettiin tänä kesänä käyttöön vielä EU:n markkinana suurempi päästökaupparakkinana, joka kattaa tällä hetkellä myös noin 40 % Kiinan kaikista hiilidioksidipäästöistä. Kiinan päästömarkkinana on kuitenkin vielä varsin tehoton, sillä päästöoikeuden hinta on liian alhainen merkittävien päästövähennysten saavuttamiseksi. (Refinitiv 2021.)

Ilmastotoimien, kuten päästökaupan, hiiliverojen ja vihreänsiirtymän tukien implementointi on yksi ilmastomuutoksen torjumisen kriittisimmistä toimenpiteistä sekä ajoituksen että markkinoille muodostuvien odotusten näkökulmasta. Voimakkuus, millä markkinat reagoivat ilmastotoimiin riippuu siitä, kuinka hyvin markkinat pystyvät ennakoimaan tulevia toimenpidejulkistuksia ja niiden signalointia. Jos ilmastotoimista pystytään viestimään ajoissa sekä uskottavasti ja johdonmukaisesti, markkinat pystyvät hinnoittelemaan riskit asteittain ja tällöin vältytään äkillisiltä hinnan muutoksilta



omaisuuserissä. Jos taas ilmastotoimien toimeenpano tapahtuu liian myöhään, on epävarmaa tai liian yhtäkkistä, markkinoiden mahdollisuus ennakoida julkistettavia toimenpiteitä oikein heikkenee merkittävästi. Tällöin varsin äkillisetkin romahdukset omaisuuserien hinnoissa ovat todennäköisempiä. Lisäksi finanssisektorin suuret suorat ja epäsuorat altistumiset ilmastonmuutossensitiivisille omaisuuserille ja sektoreille kasvattavat systeemiriskiä. Tämä tapahtuu, kun uusiutumattomiin luonnonvaroihin toimintansa perustavien yhtiöiden osakkeiden sekä uusiutumattomien energialähteiden hinnat laskevat rajusti, eivätkä uusiutuviin perustuvat sijoitukset vastaavasti ehdi reagoimaan yhtä nopeasti kompensoidakseen tappioita. Tällöin shokin leviäminen laajemmin finanssisektorille on entistä todennäköisempää. (Battiston ym. 2017.)

Ilmastonmuutoksesta koituvat riskit kumuloituvat entistä suuremmiksi, jos niitä ei ole hinnoiteltu osakemarkkinoilla. Päätöksentekijöiden tulisi tässä tilanteessa edesauttaa ilmatoriskien hinnoittelussa omaisuuserien hintoihin ilmastopoliittisten päätösten kautta, kuten veropolitiikan, päästörajoitteiden ja päästökauppaan liittyvien vihreää siirtymää kannustavien toimenpiteiden kautta. (Faccini ym. 2021.)

### **2.3 Ilmastonmuutoksen fyysiset ja transitoriskit arvonsa kadottavan varallisuuden aiheuttajana**

Caldecottin ym. (2013) tutkimus arvonsa kadottavasta varallisuudesta maataloudessa on akateemisen kirjallisuuden ensimmäisiä julkaisuja, jossa termille ”stranded assets” annetaan tarkempi määritelmä. Arvonsa kadottavalla varallisuudella (stranded assets) tarkoitetaan ympäristön näkökulmasta kestämatöntä varallisuutta, joka tulee todennäköisesti kokemaan odottamattoman ja ennenaikaisen arvonalentumisen, menettämään arvonsa kokonaan tai jopa kokemaan muutoksen varallisuudesta vastuuksi. Tällainen odottamaton arvonalentuminen (asset stranding) joissain varallisuuserissä on mahdollista erilaisten ympäristöön liittyvien riskien realisoituessa tai niiden todennäköisyyksien kasvaessa merkittävästi. Varallisuus saattaa kadottaa arvonsa fyysisten ja transitoriskien sekä myös lisääntyneen sosiaalisen ilmastotietoisuuden myötä. Caldecottin ym. (2013) tutkimuksessa pureudutaan siihen, mitkä ovat tärkeimmät maataloutta koskevat ympäristöön liittyvät riskit ja miten ne saattavat aiheuttaa yhtäkkisiä arvon menetyksiä varallisuudessa. Lisäksi tutkimuksessa etsitään vastauksia siihen, miten alttiita erilaiset pääomaerät ovat arvonalentumiselle.

Caldecott ym. (2016) luettelevat ympäristöön liittyvät riskit, jotka voivat aiheuttaa odottamatonta varallisuuden arvonalentumista:

- Ympäristölliset haasteet, kuten ilmastonmuutos
- Muuttuvat resurssien suhteet, kuten liuskekaasun runsaus ja fosfaatin niukkuus
- Uudet valtionhallinnon luomat sääntelyt, kuten hiilidioksidinpäästöjen hinnoittelu
- Alentuvat vihreän teknologian tuotantokustannukset, kuten uudet aurinkopaneeliteknologiat ja sähköautot
- Kehittyvät sosiaaliset normit ja kestävämpi kulutuskäyttäytyminen

Suurin osa näistä riskeistä ja mahdollisuuksista juontaa juurensa ilmastonmuutoksesta tai siitä, miten sitä pyritään ehkäisemään ilmastopolitiikan keinoin. Arvonsa kadottavista varallisuuseristä, kuten fossiilisista polttoaineista, koituu riskiä niin yksittäisille yrityksille, sijoittajille kuin laajemmin koko rahoitusmarkkinoille. Arvonsa kadottavan varallisuuden riskit kohdistuvat luonnollisesti eniten niihin sektoreihin, jossa kasvihuonepäästöjä syntyy eniten. IPCC:n (2014) mukaan hiilidioksidiekvivalenttitonneilla<sup>3</sup> mitattuna saastuttavimmat sektorit ovat energian tuotanto, liikenne ja teollisuus. Kivihiilen osuus globaalista energiantuotannosta oli vuonna 2019 noin 27 %, öljyn 31 % ja maakaasun 23 %. Kivihiili tuottaa energianlähteenä kaikista eniten hiilidioksidipäästöjä. (IEA 2021.) Suurin osa maailman kivihiilivoimaloista on vanhoja ja tuottavat noin 75 % enemmän hiilidioksidipäästöjä sekä käyttävät noin 67 % enemmän vettä energiantuotannossaan kuin uusimmat voimalat (Caldecott ym. 2016). Uusiutumattomilla energianlähteillä on siis edelleen suuri osuus koko maailman energiantuotannosta. Edellä mainituista kivihiilen ollessa saastuttavin energian lähde, kohdistuu siihen luonnollisesti suurin riski ilmastonmuutoksen torjumiseen pyrkivän regulaation takia. Tehotonta hiilivoimaa tuottavat yhtiöt altistuvat hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen johtavan sääntelyn ohella myös korkean veden käytön sekä ilmansaasteiden takia vastaaville regulaatorisueille (Caldecott ym. 2016).

Yhtäkkiset yrityksen arvonalentumiset esimerkiksi uusiutumattoman energiantuottajan kohdalla ovat todennäköisiä vain silloin, kun yritykseen kohdistuvia odotuksia ei ole

---

<sup>3</sup> Hiilidioksidiekvivalentti tarkoittaa mittaa, jossa kaikki tuotetut kasvihuonepäästöt muutetaan yhteismitallisiksi hiilidioksidipäästöjen kanssa niiden ilmastoa lämmittävän potentiaalin mukaisesti.

huomioitu osakkeen hinnassa näiden arvonsa menettävien varallisuuserien luoman riskin mukaisesti. Yhtäkkiset muutokset ilmastopolitiikassa tai sen odotuksissa voivat johtaa merkittäviin osakkeiden arvonalentumisiin hiili-intensiivisissä yhtiöissä. Lisäksi energiayhtiöiden suuruus ja vahva linkittyminen muuhun talouteen, saattaa suurten arvonalentumisten tilanteessa johtaa siihen, että päättäjät näkevät yhtiön ”liian suureksi kaatumaan”. Joissain tapauksissa voi olla, että sijoittajat ovat jo hinnoitelleet kompensoivat ilmastotoimet yhtiöiden hintoihin ja siksi päättäjillä on entistä suurempi kannustin toteuttaa kompensoinnit. Jos kompensointeja ei toteutettaisi, johtaisi se sijoittajien vastakkaisten odotusten tapauksessa merkittäviin arvonalentumisiin kyseisten yhtiöiden osakkeiden hinnoissa. Selkeät signaalit ilmastopolitiikan toimeenpanosta ovat erityisen tärkeitä suurien makroshokkien välttämiseksi. (Sen & von Schickfus 2020.) Kyse ei rahoitusmarkkinoiden näkökulmasta ole niinkään kompensoivien toimien toteuttamisesta, joka on täysin poliittinen päätös, vaan ennemminkin ilmastopolitiikan läpinäkyvyydestä ja sen koherentista ja oikea-aikaisesta viestinnästä. Ilmastonmuutoksen luomien sekä fyysisten että transitoriskien tunnistaminen ja niiden vaikutusten analysointi arvonsa kadottaviin varallisuuseriin, ovat varsin keskeisiä toimenpiteitä niin osake- kuin korkosijoittajille.

### 3 Osakkeet ja ilmatoriskit

Edellisessä luvussa esitettyjen riskien valossa on jokseenkin luontevaa argumentoida, että lisääntyneet ilmastonmuutokseen liittyvät uutiset ja keskustelun kiihtyminen ilmastonmuutoksen ympärillä kuvastaisivat kasvaneita ilmatoriskejä ja että näillä olisi jonkinlaista vaikutusta osakkeiden hintoihin. Voisi olettaa, että mitä enemmän ilmatoriskeistä puhutaan, sitä enemmän sijoituksia muokataan vastaamaan näihin riskeihin. Saattaa kuitenkin edelleen olla niin, ettei ilmatoriskejä ole huomioitu osakkeiden hinnoissa tarpeeksi tehokkaasti niin kuin tullaan näkemään tässä luvussa esitettyjen tutkimusten tukemana. Syinä tähän on mainittu sijoitushorisonttien lyhyys verrattuna pitkän aikavälin ilmatoriskeihin, sosiaalisten ja ympäristöllisten ulkoisvaikutusten riittämätön huomiointi, ilmatoriskien vaikea mitattavuus ja täten mahdollisesti niiden puutteellinen esilletuonti (Maailmanpankki 2020).

Perinteinen media ja enenevässä määrin nykyään myös sosiaalinen media toimivat merkittävinä uutistiedon välittäjinä. Jos sijoittajien tietoisuus ilmatoriskeistä ei ole riittävä, ilmatoriskit otetaan todennäköisesti huomioon rahoitusmarkkinoilla kokonaisuudessaan heikosti. Tällöin voidaan olettaa, että ilmastonmuutokseen liittyvien uutisten sekä sosiaalisen median julkaisujen määrät kuvastaisivat ainakin jonkinlaista muutosta myös ilmatoriskien huomioinnissa ja lopulta osakkeiden hinnoissa. Tässä luvussa on tarkoitus perehtyä sijoittajien näkemyksiin ilmatoriskeistä ja siihen, miten näitä riskejä mitataan portfolioteorian ja CAP-mallin laajennusten avulla. Lisäksi käydään läpi sijoittajien ilmastotietoisuuden ja -sentimentin vaikutusta osakemarkkinoihin aikaisempaan kirjallisuuteen nojautuen.

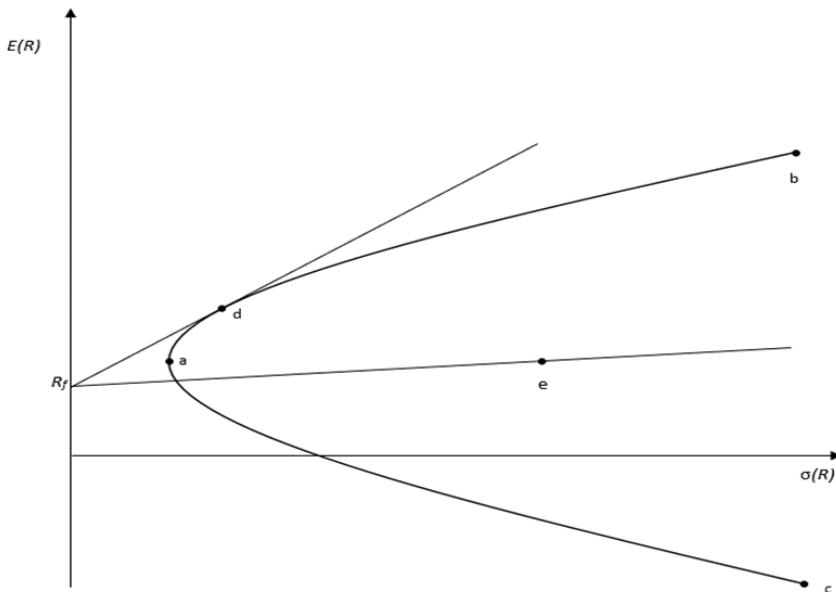
#### 3.1 Portfolioteoria ja sen laajennukset

Portfolioteorian ja Capital Asset Pricing -mallin (CAPM) kuvaaminen on perusteltua tässä vaiheessa tutkimusta, sillä myöhempi empiirinen osuus vaatii näihin liittyvän teorian ja käsitteistön ymmärtämistä. Tässä alaluvussa on tarkoitus esitellä edellä mainitut keskeiset teoriat sekä myöhemmät laajennukset, joissa myös ilmatoriskit otetaan huomioon portfolion valinnassa.

### 3.1.1 Portfolioteoria

Portfolioteoria lähti muovautumaan Harry Markowitzin (1959) mallista portfolion valinnalle. Tässä mallissa riskiä kaihtava sijoittaja valitsee hetkellä  $t-1$  portfolion, joka koostuu instrumenteista, esimerkiksi osakkeista. Hetkellä  $t$  sijoittaja saa stokastisen tuoton. Riskinkaihtavuuden lisäksi portfolion instrumentteja valitessaan sijoittajan oletetaan olevan kiinnostunut ainoastaan portfolion tuoton keskiarvosta ja varianssista. Sijoittaja haluaa maksimoida tuoton samalla kuitenkin minimoiden varianssin, eli toisin sanoen sijoittaja valitsee tuotto-riski-suhteessa tehokkaan portfolion. Valotetaan asiaa toisella tapaa: jos sijoittajalla on mahdollisuus sijoittaa kahteen odotetulta tuotoltaan samanlaiseen portfolioon, riskiä karttava sijoittaja valitsee sen, jossa varianssi on pienempi. Jos taas sijoittajalla on valittavanaan kaksi portfolioita, joilla on sama varianssi, niin sijoittaja valitsee portfolion, jossa on korkeampi tuotto. (Fama & French 2004.)

Kuvassa 1 on horisontaalisella akselilla tuoton keskihajonta ja vertikaalisella odotettu tuotto. Lähtökohtaisesti markkinalla tuotto ja riski kulkevat käsikädessä, toisin sanoen korkeamman riskin kantamisesta palkitaan korkeammalla odotetulla tuotolla, ainakin pidemmällä aikavälillä. Tätä korkeampaa odotettua tuottoa kutsutaan riskipreemioksi. Ajatellaan, että pisteiden  $a$ ,  $b$  ja  $c$  muodostaman käyrän sisällä sijaitsee kaikki mahdolliset sijoitusinstrumentit. Jokaisella odotetun tuoton tasolla on tällöin mahdollista saavuttaa pienin mahdollinen riski (keskihajonnalla mitattuna) koostamalla portfolio olemassa olevista instrumenteista. Nämä portfolioit antavat pisteiden  $a$ ,  $b$  ja  $c$  muodostaman käyrän. Käyrällä olevat portfolioit ovat niitä, jotka riskiä kaihtava sijoittaja valitsisi annettuna odotetun tuoton taso tai vastaavasti annettuna riskitaso. Tällöin, koska pisteiden  $a$  ja  $c$  välille muodostuneiden portfolioiden vastineeksi on saatavissa huomattavasti korkeampaa tuottoa samalla riskitasolla pisteiden  $a$  ja  $b$  välillä, ei sijoittaja valitse milloinkaan portfolioita pisteiden  $a$  ja  $c$  väliltä. Tästä johtuen pisteiden  $a$  ja  $b$  välistä osaa käyrästä kutsutaan tehokkaaksi rintamaksi (Fama & French 2004). Kuvasta 1 selviää myös, että piste  $a$  on kaikista olemassa olevista portfolioista vähäriskisin ja siten sitä kutsutaan minimivarianssiportfolioiksi.



Kuva 1 Tuottoriski-mielessä tehokkaan portfolion valinta (mukaillen Fama & French 2004)

Kuvaan 1 on merkitty vertikaaliselle akselille riskitön korko ja siitä on piirretty kaksi suoraa kulkemaan pisteiden  $d$  ja  $e$  läpi. Nämä suorat kuvaavat sijoittajan pääoman jakautumista kyseisen portfolion ja riskittömän koron välille. Kun sijoittaja valitsee pisteen vertikaalisella akselilla, tällöin tuotto on riskitön korko. Sijoittajan siirtyessä suoraa pitkin, esimerkiksi tehotonta pistettä  $e$  kohti, osa pääomasta sijoitetaan portfolioon  $e$  ja osa riskittömään korkoon. Pisteessä  $e$  koko pääoma sijoitetaan kyseiseen portfolioon. Jos riskittömällä korolla lainaaminen on mahdollista, tällöin pisteistä  $d$  ja  $e$  oikealle siirtyminen vaatii, että sijoittaja ottaa lainaa ja sijoittaa saamansa varat riskilliseen portfolioon. Portfolio  $d$  on selvästi riskittömän koron tasosta piirretty tehokkaan rintaman tangentti. Tämä portfolio  $d$  on optimaalisin portfolio, koska sillä on kaikista suurin tuotto/riski-suhde (Sharpe ratio).

### 3.1.2 CAPM

Markowitzin portfolioteorian pohjalta kehittyi CAP-malli Treynorin (1962), Sharpen (1964), Lintnerin (1965) ja Mossin (1966) tutkimusten perusteella. Sharpe (1964) ja Lintner (1965) lisäsivät Markowitzin malliin seuraavat oletukset: jokaisella sijoittajalla on samanlainen näkemys tuottojen jakaumasta ja lainaaminen on mahdollista riskittömällä korolla.<sup>4</sup> Riskitöntä korkoa pidetään ainoana tuottona, johon ei liity

<sup>4</sup> Ks. Andre Perold (2004)

minkäänlaista epävarmuutta. Toisin sanoen tuotto, jonka sijoittaja tulee saamaan hetkellä  $t$  hänen sijoittaessaan varansa riskittömään korkoon, on sijoittajan tiedossa jo hetkellä  $t-1$ . Usein reaali maailmaa kuvaaviin empiirisiin kokeisiin valitaan riskittömäksi koroksi valtion velkakirjojen tuotto (Binsbergen ym. 2021) ja usein riskittömimpänä näistä pidetään lyhyen maturiteetin Yhdysvaltojen velkakirjojen tuottoa. Tämä perustuu Yhdysvaltojen talouden historiallisen hyvään kehitykseen ja vakauteen sekä merkittävään rooliin maailmantaloudessa.

Sharpen (1964) ja Lintnerin (1965) oletusten avulla muovautui nykyään yleisesti käytetty CAP-malli,

$$E(R_i) = R_f + [E(R_m) - R_f]\beta_{im}, \quad (1)$$

jossa  $E(R_i)$  on instrumentin  $i$  odotettu tuotto,  $R_f$  on riskitön korko,  $E(R_m)$  on markkinan odotettu tuotto ja  $\beta_{im}$  on instrumentin  $i$  markkinariski,

$$\beta_{im} = \frac{\text{cov}(R_i, R_m)}{\sigma^2(R_m)}, \quad (2)$$

jossa osoittajassa on instrumentin  $i$  tuoton ja markkinatuoton kovarianssi ja nimittäjässä on kaikkien markkinoilla olevien instrumenttien tuottojen kovarianssien keskiarvo, joka on täten markkinatuoton varianssi.  $\beta_{im}$  (myöhemmin beta) voidaan näin myös tulkita instrumentin  $i$  herkkyydeksi riskille, CAPM tapauksessa markkinariskille. Yhtälön 1 oikean puolen toinen termi on instrumentin  $i$  riskipremio, joka muodostuu markkinapremion ja instrumenttikohtaisen betan kertomana. (Fama & French 2004.) Jos beta on 0, tällöin instrumentin  $i$  tuotto ei riipu ollenkaan markkinan tuotosta, jos taas beta on 1, niin instrumentin odotettu tuotto on täysin markkinatuottoa<sup>5</sup> vastaava. Esimerkiksi, jos instrumentin  $i$  beta on 1,5; tällöin markkinan tuottaessa 2 % instrumentti tuottaa 1,5-kertaisesti eli 3 %. Instrumentilla voi myös olla negatiivinen beta, jos sen tuotto korreloi negatiivisesti markkinatuoton kanssa, joskin tämä on varsin harvinaista. Lisäksi yhtälöä 1 tarkastelemalla huomataan, että odotetun tuoton pitäisi kehittyä lineaarisesti suhteessa betaan.

---

<sup>5</sup> Markkinatuotolla tarkoitetaan mahdollisimman laajasta määrästä listattujen yritysten osakkeita muodostetun portfolion tuottoa, jolloin se kuvaa koko osakemarkkinaa parhaiten. Markkinatuotto on esimerkiksi laskettu NYSE:een (New York Stock Exchange), Nasdaqiin sekä AMEX:een (American Stock Exchange) listattujen osakkeiden tuotoista (ks. Kenneth French Data Library).

CAP-mallia on testattu lukuisten tutkijoiden voimin niin poikittais- kuin aika-sarjaregressiota hyödyntäen. Useiden empiiristen löydösten mukaisesti Sharpen ja Lintnerin CAP-mallin indikoima suhde betan ja keskiarvoisen tuoton välillä on merkittävästi korkeampi kuin mitä empiria osoittaa. Toisaalta vaikkakin havaittu tuoton kasvu betan kasvaessa onkin ollut mallin ennustamaa alhaisempi, on empiirisesti kuitenkin usein todettu, että mallin ennustama lineaarisuus betan ja havaitun tuoton välillä pätee. (Andre Perold 2004.)

Jensenin (1968) mukaan CAPM voidaan testata seuraavan aika-sarjaregressiomallin avulla:

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_{im}(R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it}, \quad (3)$$

jossa  $\alpha_i$  on regression vakiotermin ja se tunnetaan myös Jensenin alfana (tästä eteenpäin alfa), ja  $\varepsilon_{it}$  on virhetermi. CAP-mallin mukaisesti (yhtälö 1) vakiotermin pitäisi olla yhtä suuri kuin riskitön korko ( $R_f$ ), mutta empiirisesti on havaittu, että vakiotermin on suurempi kuin riskitön korko ja  $(R_{mt} - R_{ft})$  on pienempi kuin keskimääräinen markkinan ylituotto. (Fama & French 2004.)

Sharpen ja Lintnerin CAPM tukee tehokkaiden markkinoiden hypoteesia (Fama 1970), jonka mukaan kaikki tieto on sisällytetty osakkeiden hintoihin, eikä täten pitäisi olla mahdollista saavuttaa markkinaa ( $R_{mt}$ ) parempaa tuottoa systemaattisesti pitkällä aikavälillä. Tätä voidaan testata minkä tahansa yksittäisen instrumentin tai portfolion tuoton ja yhtälön 3 mukaisen regression avulla. Tällöin hypoteesi on, että  $\alpha_i = 0$ , jolloin erot tuotoissa selittyvät täysin betan avulla. Jos alfa poikkeaa positiivisesti ja tilastollisesti merkitsevästi nolasta, tämä indikoi, että kyseinen instrumentti tai portfolio tuottaa ylituottoa (epänormaalia tuottoa) markkinatuottoon verrattuna. Toisin sanoen voidaan tulkita, että kaikkea tietoa ei ole sisällytetty osakkeiden hintoihin ja voidaan saavuttaa lisätuottoja ottamatta yhtään enempää riskiä. Tällöin CAPM eikä myöskään tehokkaiden markkinoiden hypoteesi päde.

Jensenin  $\alpha$  tullaan käyttämään tämänkin tutkimuksen empiriaosuuden analysoinnissa, kun tarkastellaan, ovatko ilmatoriskit sisällytetty osakkeiden hintoihin. Myös alaluvussa 3.2 esitellään aikaisempaa kirjallisuutta, jossa käsitellään Jensenin alfaa ja sen tulkintaa erilaisten portfoliovalintojen tapauksissa. Esimerkiksi In ym. (2019) tutkimuksessa portfolio muodostetaan ostamalla osakkeita, joilla on matala hiili-intensiteetti ja



myymällä lyhyeksi osakkeita, joilla hiili-intensiteetti on korkea. Estimoimalla alfa tälle portfoliolle, he huomaavat sen olevan tilastollisesti merkitsevä ja positiivinen. Tämä tarkoittaa, että sijoittaminen vähemmän hiilidioksidipäästöjä aiheuttavan yrityksen osakkeisiin näyttäisi tuottavan markkinaa paremmin. Koska hiili-intensiiviset yritykset sisältävät oletettavasti enemmän ilmatoriskia kuin vähähiiliset, In ym. (2019) tutkimuksen valossa vaikuttaa siltä, ettei ilmatoriskejä ole sisällytetty tehokkaasti osakkeiden hintoihin. Jos taas  $\alpha$  olisi tilastollisesti merkitsevä mutta negatiivinen, tällöin voitaisiin todeta, ettei sijoittaminen vähähiilisiin osakkeisiin tuota ylituottoa markkinaan verrattuna, vaan pikemminkin alituottoa. Se puolestaan kertoisi, että markkina on jo sisällyttänyt ilmatoriskit varsin tehokkaasti osakkeiden hintoihin. Monet tutkimukset (mm. Bolton & Kacperczyk 2021, Faccini ym. 2021, Santi 2020) päätyvät kuitenkin muodostamaan täysin päinvastaisen portfolion kuin In ym. (2019). Näissä tutkimuksissa portfolioon ostetaan korkean hiili-intensiteetin osakkeita ja myydään lyhyeksi alhaisen hiili-intensiteetin osakkeita. Tässä tapauksessa, jos  $\alpha$  on merkitsevä ja positiivinen, se indikoisi ilmatoriskien olevan sisällytetty osakkeiden hintoihin. Koska hiili-intensiiviset osakkeet, joihin portfoliossa on sijoitettu, tuottavat ylituottoa markkinaan nähden, kertoo se näiden osakkeiden alihinnoittelusta ja toisaalta vähähiilisten osakkeiden ylihinnoittelusta, jolloin niiden odotettu tuotto on alhaisempi ja jopa negatiivinen. Näihin tutkimuksiin perehdytään tarkemmin myöhemmin.

### 3.1.3 Faktorimallit

Niin kuin aikaisemmin mainittu, CAP-mallin  $\beta_{im}$ , jota myös markkinabetaksi kutsutaan, ei useinkaan pysty selittämään epänormaaleja tuottoja. CAPM:stä on tehty lukuisia laajennuksia, joista ehkä käytetyimpiä ovat Faman ja Frenchin (1993) kolmen faktorin malli, viiden faktorin malli (Fama & French 2015) sekä Carhartin (1997) momentumfaktorin lisääminen näihin malleihin.

CAP-mallissa sijoittaja on kiinnostunut ainoastaan jakson päätteeksi saamastaan tuotosta. Niin kutsutuissa intertemporaalisissa CAP-malleissa sijoittaja on lisäksi kiinnostunut tulevaisuuden investointi- ja kulutusvaihtoehdoista, miten ne muuttuvat pidemmällä aikavälillä esimerkiksi palkkatulon ja hyödykkeiden hintojen muutoksien myötä sekä miten ne vaihtelevat portfolion tuottojen kanssa. (Fama & French 2004.) Markkinafaktorin lisäksi Faman ja Frenchin (1993) kolmen faktorin mallissa tilamuuttujiksi otetaan koko- ja laatumuuttujat. Koko-muuttuja on pienistä yrityksistä

(markkina-arvolla mitattuna) muodostetun hajautetun portfolion tuotto vähennettynä suurista yrityksistä muodostetun portfolion tuotolla. Laatu-muuttuja on puolestaan korkealaatuisista yrityksistä (book-to-market<sup>6</sup> -suhdeluvulla mitattuna) muodostetun hajautetun portfolion tuotto vähennettynä huonompilaatuisista yrityksistä muodostetun portfolion tuotolla.

Historiallisesti on myös havaittu, että osakkeet, jotka ovat tuottaneet markkinaa paremmin viimeisen 12 kuukauden aikana, tulevat keskimääräisesti tuottamaan paremmin myös muutaman seuraavan kuukauden ajan. Tämän on havaittu pätevän päinvastaisesti myös markkinaa huonommin pärjänneiden osakkeiden kohdalla. (Jegadeesh & Titman 1993.) Tätä osakkeiden tuottoon vaikuttavaa tekijää kutsutaan momentumiksi. Momentumfaktori määritetään lyhyen aikavälin (yhdestä vuodesta kolmeen vuoteen) markkinaa paremmin tuottaneista osakkeista ja markkinaa selvästi huonommin tuottaneista osakkeista muodostetun hajautetun portfolion erotuksena. (Carhart 1997.)

Näiden neljän faktorin lisäksi Fama ja French (2015) esittelivät vielä viiden faktorin mallin, jossa aikaisempaan kolmen faktorin malliin lisättiin vielä kannattavuuteen ja investointeihin liittyvät tekijät. Kannattavuusfaktori on vahvan kannattavuuden omaavista yrityksistä muodostetun portfolion ja heikon kannattavuuden omaavien yritysten osakkeista muodostettujen portfolioiden tuottojen erotus. Investointifaktori puolestaan vähän investoivien yritysten tuotto vähennettynä paljon investoivien yritysten tuotoilla. Näiden erilaisten faktorien lisääminen tämänkin tutkimuksen regressiomallispesifikaatioihin on perusteltua, sillä niiden on havaittu selittävän varsin merkittävän osan tuotoista. (Fama & French 2015.) Näitä faktoreita on käytetty monissa hieman tätä tutkielmaa vastaavissa tutkimuksissa (ks. Engle ym. (2020), Faccini ym. (2021), Santi (2020), In ym. (2019), Bolton & Kacperczyk (2021))

### 3.1.4 Ilmatoriskien mittaaminen CAP-mallin laajennuksilla

Ilmatoriskien huomioimista osakemarkkinoilla on tutkittu lukuisissa tutkimuksissa ja varsinkin viimeisimpinä vuosina tutkimukset aiheen ympärillä ovat lisääntyneet huomattavasti. Pástor ym. (2021) tutkivat vastuullisen sijoittamisen rahoitus- ja

---

<sup>6</sup> Book-to-Market -suhdeluku kuvaa yrityksen kirja-arvon, eli varojen ja vastuiden erotusta. Korkean B/M-suhdeluvun omaavia yhtiöitä kutsutaan arvoyhtiöiksi ja alhaisen B/M:n yhtiöitä puolestaan kasvuyhtiöiksi.

reaalitaloudellisia vaikutuksia tasapainomallissa ja argumentoivat, että vähähiilisten varallisuuserien odotettu tuotto on alhainen ensiksikin, koska vastuulliset sijoittajat ovat osittain valmiita luopumaan korkeasta tuotosta saadakseen sijoittaa varansa vastuullisiin varallisuuseriin. Toisin sanoen vastuulliset sijoittajat saavat hyötyä myös vastuullisesta sijoituksesta itsestään, eivätkä pelkästään tuotosta. Toiseksi vähähiilisten osakkeiden alhaiseen tuottoon vaikuttaa niiden kyky suojata sijoittajaa ilmatoriskeiltä. Pienemmän riskin saadakseen sijoittajan on maksettava korkeampi hinta ja näin odotetun tuoton oletetaan olevan myös alhaisempi. Pástorin ym. (2021) tutkimuksessa perustellaan kuitenkin, miksi vähähiiliset yritykset, joilla odotettu tuotto on alhaisempi, tuottavat markkinaa paremmin silloin, kun jokin ilmatoriski realisoituu äkillisesti ja odottamattomasti. Vaikutus tulee tuottoon kahta kautta, sekä kuluttajien että sijoittajien mieltymysten muutosten kautta. Lisäksi he perustelevat tasapainomallinsa avulla, että talouden toimijoiden kasvavat mieltymykset vähähiiliä sijoituskohteita kohtaan kasvattavat myös yritysten sosiaalisia vaikutuksia kahdesta syystä. Yritykset haluavat yhä vähähiilisemmiksi, koska siten niiden markkina-arvo on korkeampi. Toiseksi vähähiiliset yritykset pystyvät investoimaan enemmän, koska niiden pääomakustannukset ovat alhaisemmat kuin hiili-intensiivisillä yrityksillä.

Aikaisemmat empiiriset tutkimukset osoittavat, että hiili-intensiivisten yritysten osakkeisiin kohdistuu enemmän ilmatoriskiä kuin vähähiilisiin osakkeisiin (Görgen ym. (2019) Engle ym. (2021), Monasterolo & De Angelis (2020)). Sijoittajat eivät pidä odottamattomista tapahtumista, joten jos ilmastossa tai ilmastopolitiikassa tapahtuu odottamattomia käännteitä, tällöin hiili-intensiiviset omaisuuserät menettävät arvoaan, niin kuin argumentoin alaluvussa 2.3. Kun hiili-intensiiviset osakkeet menettävät arvoaan ilmatoriskien realisoituessa, on helppo huomata niiden sisältävän enemmän riskejä kuin vähähiiliset osakkeet. Korkeampi riski puolestaan korvautuu korkeammalla odotetulla tuotolla. Täten hiili-intensiivisten yritysten voidaan olettaa tuottavan markkinaa paremmin ( $\alpha > 0$ ) ja vähähiilisten markkinaa heikommin ( $\alpha < 0$ ). (Pástor 2021.)

Jotta kokonaiskuva ilmatoriskien vaikutuksesta erilaisiin osakkeisiin valottuisi vielä paremmin, esittelen seuraavaksi, miten Pástorin ym. (2021) kuvaama tasapainomalli rakentuu pääperiaatteiltaan. Odotetut tuotot poikkeavat tässä tasapainomallissa siten, että CAP-malliin lisätään sijoittajien ESG-mieltymykset:

$$\mu = \mu_m \beta_m - \frac{\bar{a}}{a} g, \quad (4)$$

jossa  $\mu$  on odotettu ylituotto riskittömään tuottoon nähden,  $\mu_m$  on markkinatuoton ylituotto riskittömään korkoon nähden (ts. markkinapreemio aivan kuin kaavassa 1). Yhtälön vasen puoli ja oikean puolen ensimmäinen termi on kokonaisuutena sama kuin kaava 1 hieman toisin järjesteltynä. Kaavan 4 oikean puolen toinen termi kuvaa puolestaan sijoittajien mieltymyksiä vastuullisia osakkeita kohtaan, missä  $\bar{d}$  kuvaa sijoittajien mieltymyksiä vähähiilisiä osakkeita kohtaan,  $a$  sijoittajien riskiaversiota ja  $g$  kuvaa yrityksen vastuullisuutta.  $\bar{d} \geq 0$  ja on sitä suurempi, mitä vahvempia sijoittajien mieltymykset vastuullisuutta kohtaan ovat.  $a$  on puolestaan sitä suurempi, mitä vähemmän sijoittajat ovat valmiita ottamaan riskiä, ja  $g$  on positiivinen vähähiilisten yritysten osakkeille ja negatiivinen hiili-intensiivisten yritysten osakkeille.

Kaavasta 3 puolestaan voidaan nähdä, miten alfa muodostuu ( $\alpha \equiv \mu - \mu_m \beta_m$ ). Pástorin ym. (2021) mukaisesti, kun yhdistetään CAP-mallin  $\alpha$  ja kaava 4 sekä otetaan huomioon sijoittajien ESG-mieltymykset, saadaan alfaksi kaavan 4 jälkimmäinen termi,

$$\alpha = -\frac{\bar{d}}{a} g_n \quad (5)$$

Jos siis edes yhdelläkin sijoittajalla on mieltymyksiä ympäristöllistä vastuullisuutta kohtaan, tällöin  $\bar{d}$  on nollaa suurempi. Siten  $g$ :n (yhtiökohtaisen ESG-tunnusluvun) ollessa positiivinen vähähiilisten yritysten osakkeille, pitäisi näiden osakkeiden alfa olla negatiivinen. Vastaavasti korkean hiili-intensiteetin yhtiöiden osakkeille alfa pitäisi olla positiivinen  $g$ :n ollessa negatiivinen.

Empiirisissä tutkimuksissa näiden oletusten on osoitettu ainakin osittain pätevän. Faccinin ym. (2021) tutkimuksessa muodostetaan Yhdysvaltain osakedatalla spread-portfolio, jonka tuotto lasketaan vähentämällä korkean betan portfolion (korkein 10 % osakkeista) tuotosta alhaisen betan portfolion (matalin 10 %) tuotot. He muodostavat Thomson Reutersin ilmastonmuutokseen liittyvistä uutisista neljä tekstifaktoria, jotka kuvaavat toisistaan poikkeavia ilmastoriskejä. Nämä tekstifaktorit ovat Yhdysvaltain ilmastopolitiikka, kansainväliset ilmastokokoukset, luonnonkatastrofit ja globaali ilmaston lämpeneminen. Tuloksena Faccini ym. (2021) havaitsivat, että kansalliseen ilmastopolitiikkaan liittyvä ilmatoriski näyttäisi olevan sisällytetty osakkeiden hintoihin, koska spread-portfolio tuottaa tilastollisesti merkitsevän positiivisen  $\alpha$ :n lähes kaikissa mallispesifikaatioissa vuoden 2012 jälkeen. Ennen vuotta 2012 tulokset eivät puolla ylituottoa edes kansallisen ilmastopolitiikan faktori huomioiden. Kansallinen

ilmastopolitiikka kuvaa hyvin transitoriskejä lyhyellä aikavälillä, kun taas muut faktorit on mahdollista nähdä pidemmän aikavälin riskeinä. Ilmastoriskien empiiristen tutkimusten tuloksista kerron lisää seuraavassa alaluvussa.

## 3.2 Aikaisemmat tutkimukset ilmastoriskeistä osakemarkkinoilla

### 3.2.1 Hiilipremio

Bolton ja Kacperczyk (2021) tutkivat, johtuuko hiilipremio osakkeiden tuotoissa sijoittajien ilmastotietoisuuden lisääntymisestä. Hiilipremiota<sup>7</sup> voidaan selittää sillä, että huomattavia päästöjä tuottavien yritysten osakkeista sijoittajat ovat valmiita maksamaan vähemmän. Toisin sanoen sijoittajat vaativat enemmän tuottoa, koska hiili-intensiiviset yritykset sisältävät enemmän ilmastoriskiä kuin vähäpäästöiset yritykset. Heidän hypoteesinsa mukaan niinä aikoina, jolloin tietoisuus ilmastonmuutoksesta on korkeammalla tasolla, on perusteltua olettaa myös hiilipremion olevan yleisesti korkeampi. Tutkimuksessa hyödynnetään varsin laajasti käytettyä päästöjen kategorisointia kolmeen luokkaan<sup>8</sup> sen mukaisesti, missä vaiheessa yrityksen tuotteen tai palvelun elinkaarta päästöt syntyvät. Bolton ja Kacperczyk (2021) kuvaavat hiilipremion yhteyttä yrityksen päästöihin kolmen eri suureen kautta: kokonaispäästöt, vuosimuutokset päästöjen määrissä ja päästöjen intensiteetti<sup>9</sup>. Jokseenkin yllättävästi hiilipremio on yhteydessä päästöjen kokonaismäärään ja sen muutoksiin, mutta ei intensiteettiin. Kaikissa kolmessa päästöluokassa havaittiin positiivinen ja tilastollisesti merkitsevä vaikutus osakkeiden tuottoihin. He tutkivat tätä ensin vertaamalla hiilipremiota ennen ja jälkeen Pariisin ilmastopimuksen. Toiseksi he vertaavat oman otosperiodin (2005–2015) hiilipremiota ajanjakson 1990–2005 hiilipremioon. Pidemmän aikavälin testin tulos osoittaa, että muutos hiilipremiossa on tilastollisesti merkitsevä, mutta lyhyen aikavälin testissä, Pariisin ilmastopimuksen ympärillä,

---

<sup>7</sup> Tarkoittaa ylituottoa, joka syntyy sijoittamalla paljon hiilidioksidipäästöjä tuottaviin yrityksiin. Tätä kutsutaan Boltonin ja Kacperczykin (2021) tutkimuksessa hiilipremioksi.

<sup>8</sup> Scope 1 -luokan päästöt ovat suoria päästöjä, jotka muodostuvat tuotannossa. Scope 2 -luokan päästöt ovat epäsuoria, jotka taas muodostuvat esimerkiksi energian käytöstä. Ostettujen materiaalien tuotannosta, jätteiden kierrätyksestä sekä ulkoistetuista toiminnoista muodostuvat puolestaan Scope 3 -luokan päästöt, jotka voidaan vielä jakaa upstream- ja downstream-päästöihin. Varsin monet yritykset raportoivat 1 ja 2 tason päästöt, mutta 3 tason päästöjen raportointia ei löydy vielä kovinkaan suurelta osalta toimijoista. (GHG Protocol.)

<sup>9</sup> Kokonaispäästöt (hiilidioksiditonniekvivalenttia) suhteutettuna liikevaihtoon (miljoonaa Yhdysvaltain dollaria), toisin sanoen, kuinka monta tonnia hiilidioksidipäästöjä yritys tuottaa tehdäkseen miljoona dollaria liikevaihtoa. (In ym. 2019; Bolton & Kacperczyk 2021)

muutoksen ei havaita olevan merkitsevä. Bolton ja Kacperczyk (2021) antavat Pariisin ilmastopimuksen lyhyen aikavälin vaikutuksen heikkoudelle perusteluksi osakkeiden tuotoissa yleisesti havaitun kohinan sekä sen, että yleisesti merkittävien, mutta epävarmuutta sisältävien tapahtumien realisoituminen sijoittajien uskomuksiin vaatii pidemmän ajan. Laajemmin tutkimus päättyy siihen johtopäätökseen, että sijoittajat vaativat jo merkittävälle hiiliriskille altistuneilta yrityksiltä korkeampaa tuottoa verrattuna vähähiilisiin yrityksiin. Toisin sanoen ainakin osa ilmastoriskeistä näyttäisi olevan sisällytetty osakkeiden hintoihin.

Myös Monasterolo ja de Angelis (2020) tutkivat osakemarkkinoiden reaktioita Pariisin ilmastopimukseen. He tutkivat hiili-intensiivisiä sekä vähähiilisiä osakeindeksejä EU:ssa, Yhdysvalloissa sekä globaalisti. Heidän tulosten mukaan vähähiilisten yritysten tuotot ovat parantuneet huomattavasti ilmastopimuksen jälkeen johtuen merkittävästä indeksien riskitasojen laskusta kaikilla edellä mainituilla alueilla. Lisäksi he huomauttavat, että korrelaatio vähähiilisten indeksien välillä pieneni, hiili-intensiivisten indeksien välillä korrelaatio pysyi korkeana, kun taas vähähiilisten ja hiili-intensiivisten indeksien välillä korrelaatio laski melkein nolnaan ilmastopimuksen jälkeen. Näiden tulosten valossa vaikuttaa siltä, että ilmastopimuksen julkistamisen jälkeinen markkina on hinnoitellut vähähiilisempiä yhtiöitä myös vähäriskisimmiksi ja siten houkuttelevimmiksi kuin ennen sopimusta. Tosin vaikutus hiili-intensiivisimpien yhtiöiden osakkeiden hintoihin jäi verrattain pieneksi, mikä viittaisi siihen, etteivät tulokset ole aivan ristiriidattomia. Jos vähähiilisten yritysten riskin nähdään pienentyvän, voisi tällöin hiili-intensiivisten yhtiöiden riskin olettaa kasvavan suhteessa jokseenkin yhtä paljon ja näiden yhtiöiden osakkeiden hintojen myös laskevan vastaavasti. Mahdollisena syynä tulosten ristiriitaisuudelle voidaan pitää, sitä että monilla instituutiosijoittajilla on salkuissaan merkittävä määrä sijoituksia hiili-intensiivisiin yhtiöihin, eivätkä ne välttämättä pysty irrottautumaan sijoituksista niin ripeästi. Toiseksi niin kuin aikaisemmin mainittukin, monet hiili-intensiiviset yritykset ovat niin isoja, että instituutiosijoittajien suuret myynnit näissä osakkeissa saattaisivat aiheuttaa merkittävää systeemiriskin kasvua (Sen & von Schickfus 2019). Siten suuria myyntejä pyritään välttämään.

Bolton ja Kacperczyk (2021) havaitsivat, että laajasti tarkasteltuna institutionaaliset sijoittajat omistavat selkeästi pienemmän osuuden niistä yhtiöistä, joilla päästöjen intensiteetti on korkea, mutta eivät kuitenkaan samalla alipainota yhtiöitä, joilla koko-

naispäästöt ovat korkealla tasolla. He havaitsivat lisäksi, että divestoinnit koskevat ainoastaan korkean päästöintensiteetin omaavia yhtiöitä Scope 1 -luokan päästöissä, ei muissa päästöluokissa. Toisekseen institutionaaliset sijoittavat vaikuttavat tekevän divestointeja kaikista eniten päästöjä tuottavilla sektoreilla, kuten öljy ja kaasu, harkinnanvaraiset kulutushyödykkeet sekä autoteollisuuden toimialoilla. Kun nämä toimialat jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle, ei havaittu merkittäviä divestointeja.

### 3.2.2 Ilmatoriskit osakkeiden tuotoissa

Akateemisen tutkimuksen valossa on vielä jokseenkin epäselvää, ovatko ilmatoriskit sisällytetty osakkeiden hintoihin tai ehkä pikemminkin, mitkä ilmatoriskit ovat ja mitkä eivät. Bolton ja Kacperczyk (2021) havaitsivat tutkimuksessaan, että runsaasti hiilidioksidipäästöjä tuottavat yritykset sekä yhtiöt, joissa päästöt ovat kasvaneet viimeisen vuoden aikana, tuottavat ylituottoa. Toisaalta hiili-intensiiviset yritykset, joiden päästöissä ei ole tapahtunut kasvua viimeisen vuoden aikana, eivät tuota tilastollisesti merkitsevää ylituottoa.

Toisissa tutkimuksissa puolestaan päädytään päinvastaisiin tuloksiin, joiden mukaan epänormaalien suurien tuottojen voidaan saavuttaa ostamalla vähähiilisiä ja myymällä lyhyeksi hiili-intensiivisiä yhtiöitä. Esimerkiksi In ym. (2019) tutkivat, tuottavatko vähemmän vihreiden yritysten osakkeet paremmin kuin hiilitehokkaiden yritysten osakkeet ja jos näin on niin, johtuvatko ylituotot puhtaasti korkeammasta alfaista vai markkinoiden kompensatiosta ylimääräiselle riskille. He nimenomaisesti luokittelevat yritykset hiili-intensiteetin (tCO<sub>2</sub>e/liikevaihto) perusteella ja koostavat kolme portfoliota: ensimmäisessä ostetaan tehokkaimpien (kolmannes) yritysten osakkeita ja myydään lyhyeksi tehottomimpien (kolmannes) yritysten osakkeita, toisessa portfoliossa jaottelu kriteerinä on hiili-intensiteetin lisäksi osakkeiden arvostus (jaottelu kasvu ja arvo-osakkeisiin) ja kolmannessa toisena jaottelukriteerinä hiili-intensiteetin lisäksi toimii yrityksen suuruus (taseen loppusummalla mitattuna). Kaikki nämä kolme portfoliota tuottavat ylituottoa verrattuna markkinatuottoon vuodesta 2010 lähtien, joka implikoi sitä, että hiilitehokkaat yritykset tuottavat paremmin kuin tehottomat. Yhtenä poikkeuksena tutkimuksessa oli kuitenkin pienet yritykset, joissa ylituottoa ei havaittu. Tutkimus pohjautuu Yhdysvaltojen osakedataan vuodesta 2005 vuoteen 2015 ja johtopäätöksenä on, että vuodesta 2009 lähtien yrityskohtaisten hiili-intensiteettien

perusteella ”tehokas miinus tehoton” -portfolio<sup>10</sup> tuottaa 3,5–4,4 prosentin vuotuisen ylituoton markkinaaan verrattuna. In ym. (2019) tutkimuksen pohjalta voidaan siis tiivistää, että yksi merkittävimmistä ilmastoriskeistä – hiilidioksidipäästöt – eivät vaikuttaisi olevan sisällytettynä osakkeiden hintoihin.

Boltonin ja Kacperczyk (2021) tutkimus sekä In ym. (2019) tutkimukset kuitenkin poikkeavat toisistaan niissä hyödynnetyn datan osalta. Bolton ja Kacperczyk (2021) tutkivat yli 3400 ja In ym. (2019) ainoastaan 736 julkisesti noteerattua yhdysvaltalaisista yritystä ja ensin mainitussa tutkimuksessa aikaväli on kaksi vuotta pidempi. Lisäksi Bolton ja Kacperczyk kontrolloivat huomattavasti laajempaa määrää yrityskohtaisia ominaisuuksia, kuten investoinnit suhteessa varoihin, velkaantuneisuus ja aineellisen omaisuuden määrää, joita ilman ei havaita tilastollisesti merkitsevää hiilipreemiota. Bolton ja Kacperczyk (2021) myös jaottelevat tutkimuksessaan päästöt kaikkiin kolmeen lajiin ja tarkastelevat niitä erillään. Lopuksi he tosin mukailevat In ym. (2019) ja Garvey ym. (2018) tutkimuksia yhdistäen kaikki kolme päästöluokkaa. Tästä huolimatta he päätyvät lopputulokseen, jonka mukaan kokonaispäästöjen tasolla on positiivinen vaikutus preemioon, mutta hiili-intensiteetillä ei havaita tilastollisesti merkitsevää vaikutusta. In ym. (2019) tutkimus ja Bolton ja Kacperczyk (2021) poikkeavat toisistaan jo lähtökohdiltaankin, sillä ensin mainitussa muodostetaan portfoliot, joiden sijoituskohteita uudelleen jaotellaan kuukausittain hiili-intensiteetin perusteella ja lopuksi tarkastellaan, tuottaako tämä strategia ylituottoa. Jälkimmäisessä puolestaan tarkastellaan ainoastaan hiili-intensiteetin kasvun vaikutusta osakkeiden tuottoihin regressioanalyysin avulla. Tutkimusmenetelmät siis poikkeavat merkittävästi toisistaan, minkä takia tulosten ristiriitaisuus on jokseenkin perusteltua.

Myös Garvey ym. (2018) tutkivat hiili-intensiteetin vaikutusta osakkeiden tuottoihin aikavälillä 2011–2015. Heidän datansa koostuu globaalista osakedatasta MSCI World Indexiin perustuen. Myös he jakavat yritykset tehokkaimpaan ja tehottomimpaan kolmannekseen hiili-intensiteetillä mitattuna ja muodostavat vastaavalla tavalla portfolion kuin In ym. (2021). He päätyvät noin 2 %:n vuotuisen ylituottoon ja kontrolloimalla Fama & Frenchin (1993) mukaista kolmea faktoria sekä liikevaihdon

---

<sup>10</sup> ”tehokas miinus tehoton” on portfolio, jossa ostetaan vähähiilisiä ja myydään lyhyeksi hiili-intensiteetiltään korkeita osakkeita niiden markkina-arvojen mukaisesti. Jos siis esimerkiksi vähähiilisessä portfoliossa on kahden yrityksen osaketta, joista toinen on markkina-arvoltaan neljä kertaa toista suurempi, tällöin markkina-arvoltaan suurempaa ostetaan 80 % ja pienempää 20 % koko salkun arvosta.



kasvua, he päätyvät hieman tilastollisesti merkitsevämpiin tuloksiin, mutta eivät kuitenkaan riittäviin. He esittävät tulostensa heikon merkitsevyyden perusteluksi yhdenmukaisten päästöjen raportointi- ja mittaamisstandardien puutteen. Tässä mielessä päästöjen luokittelu (Scope 1,2 ja 3) Boltonin ja Kacperczykkin (2021) tapaan ainakin auttaa osaltaan valottamaan sitä, millaiset päästöt on huomioitu osakkeiden hinnoissa.

### 3.2.3 Sijoittajien tietoisuus ilmatoriskeistä ja ilmastosentimentti

Sijoittajien tietoisuus ilmatoriskeistä on kasvanut viimeisten vuosien aikana johtuen muun muassa lisääntyneestä akateemisesta tutkimuksesta ilmastonmuutoksen ympärillä, kansainvälisten ilmastokokousten verrattain merkittävistä päätöksistä, kiristyvistä ilmastopoliittisista toimista kansallisella tasolla sekä kaikkien edellä mainittujen asioiden herättämästä keskustelusta niin perinteisessä kuin sosiaalisessa mediassakin. Kun katsotaan ESG-rahastoihin valuneita rahavirtoja viimeisimpien vuosien aikana, voidaan niistäkin päätellä jotain sijoittajien kasvaneesta halukkuudesta sisällyttää ympäristöllisesti vastuullisia sijoituksia portfolioihinsa. Nettovarallisuus eurooppalaisissa vastuullisissa rahastoissa on kasvanut yli puolella 372 miljardista eurosta vuonna 2018 aina 1,16 biljoonaan euroon vuoden 2020 loppuun mennessä (ALFI/Funds study). Vaikka Yhdysvalloissa ollaan vastuullisten rahastojen saralla vielä huomattavasti Eurooppaa perässä, myös siellä rahaa on virrannut vuoden 2019 alusta lähtien selvästi aikaisempia vuosia enemmän vastuullisiin rahastoihin. Yhdysvalloissa vastuullisten rahastojen nettovarat olivat vuoden 2020 lopussa noin 235 miljardia dollaria. Yhdysvalloissa oleviin vastuullisiin rahastoihin virtasi rahaa vuonna 2019 arviolta noin neljä kertaa enemmän kuin edellisellä vuonna ja vielä 2020 vuonnakin yli kaksi kertaa enemmän kuin vuonna 2019. (Morningstar.) Yhtenä mahdollisena syynä merkittävälle vastuullisten sijoitusten kiinnostuksen kasvulle voidaan argumentoida ilmastotietoisuuden lisääntyminen. Ilmastotietoisuuden lisääntyessä ja olettaessa, että sijoittajat toimivat markkinoilla jokseenkin rationaalisesti, voisi tällöin olettaa myös ilmatoriskien olevan aikaisempaa paremmin sisällytettyinä osakkeiden hintoihin. Mitä suurempi osa osakemarkkinoille sijoitetuista varoista on vastuullisissa sijoituskohteissa, sitä paremmin ilmatoriskit on sisällytetty osakkeiden hintoihin ja sitä alhaisempaa odotettua tuottoa nämä sijoitukset tarjoavat. Lopulta kysymys siitä, ovatko vähähiiliset vai hiili-intensiiviset osakkeet parempia ilmatoriskiltä suojautumiselle, on empiirinen kysymys, koska molempien hypoteesien puolesta on mahdollista esittää päteviä argumentteja. (Pástor ym. 2021.) Vähähiiliset osakkeet saattavat vaikuttaa intuitiivisesti

paremmilta vaihtoehdoilta ilmatoriskiltä suojautumiselle, mutta jos enemmistö sijoittajista ajattelee näin, silloin vähähiiliset osakkeet ovat mahdollisesti jo ylihinnoiteltuja.

Viime vuosina huomiota on saanut nimenomaisesti perinteisen median uutisiin ja sosiaalisen median julkaisuihin perustuvat ilmatoriskitutkimukset. Engle ym. (2020) koostavat tutkimuksessaan ilmastonmuutokseen liittyvistä Wall Street Journalin uutisista indeksin, joka kuvaa uutisten määrää kulloisellakin ajanhetkellä aina vuodesta 1984 vuoteen 2017 asti. Useiden merkittävien ilmastonmuutokseen liittyvien tapahtumien tienoilla, kuten YK:n ilmastonsuojelun puitesopimuksen (UNFCCC) käyttöönoton vuonna 1992, vuoden 2009 Kööpenhaminan ilmastokokouksen ja Pariisin ilmastokokouksen 2015, näkyy selvää ilmastonmuutokseen liittyvien uutisten määrän kasvua. Näiden havaintojen lisäksi on merkittävää huomata, että uutisten määrissä vaikuttaisi olevan selvä nouseva trendi, joka korostuu selvimmin aivan vuosituhannen vaihteesta alkaen.

Vaikuttaisi siis pääpiirteissään siltä, että ilmatoriskin noustessa myös ilmastonmuutokseen liittyvien uutisten määrä nousee, toisin sanoen uutisten määrä kertoo kohonneesta ilmatoriskistä. Jos kuitenkin ajatellaan esimerkiksi ilmastopolitiikkaan liittyvää transitoriskiä, ilmastopolitiikan löyhentyminen vähentää transitoriskiä, eikä tällöin tästä aiheesta kertova uutinen lisää ilmatoriskiä, vaan pikemminkin laskee sitä. Toisaalta epäsuorasti transitoriskien lasku voidaan pidemmällä aikavälillä nähdä fyysisten ilmatoriskien lisääntymisenä, kun ilmastopoliittiset päätökset eivät auta vähentämään kasvihuonepäästöjä ja täten ilmaston lämpenemisestä kumpuavat fyysiset riskit saattavat kohota pidemmällä aikavälillä. Engle ym. (2020) argumentoivat, että vaikkakin ilmastonmuutokseen liittyvät uutiset ovat useimmiten negatiivisia, on tarpeellista tarkastella ainoastaan negatiivisiin uutisiin keskittyvää indeksiä ja verrata sitä kaikista uutisista muodostettuun indeksiin. Heidän tulostensa mukaan korrelaatio näiden kahden indeksin välillä on 0,3; joka viittaisi siihen, että indeksit kuvaavat eri elementtejä. Heidän tulostensa mukaan vaikuttaisi siltä, että korkean E-luokituksen (vähähiiliset) yritykset tuottavat hiili-intensiivisiä yrityksiä paremmin ajanjaksoilla, jolloin negatiivisten ilmastouutisten määrä on kasvussa. Tutkimuksen aikaväli on tosin varsin pitkä ja muissa tutkimuksissa on saatu viitteitä siitä, että ilmatoriskejä olisi alettu sisällyttää osakkeiden hintoihin vasta vuoden 2012 jälkeen (ks. Faccini 2021).

Faccinin ym. (2021) tutkimus vastaa osaltaan Englen ym. (2020) tutkimuksen jatkoehdotuksiin eri ilmatoriskien erottelusta. Faccini ym. (2021) erottelevat tutkimuksessaan Thomson Reutersin uutisista neljä tekstifaktoria: Yhdysvaltain ilmastopolitiikka, kansainväliset ilmastokokoukset, luonnonkatastrofit sekä maapallon ilmaston lämpeneminen, joista jokainen kuvaa toisistaan poikkeavia ilmatoriskejä. He argumentoivat Yhdysvaltain ilmastopolitiikkaan liittyvien uutisten kuvaavan hyvin lyhytaikaista transitoriskia. Luonnon katastrofeihin ja maapallon ilmaston lämpenemiseen liittyvät uutiset heijastavan mahdollisesti parhaiten pidempiaikaisia niin fyysisiä kuin transitoriskejäkin. Kansainvälisissä ilmastokokouksissa tehtyjen päätösten vaikutukset realisoituvat usein vasta pidemmän ajan päästä, kun ne joskus mahdollisesti päätyvät kansallisen ilmastopolitiikan myötä toimeenpantaviksi. Toisin sanoen kansainvälisiin ilmastokokouksiin liittyvät uutiset kuvaavat pitkän aikavälin transitoriskejä. Faccinin ym. (2021) tulosten mukaisesti vaikuttaa siltä, että näistä neljästä ilmatoriskistä ainoastaan ilmastopolitiikkaan liittyvät transitoriskit ovat hinnoiteltu osakemarkkinoilla.

Santi (2020) puolestaan tutki sijoittajille suunnattua sosiaalisen median alustaa nimeltä StockTwits etsimällä sieltä kaikki julkaisut vuodesta 2009 lähtien, jotka sisälsivät jonkin seuraavista sanoista: climate change, global warming, extreme weather tai extreme temperature. Hän tutki näitä sanoja sisältävien julkaisujen sentimenttiä, toisin sanoen sitä, ovatko ilmastonmuutokseen liittyvät julkaisut kielelliseltä sävyiltään positiivisia vai negatiivisia. Sen perusteella hän muodosti indeksin, joka kuvaa sentimenttiä kulloisellakin ajanhetkellä. Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia sijoittajien ilmastosentimentin vaikutusta osakkeiden tuottoihin. Tuloksena havaittiin, että kun EMC-portfoliota<sup>11</sup> uudelleen tasapainotetaan kuukausittain pelkän sentimentin avulla, tuottaa se tilastollisesti merkitsevää ylituottoa otettaessa huomioon Fama ja Frenchin viisi faktoria<sup>12</sup>. Kun kuukausittaisten portfoliomuutosten kriteeriksi otettiin sentimentin lisäksi myös päästöoikeuksien hinnat, tulosten merkittävyys parani entisestään. Tällä portfoliostrategialla saavutettiin 9,77 %:n vuosituotto.

Engle ym. (2020), Faccini ym. (2021) ja Santi (2020) ovat tutkimuksissaan pyrkineet tuomaan esille ilmatoriskien vaikutuksia osakemarkkinoihin, jokainen hieman toisistaan

---

<sup>11</sup> Emission-minus-Clean -portfolio, jossa ostetaan hiili-intensiteetiltään korkeita osakkeita ja myydään lyhyeksi vähähiilisiä osakkeita markkina-arvojen mukaisesti. Vertaa alaviitteeseen 10.

<sup>12</sup> Katso alaluku 3.1.3

poikkeavin empiirisin aineistoin ja menetelmin. Oman tutkimukseni empiriaosia tulee lähimmin muistuttamaan Faccinin ym. (2021) tutkimusta, mutta otan vaikutteita myös muista kahdesta esittelemästani tutkimuksesta.

## 4 Aineisto ja menetelmät

Twitteristä saatavaa tekstidataa on käytetty lukuisissa osakemarkkinoihin ja talouteen (ks. Sun ym. 2016; Jiao ym. 2020) sekä myös ilmastonmuutokseen ja ilmastosentimenttiin (ks. Kirilenko ym. 2015; Cody ym. 2015) liittyvissä tutkimuksissa. Tutkimuksia, jotka tarkastelevat Twitterin tekstidataa ja ilmastoriskejä osakemarkkinoilla, ei kuitenkaan ole tiedettävästi tehty aikaisemmin. Santi (2020) tosin käyttää tutkimuksessaan sijoittajille suunnattua sosiaalista mediaa nimeltä StockTwits. Hän perustelee valintaansa sillä, että tämän alustan avulla saadaan parempi kuva nimenomaan sijoittajien näkemyksistä ilmastonmuutosta kohtaan. StockTwitsin käyttötarkoitus huomioiden, se kuulostaa ensi silmäyksellä intuitiivisesti perustellulta valinnalta. Perustelu ontuu kuitenkin hieman seuraavasta syystä: Twitterillä oli vuoden 2021 toisella neljänneksellä arviolta globaalisti noin 206 miljoonaa ja pelkästään Yhdysvalloissa noin 76 miljoonaa aktiivista käyttäjää päivässä (Statista). StockTwitsin toimitusjohtajan mukaan vuonna 2019 alustan aktiivinen käyttäjämäärä jäi puolestaan kuukaudessa keskimäärin noin 350 000:een (MarketWatch). StockTwitsin käyttäjämäärä on siis varsin pieni verrattuna Twitteriin. Twitter kuvaa yleistä ilmastosentimenttiä paremmin kuin StockTwits, mutta toisaalta mahdollisesti huomattavasti huonommin nimenomaisesti sijoittajien ilmastosentimenttiä.

Twitterissä on käyttäjinä huomattava määrä erilaisia ylikansallisia ja kansallisia organisaatioita sekä uutismedioita, jotka hieman sekoittavat pelkän sijoittajien ilmastosentimentin tutkimista. Toisaalta aikaisempien tutkimusten (Engle ym. 2020; Faccini ym. 2021) mukaisesti ilmastonmuutokseen liittyvillä uutisilla on vaikutusta osakkeiden tuottoihin, ja vaikutus on oletettavasti ainakin saman suuntainen sijoittajien ilmastosentimentin kanssa, eikä täten kumoaisi pelkän sijoittajien ilmastosentimentin vaikutusta. Lisäksi Santin (2020) tutkimusta koskee sama ongelma, jonka Engle ym. (2020) listaavat omassa tutkimuksessaan: ilmastonmuutokseen liittyvien uutisten määrä on varsin pieni verrattuna suureen määrään listattuja yhtiöitä. Twiittien kohdalla tätä ongelmaa ei ole, sillä ilmastonmuutokseen liittyvien julkaisujen määrä on moninkertainen verrattuna StockTwitsin julkaisuihin. Reutersin tutkimuksen (2020) mukaan 47 % Yhdysvaltalaisista käyttää sosiaalista mediaa viikoittain uutislähteenä, ja Twitter on kaikista suosituin sosiaalisen median alusta tähän tarkoitukseen. Näiden argumenttien perusteella Twitteriä voidaan pitää tutkimukseni kannalta käyttökelpoisena tekstidatan lähteenä.

## 4.1 Tekstidata ja sen käsittely

Tekstidata tähän tutkielmaan on kerätty Twitterin Developer-tiliä ja sen Academic Research Track -oikeuksia hyödyntäen, jotka mahdollistavat 10 miljoonan twiitin lataamisen kuukaudessa. Hain R:n `academictwitteR`-pakettia (Barrie & Ho 2021) hyödyntäen twiittejä vuoden 2017 alusta aina vuoden 2021 loppuun asti hakusanoilla ”climate change” ja ”global warming”. Hain ainoastaan alkuperäisiä twiittejä, ja lisäksi rajasin hakemani twiitit siten, että huomioin ainoastaan todennetut käyttäjätilit. Tällaisen todennetun käyttäjätilin on voinut saada käyttöön vuodesta 2016 lähtien. Lähes kaikilla valtionjohdoilla, yrityksillä, voittoa tavoittelemattomilla organisaatioilla, uutismedioilla, journalisteilla, urheiluseuroilla ja urheilijoilla sekä aktivisteilla ja muilla merkittävillä yksityishenkilöillä on tällaiset todennetut käyttäjätilit. Niiden käyttäminen tässä opinnäytetyössä on perusteltua kahdesta syystä. Ensiksikin ilman esiteltyä rajausta twiittien määrä kasvaisi yli 26 miljoonaan tällä viiden vuoden aikajänteellä, mikä vaikeuttaisi twiittien jaottelua aiheisiin koneoppimismalleja hyödyntäen. Toiseksi todennettujen käyttäjätilien ollessa merkittävien käyttäjien hallitsemia ne saavuttavat laajan lukijakunnan ja valtavan määrän sijoittajia. Lisäksi rajaus todennettuihin käyttäjätileihin jättää todennäköisesti tarkastelun ulkopuolelle huomattavan määrän todentamattomien Twitter-bottien lähettämiä automaattisia julkaisuja. Twiittien määrän rajaaminen mahdollistaa niiden jakamisen erilaisiin aiheisiin koneoppimismallia hyödyntäen jokseenkin vastaavalla tavalla kuin Faccinin ym. (2021) tutkimuksessaan.

Lopulliseksi twiittien määräksi edellä mainituin kriteerein tuli 1 645 419. Ennen kuin tekstidataa on järkevää syöttää aihemallin jaoteltaviksi, on siitä puhdistettava tarpeettomia merkkejä ja harvakseltaan käytettyjä sanoja. Lisäksi tekstien sanat on yleensä hyvä muuttaa perusmuotoonsa. Poistin twiiteistä Pythonia käyttäen URL-osoitteet, hashtagit (myös niissä esiintyvät sanat), numerot, muut symbolit ja välimerkit. Lopuksi poistin tarpeettomat hukkasanat, yksittäiset kirjaimet sekä sanat, jotka väistämättä toistuivat useissa teksteissä. Näitä sanoja olivat ”climate”, ”change”, ”global” ja ”warming”. Tämän jälkeen muutin sanat perusmuotoon, jotta aihemalli osaa tunnistaa teksteissä toistuvat erimuotoiset sanat samoiksi sanoiksi. Tekstidokumenttien keskimääräiseksi sanamääräksi muodostui esikäsitteilyn myötä noin 12.

Sanojen esiintymistä teksteissä voidaan tutkia esimerkiksi tf- ja tf-idf-mittojen<sup>13</sup> avulla, jotka ovat varsin usein hyödynnettyjä keinoja tekstidatan analysoinnissa. Tosin näiden mittojen käyttökelpoisuus heikkenee huomattavasti lyhyille dokumenteille, koska sanan esiintyvyys useamman kerran samassa tekstissä on selvästi epätodennäköisempää (Yin & Wang 2014). Näistä syistä jätetään kyseiset tekstien analysointimenetelmät tässä opinnäytetyössä tarkastelun ulkopuolelle.

## 4.2 Aihemallit

Twitterin tekstidatan analysoinnissa täytyy ottaa huomioon tekstidatan luonne, etenkin sen rajattu pituus (280 merkkiä/ twiitti) sekä twiiteissä käytetyn sanaston laajuus ja epäformaalius. Kaikista käytetyin ohjaamattoman koneoppimisen malli teksteissä piilevien aiheiden erittelyyn on LDA-malli (Latent Dirichlet Allocation). LDA-mallin tuloksena saadaan jokaiselle tekstille todennäköisyydet sen kuulumisesta kuhunkin aiheeseen ja toisaalta jokaiselle sanalle saadaan todennäköisyys sen kuulumisesta kuhunkin aiheeseen. Aiheiden määrä valitaan etukäteen ennen mallintamista. Toisin sanoen LDA-mallissa tekstidokumentit esitetään sekoituksina erilaisia piileviä aiheita, ja jokainen aihe kuvaillaan jakaumana erilaisia sanoja (Blei ym. 2003).

Pitkien tekstien tapauksessa LDA-malli toimii yleensä varsin hyvin, sillä se pohjautuu yleistävään oletukseen, että jokainen dokumentti koostuu useasta aiheesta (Mazarura & de Waal 2016). Tämä vaikuttaa uskottavalta oletukselta ajateltaessa esimerkiksi kirjan lukuja tai pitkäkököjä uutistekstejä, jotka voivat koostua periaatteessa monestakin aiheesta sanojen määrän ollessa suuri. Mitä lyhyemmästä tekstistä on kyse, sitä todennäköisempää on, että se liittyy yksittäiseen aiheeseen.

Suurin osa aihemalleista perustuu sanojen samanaikaiseen esiintymiseen teksteissä, jonka myötä mallit pystyvät löytämään selviä aiheita kokoelmista erilaisia tekstejä. Lyhyiden twiittien tapauksessa LDA-aihemallilla saattaa olla vaikeuksia muodostaa merkittäviä

---

<sup>13</sup> TF (term frequency) kuvastaa sitä, kuinka usein termi (t) esiintyy tekstissä ja se lasketaan seuraavasti: termin t lukumäärä tekstissä / sanojen kokonaismäärä tekstissä. IDF (inverse document frequency) puolestaan kuvaa, kuinka tärkeä termi on. IDF vähentää siten niiden termien painoa, jotka esiintyvät erittäin usein ja lisää niiden painoa, jotka esiintyvät harvemmin. IDF lasketaan seuraavasti:  $\log(\text{sanojen kokonaismäärä/dokumenttien määrä, joissa esiintyy termi } t)$ . TF-IDF lasketaan seuraavasti:  $\text{tf} * \log(\text{idf})$ . TF-IDF kuvaa sitä, kuinka tärkeä termi t on kyseisessä dokumentissa, toisin sanoen mitä suuremman arvon termi t saa, sitä harvinaisempi uniikimpi ja tärkeämpi termi on kyseisessä tekstissä.

aiheita, koska sanoja yksittäisessä julkaisussa on niin niukasti, että sanojen yhtäaikainen esiintyvyys saattaa jäädä vähäiseksi. (Mottaghinia ym. 2021; Mazarura & de Waal 2016.)

Twittidatan luonteeseen kuuluu lisäksi se, että julkaisuissa käytetty sanasto on yleensä hyvin laaja (high dimensional) ja lisäksi päivittäisten twiittien määrä on valtava (Yin & Wang 2014). Näitä ongelmia silmällä pitäen lyhyiden tekstien aiheiden tarkasteluun on kehitetty GSDMM-algoritmi (Gibbs Sampling algorithm for the Dirichlet Multinomial Mixture), jossa jokaisen tekstin oletetaan kuuluvan ainoastaan yhteen aiheeseen. GSDMM-algoritmin toimintaa ja sen parametreja voidaan kuvata yksinkertaisen esimerkin avulla, jonka Yin ja Wang (2014) esittelevät artikkelissaan. Esimerkkiprosessia kutsutaan nimellä Movie Group Process, jossa elokuvakurssilla tarkoituksena on keskustella erilaisista elokuvista.

Aluksi opiskelijat jaetaan satunnaisesti tiettyyn määrään ( $K$ ) pöytiä. Pöytien määrä kuvastaa erilaisten elokuvakategorioiden enimmäismäärää. Kurssin vetäjä ohjeistaa opiskelijoita kirjoittamaan ylös elokuvia, jotka he ovat nähneet. Rajatussa ajassa opiskelijat kirjoittavat todennäköisesti ylös elokuvia, jotka ovat nähneet viimeksi tai joista pitävät erityisen paljon. Kurssin vetäjän tarkoituksena on jakaa opiskelijat ryhmiin, jossa he voivat käydä parhaiten keskustelua toistensa kanssa. Parhaiten keskustelu todennäköisesti onnistuu, kun samassa ryhmässä on opiskelijoita, joiden listassa on samoja elokuvia. Alkuasetelman jälkeen kurssin vetäjä pyytää opiskelijoita vuorotellen valitsemaan uuden pöydän  $I$  kertaa, joka kuvastaa iterointien määrää. Opiskelijoiden oletetaan tekevän valinnat seuraavia sääntöjä noudattaen:

1. uudessa pöydässä on enemmän opiskelijoita kuin nykyisessä pöydässä (täydellisyys)
2. uudessa pöydässä on opiskelijoita, joilla on yhteneväisempi lista elokuvia kuin nykyisessä pöydässä (homogeenisyys)

Prosessin edetessä opiskelijat valikoituvat ryhmiin, ja toiset ryhmät pienenevät toisten kasvaessa. Opiskelijoiden kirjoittamia listoja elokuvista voidaan ajatella teksteinä. Listoissa esiintyviä yksittäisiä elokuvia voidaan puolestaan ajatella sanoina. Edellä esitelty Movie Group -prosessin oletukset opiskelijoiden valinnoista tukevat Yin ja Wangin (2014) mukaan klusteroinnin kahta tärkeää tavoitetta: täydellisyyttä ja homogeenisuutta. Ensimmäinen sääntö johtaa korkeaan täydellisyyteen, sillä se tekee



suosituista ryhmistä (aiheista) entistä suosituimpia. Toinen sääntö puolestaan vahvistaa homogeenisuutta kuvaten sitä, että jokainen klusteri sisältää ainoastaan opiskelijoita (twiittejä) todellisesta ryhmästä. Toisin sanoen korkea homogeenisuus johtaa koherentteihin, samankaltaisiin twiitteihin kussakin aiheessa.

GSDMM on Diriclet Multinomial Mixture -malliin (DMM) perustuva algoritmi (Yin & Wang 2014). DMM-mallia voidaan kuvailla siten, että se luo jokaisen tekstin todennäköisyysjakauman  $\theta$  mukaisesti, joka koostuu erilaisista sekoitetekijöistä  $k$  (aiheista). Tekstien oletetaan siis muodostuvan sekoitemallin mukaisesti ja jokaista sekoitetekijää kohden oletetaan olevan ainoastaan yksi aihe. Ensiksi malli valitsee sekoitemuuttujan (aiheen) sekoitepainojen mukaisesti, mikä voidaan kirjoittaa seuraavasti  $P(k|\theta)$ . Sen jälkeen malli luo tekstin valittua aihetta ja jakaumaa  $P(d|k;\theta)$  hyödyntäen. (Nigam ym. 2000.) Täten DMM-malli pohjautuu oletukselle, että jokainen teksti on ainoastaan yhden aiheen luoma (Qiang ym. 2022), eikä koostu useammasta aiheesta, toisin kuin LDA-mallissa oletetaan. Elokuvakeskustelukurssin esimerkissä tämä kuvautuu siten, että opiskelija voi istua kerrallaan ainoastaan yhdessä pöydässä.

Yksittäisen tekstin  $d$  saamaa todennäköisyyttä voidaan siis luonnehtia seuraavan kaavan avulla, joka on kaikkien eri sekoitetekijöiden (aiheiden) todennäköisyyksien summa,

$$P(d|\theta) = \sum_{k=1}^K P(k|\theta) P(d|k;\theta), \quad (6)$$

jossa  $K$  kuvaa aiheiden määrää. DMM-malli perustuu Naive Bayes -oletukselle, jonka mukaisesti tekstissä esiintyvät sanat ovat toisistaan riippumattomia, eikä sanan sijainnilla ole vaikutusta siihen, kuinka todennäköisesti se esiintyy tekstissä. (Nigam ym. 2000.) Kaavan 6 oikean puolen toinen termi kuvaa todennäköisyyttä, että dokumentti on sekoitemuuttujan (aiheen)  $k$  luoma, ja se voidaan kirjoittaa Naive Bayes -oletusten vallitessa seuraavasti (Yin & Wang 2014):

$$P(d|k;\theta) = \prod_{d=1}^D P(w_d|k;\theta), \quad (7)$$

jossa  $d$  on tekstidokumentti ja  $w_d$  on kaikki sanat tekstidokumentissa. Kaavan 7 oikea puoli osoittaa, että yksittäistä sekoitemuuttujaa (aihetta) voidaan kuvata sanojen

todennäköisyyksien kokoelmana, multinomijakaumana<sup>14</sup>, jossa jokaisessa aiheessa olevien sanojen todennäköisyydet summautuvat yhteen. Oletetaan myös, että tekstin pituuden jakauma on identtinen eri sekoitemuuttujien kesken. Lisäksi oletetaan, että sekoitemuuttujien painot on poimittu satunnaisesti multinomijakaumasta. (Nigam ym. 2000.) Näiden oletusten valossa ja kaavan 7 avulla saatu suurin todennäköisyys eri sekoitetekijöiden kesken osoittaa, minkä sekoitetekijän luoma teksti on kaikista todennäköisimmän, toisin sanoen, mikä aihe kuvaa tekstiä parhaiten.

DMM-mallin generatiivinen prosessi kuvaa sitä, miten malli olettaa tekstidokumenttien muodostuvan. Luonnollisesti on hyvä pitää mielessä, että yksittäisen tekstin muodostuminen on varsin monimutkainen ja vaikeasti mallinnettava prosessi, jota pyritään kuvaamaan yksinkertaistetusti tiettyjen oletusten vallitessa. Aikaisemmin esitettyjen lyhyiden tekstien ominaisuuksien takia DMM:n oletuksia voidaan pitää muutamalle, kuten LDA-mallia, osuvampina. DMM-mallin generatiivista prosessia voidaan kuvata seuraavalla tavalla (Qiang ym. 2022; Mazarura & De Waal 2016):

- 1) Poimitaan satunnaisesti aiheiden jakauma  $\theta \sim \text{Dirichlet}(\alpha)$ .
- 2) Jokaista aihetta kohden muodostetaan jakauma siinä esiintyvistä sanoista  $\theta_k \sim \text{Dirichlet}(\beta)$ .
- 3) Jokaiselle dokumentille tekstikorpuksessa
  - a. poimitaan satunnaisesti aihe multinomijakaumaa,  $z_d \sim \text{Multinomial}(\theta)$ , hyödyntäen
  - b. jokaista sen sanaa kohden poimitaan satunnaisesti sana multinomijakaumaa,  $w \sim \text{Multinomial}(\phi_{z_d})$ , hyödyntäen

DMM:n prosessista huomataan, että aiheiden jakauma valitaan sattumanvaraisesti kerran jokaiselle dokumentille, kun puolestaan LDA:n prosessissa aiheiden jakauma valitaan sattumanvaraisesti uudelleen jokaisen dokumentin kohdalla. LDA-mallissa siis oletetaan, että sanat muodostuvat aiheista ja dokumentin sanoille osoitetut aiheet voivat vaihdella loputtomasti. (Blei ym. 2003.) Täten LDA-mallia hyödyntäen muodostuu jokaiselle tekstille todennäköisyysjakauma erilaisista aiheista. Vastaavanlaista

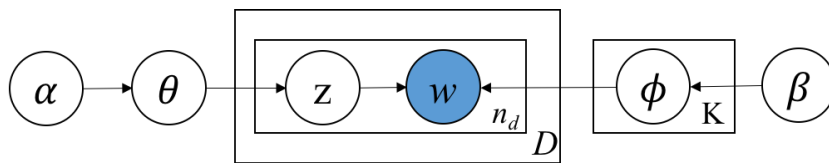
---

<sup>14</sup> Multinomijakauma on jakauma, jossa mahdollisia tuloksia on enemmän kuin kaksi. Yksinkertaisena esimerkkinä voidaan ajatella nopanheittoa, joka toteutetaan enemmän kuin kaksi kertaa.

todennäköisyysjakaumaa ei synny DMM-mallissa, koska jokaisen tekstin oletetaan muodostuvan ainoastaan yhdestä aiheesta. Tästä huolimatta DMM-mallia pidetään pehmeänä klusterimallina, koska jokaiselle tekstille voidaan, niin haluttaessa, laskea todennäköisyys myös jokaista aihetta kohden (Yin & Wang 2014). Tämä ei kuitenkaan tuota DMM:n oletusten valossa lisäarvoa, sillä samanaikaisesti yksittäinen tekstidokumentti ei voi kuulua useampaan aiheeseen.

### 4.3 GSDMM-algoritmi

GSDMM on algoritmi, joka hyödyntää Gibbsin otantaa DMM-mallissa. Algoritmin syötteenä on kaikki dokumentit tekstikorpuksessa. Tarkoituksena on löytää teksteissä piilevät aiheet ja ryhmitellä tekstidokumentit näihin aiheisiin mahdollisimman todenmukaisesti. Alla on kuvattu GSDMM:n toiminta graafisesti.



Kuva 2 GSDMM graafisesti esitetynä (mukaiillen Qiang ym. 2022)

Kuvassa tummalla on osoitettu ne elementit, jotka ovat havaittavissa. Teksteistä voidaan havaita ainoastaan niissä käytetyt sanat. Kaikki muut ominaisuudet ovat piileviä.  $D$  kuvastaa kaikkia tekstikorpuksen dokumentteja ja  $n_d$  kuvastaa dokumentissa olevia sanoja  $w$  sekä  $z$  dokumentissa piilevää aihetta. GSDMM-algoritmi toimii seuraavanlaisesti (Yin & Wang 2014):

<Alku

Valitaan aiheiden määrä  $K$ , iterointien määrä  $I$  sekä hyperparametrit  $\alpha$  ja  $\beta$ .

Määritellään  $m_z$ ,  $n_z$  ja  $n_z^w$  nolaksi jokaiselle aiheelle  $z$ .

#### **Käydään jokainen dokumentti $d$ läpi:**

Valitaan sattumanvaraisesti aihe  $z$  jokaiselle  $d$ :lle.

$$z_d \leftarrow z \sim \text{Multinomi}(1/K)$$

$$m_z \leftarrow m_z + 1 \text{ ja } n_z \leftarrow n_z + N_d$$

#### **Käydään jokainen $d$ :n sana $w$ läpi:**

$$n_z^w \leftarrow n_z^w + N_d^w$$

**Iteroidaan  $I$  kertaa:**

**Käydään jokainen  $d$  läpi:**

Laitetaan  $d$ :n sen hetkinen aihe muistiin.

$$m_z \leftarrow m_z - 1 \text{ ja } n_z \leftarrow n_z - N_d$$

**Käydään jokainen sana läpi:**

$$n_z^w \leftarrow n_z^w - N_d^w$$

Valitaan  $d$ :lle uusi aihe ehdollisesta jakaumaa hyödyntäen:

$$z_d \leftarrow z \sim p(z_d = z | \vec{z}_{-d}, \vec{d}) \quad (\text{kaava 8})$$

$$m_z \leftarrow m_z + 1 \text{ ja } n_z \leftarrow n_z + N_d$$

**Käydään jokainen sana läpi:**

$$n_z^w \leftarrow n_z^w + N_d^w$$

Loppu>

Elokuvakeskustelukurssin esimerkin tavoin GSDMM-algoritmi jakaa ensiksi tekstit satunnaisesti  $K$  aiheeseen (klusteriin).  $N_d$  on tekstissä olevien sanojen määrä,  $N_d^w$  on sanan  $w$  esiintymiskertojen määrä tekstissä  $d$ . Algoritmi tallentaa klustereihin jaon jälkeen seuraavanlaiset tiedot:  $\vec{z}$  (vektori, joka kuvaa dokumenttien aiheita),  $m_z$  (dokumenttien määrä aiheissa  $z$ ),  $n_z$  (sanojen määrä aiheessa  $z$ ) ja  $n_z^w$  (kuinka monta kertaa sana  $w$  esiintyy aiheessa  $z$ ). Tämän jälkeen algoritmi käy jokaisen dokumentin läpi  $I$  kertaa. Dokumentille määritetään uudelleen aihe jokaisella iterointikerralla hyödyntäen seuraavanlaista ehdollista jakaumaa

$$p(z_d = z | \vec{z}_{-d}, \vec{d}) \propto \frac{m_{z,-d} + \alpha}{D - 1 + K\alpha} \frac{\prod_{w \in d} (n_{z,-d}^w + \beta)}{\prod_{i=1}^{N_d} (n_{z,-d} + V\beta + i - 1)}, \quad (8)$$

jossa  $-d$  kuvaa sitä, että tekstin  $d$  klusterinimike on poistettu vektorista  $\vec{z}$ ,  $V$  on uniikkien sanojen määrä tekstikorpuksessa,  $D$  on dokumenttien määrä korpuksessa,  $\vec{d}$  on kaikki dokumentit korpuksessa. Joka kerta, kun teksti siirtyy toiseen klusteriin, algoritmi päivittää aikaisemmin esiteltyt tiedot  $\vec{z}$ ,  $m_z$ ,  $n_z$ , ja  $n_z^w$ .

Twiitit valikoituvat aiheisiin samalla tapaa kuin opiskelijat eri pöytiin elokuvakeskustelukurssia kuvaavassa esimerkissä. Twiitit siis valikoituvat aiheisiin, joissa on jo valmiiksi enemmän twiittejä ja toisaalta twiitit valikoituvat niihin ryhmiin, joiden teksteissä on eniten samoja sanoja. Luonnollisesti, mitä enemmän yksittäisen twiitin sisältämät sanat vastaavat sille osoitetussa klusterissa esiintyviä yleisimpiä sanoja,

sitä suuremmalla todennäköisyydellä twiitti kuuluu tosiasiallisesti samaan aiheeseen muiden siinä olevien twiittien kanssa.

GSDMM-mallin parametri  $\alpha$  kontrolloi sitä, kuinka todennäköisesti opiskelija valitsee tyhjän pöydän tai vastaavasti ajatellen, kuinka twiitti valikoituu tyhjään klusteriin. Toisin sanoen se kuvaa sitä, kuinka paljon samoja sanoja malli vaatii eri tekstien välillä, jotta ne voidaan luokitella samaan ryhmään.  $\alpha$  valitaan väliltä 0 ja 1. Jos  $\alpha$  on nolla, twiitti ei ikinä valikoidu jo valmiiksi tyhjään klusteriin. Alhainen  $\alpha$  johtaa siten pienempään määrään aiheita. Parametri  $\beta$  puolestaan kontrolloi sitä, kuinka samanlaisia aiheista muodostuu.  $\beta$  ollessa pieni tuloksena syntyy enemmän samanlaisia aiheita, kun taas sen ollessa suuri, syntyy enemmän erilaisia aiheita, joista toiset sisältävät todennäköisesti enemmän tekstejä. Lopullisten aiheiden (klustereiden) määrä on helpoiten kontrolloitavissa  $\beta$ :n avulla, mutta  $\alpha$ :lla on myös havaittu olevan hieman vaikutusta. (Yin & Wang 2014.)

#### 4.4 Twiittien jaottelu aiheisiin

Kun tarkastelun kohteena ovat lyhyet tekstit, GSDMM-mallin on havaittu olevan stabiilimpi ja tuottavan parempia tuloksia koherenssimittoin tarkasteltuna kuin LDA-mallin (Mazarura 2016). Koherenssimitta kertoo, kuinka todenmukaisesti malli pystyy jaottelemaan tekstit aiheisiin. Valitsin tätä tutkimusta varten parametrit GSDMM-malliin pohjautuen aikaisempaan kirjallisuuteen ja erilaisten parametrivalinnoin saamiini koherenssilukuihin. Yin ja Wangin (2014) mukaan vaikuttaa siltä, että seuraavat parametrit toimivat yleisesti hyvin GSDMM-mallia implementoitaessa:  $\alpha = 0.1$ ;  $\beta = 0.1$ . Iterointien määräksi valittiin 10, koska sillä saavutetaan parhaat koherenssiluvut ja yksiselitteisimmät aiheet.

Jo viiden iteroinnin on huomattu tuottavan varsin stabiileja tuloksia. Tämä johtuu osaksi siitä, että malli päivittyy aina GSDMM-algoritmin siirtäessä tekstin uuteen klusteriin. Malli siis päivittyy yhden iteroinnin aikana yhtä monta kertaa kuin dokumentteja on tekstikorpuksessa kokonaisuudessaan. (Yin & Wangin 2014.) Parametri  $K$  tulee puolestaan valita koherenssimittojen perusteella, ja  $K$ :n arvoilla 10–40 näyttäisi yleisesti tulevan parhaita tuloksia (Mazarura 2016).  $K$  on siis klustereiden määrä, toisin sanoen mahdollisten aiheiden määrä tekstidatassa. Käytin GSDMM-mallin implementointiin Pythonin `gsdmm`-pakettia (Walker 2017).

Parhaan mallin määrittämiseen on kehitetty useita koherenssimittoja. Käytin Pythonin gensim-paketia (Rehurek & Sojka 2011) koherenssimittojen laskemiseksi. Röderin ym. (2015) mukaan aihemallien evaluointiin toimii parhaiten Cv-mitta, sillä se näyttäisi korreloivan parhaiten ihmisen pisteyttämien tulosten kanssa. Koherenssimittaa ja mallien tuottamia aiheita tarkastellen parhaaksi malliksi valikoitui malli parametrein  $\alpha = 0.1$ ;  $\beta = 0.1$ ; iterointeja 10 kpl sekä  $K=25$ . Näillä parametreilla GSDMM-algoritmi erotteli teksteistä 25 aihetta ja jaotteli tekstit näihin aiheisiin. Näillä parametreilla keskimääräiseksi Cv-koherenssimitaksi aiheille muodostui 0,43. Käytin vertailun vuoksi myös Umass-koherenssimittaa, jonka koherenssiluvuksi saatiin -3,46. Röderin ym. (2015) mukaan, mitä korkeampi Cv-mitta on, sitä paremmin mallin jakamat aiheet vastaavat ihmisen erottelemia aiheita. Umass-mitta ei puolestaan korreloi läheskään niin vahvasti ihmisen erottelemien aiheiden kanssa. Saamani koherenssimitat osoittavat, että GSDMM-algoritmin jakamat aiheet ovat kohtuullisen hyvin ihmisen nimettävissä. Aiheiden tarkempi tarkastelu kuitenkin osoittaa, että osa aiheista on selvästi helpommin nimettävissä kuin toiset.

Liitteenä 1 on taulukko, jossa nähdään mallin jaottelemat aiheet ja sanat, jotka todennäköisimmin esiintyvät näissä aiheissa. Taulukon kolmas kolumni kertoo, kuinka monta twiittiä kuuluu mihinkin aiheeseen ja aiheet on järjestetty sen mukaan yleisimmästä harvinaisimpaan. Niin kuin voidaan huomata osa aiheista (esim. aihe 5 ja 9) on helpommin nimettävissä, kun taas osalle (esim. aihe 2 ja aihe 6) on vaikea löytää koherenttia aihetta. Liitteenä 2 olevassa taulukossa on puolestaan ote alkuperäisistä twiiteistä ja siinä näkyy myös, mihin aiheeseen GSDMM-algoritmi on kunkin twiitin luokitellut. Vaikuttaa siltä, että malli pystyy luokittelemaan suurimman osan twiiteistä järkevästi. Liitteenä 2 olevassa taulukossa on myös jokaisen twiitin kohdalla esitettyä todennäköisyys, että se kuuluu sille osoitettuun aiheeseen.

Fyysisiä ilmastoriskejä ja sään ääri-ilmiöitä kuvaavat aiheet 5 ja 12. Kansainvälisiä ilmastokokouksia kuvaa selkeimmin aihe 9. USA:n ilmastopolitiikkaa kuvaavat puolestaan aiheet 10 ja 19. Aihe 4 voisi puolestaan kuvata fossiilista energiantuotantoa ja aihe 20 riskejä rahoitusmarkkinoille. Aihe 17 liittyy selkeästi luonnon monimuotoisuuteen ja aihe 21 puolestaan ruoantuotantoon.

Tekstifaktoreiksi valittiin aiheet, jotka poikkeavat toisistaan eniten, ovat helpoiten nimettävissä ja sisältävät mahdollisimman paljon samanlaisia twiittejä. Näitä

vaikuttaisivat olevan seuraavat aiheet: sään ääri-ilmiöt ja fyysiset riskit (5 ja 12), kansainväliset ilmastokokoukset (9), riskit rahoitusmarkkinoille (20) ja USA:n ilmastopolitiikka (10 ja 19). Sään ääri-ilmiöt kuvaavat hyvin ilmastonmuutoksen fyysisiä riskejä, kun puolestaan ilmastopolitiikka ja kansainväliset ilmastokokoukset kuvastavat ennemminkin transitoriskejä. USA:n ilmastopolitiikka kuvaa hyvin lyhyen aikavälin transitoriskiä. Kansainväliset ilmastokokoukset -aihe kuvaa myös osaltaan keskipitkän ja pitkän aikavälin transitoriskejä, sillä ilmastokokouksissa keskustellut ja päätetyt toimet päätyvät usein vasta vuosien jälkeen toimeenpantaviksi kansallisella tasolla, jos ollenkaan. Sään ääri-ilmiöt ja globaali ilmaston lämpeneminen kuvaavat aiheina epäsuorasti transitoriskiä, sillä ne saavat päättäjät mahdollisesti tekemään ilmastonmuutosta ehkäisevää ilmastopolitiikkaa (Faccini 2021). Alla olevassa taulukossa on listattuna tietoja kustakin tekstifaktorista ja niiden yhdistelmistä.

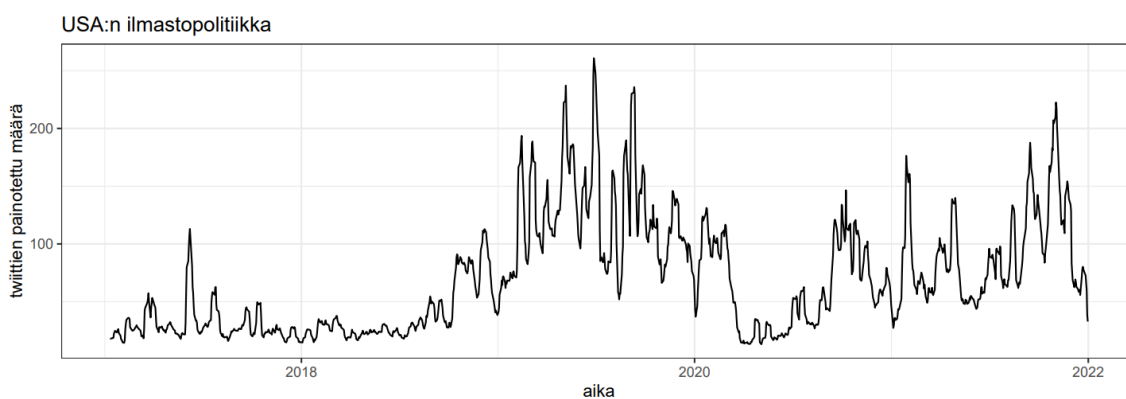
Taulukko 1 Tietoja tekstifaktoreista

	<b>fys</b>	<b>uspol</b>	<b>ilmkok</b>	<b>RM</b>	<b>agg</b>
keskiarvo	88	70	40	29	226
mediaani	69	53	21	24	190
maksimi	1 962	592	1 397	280	2 340
minimi	12	5	1	1	39
keskihajonta	81	64	71	25	167

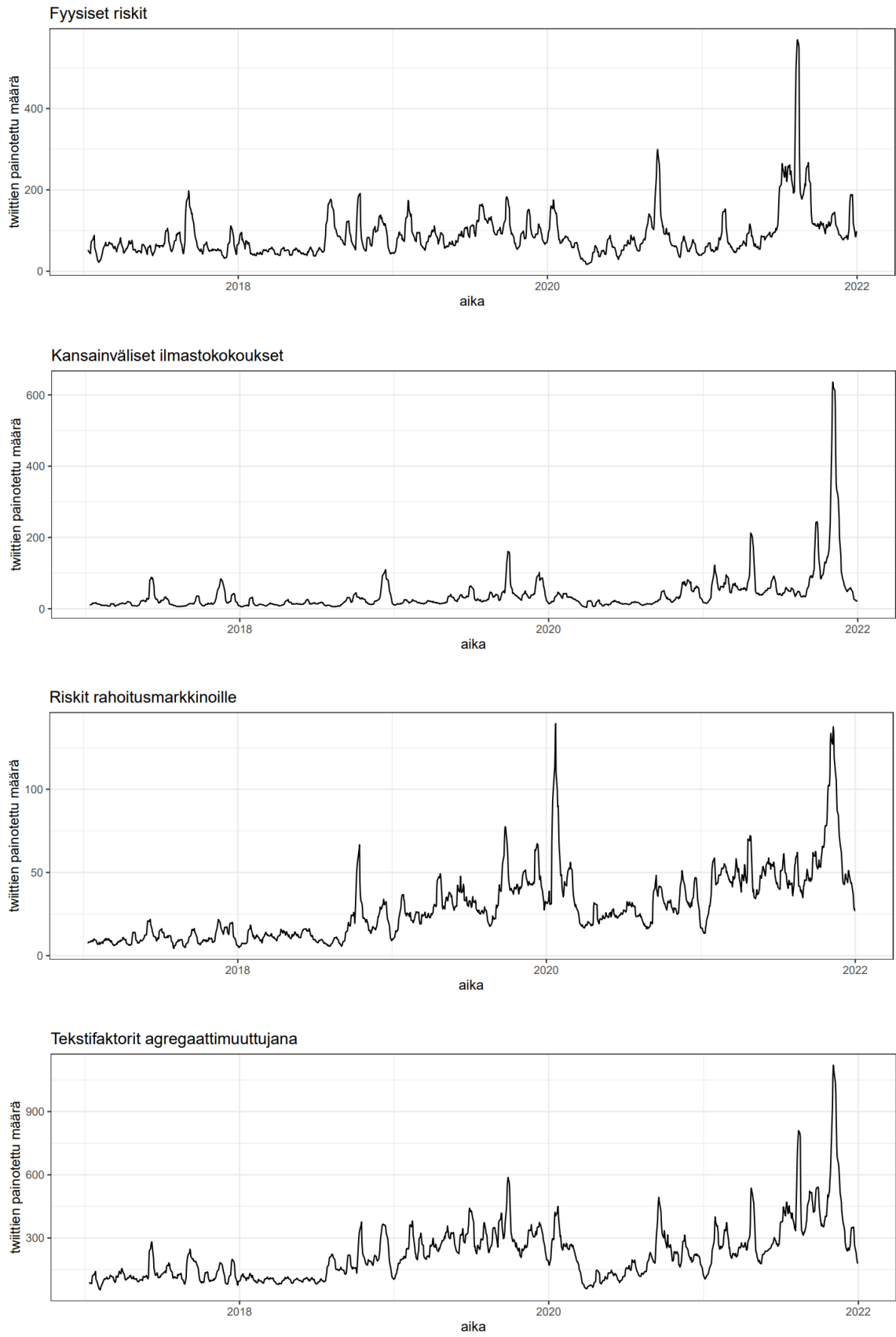
Taulukossa on kuvattuna tekstifaktoreiden keskiarvot, mediaanit, maksimit ja minimi, jotka on laskettu twiittien painotetuista päivittäisistä määristä. Jokainen twiitti saa GSDMM-algoritmin tuotoksena todennäköisyyden, että se kuuluu sille osoitettuun aiheeseen. Täten, jos twiitti ei kuulu niin selkeästi sille osoitettuun aiheeseen, saa se pienemmän painon, ja vaikuttaa näin vähemmän twiittien muodostamaan todennäköisyyksien summaan kyseisenä päivänä. GSDMM-algoritmin tuotoksena todennäköisyyksien keskiarvo on kuitenkin noin 85 %, joten twiittien painotettu määrä ei poikkea kovinkaan merkittävästi twiittien absoluuttisesta määrästä. Pääasiallisesti voidaan argumentoida, että twiittien määrän kasvu kuvastaa yleisesti ilmatoriskin kasvua. On kuitenkin hyvä huomata, ettei asia välttämättä ole aivan näin suoraviivainen. Jos esimerkiksi twiitissä kuvataan, kuinka metsäpalojen määrät ovatkin jostain syystä laskeneet viimeisen viiden vuoden aikana, voidaan tämä pikemminkin nähdä fyysisen riskin pienentymisenä kuin kasvuna.

Alla olevista kuvista havaitaan twiittien painotettu määrä päivää kohden. Suoranaisen twiittien painotetun määrän sijasta käytetään kuitenkin todennäköisyyksien summan keskiarvoa viimeiseltä seitsemältä päivältä. Seitsemän päivän keskiarvoa hyödynnetään, koska se mahdollistaa pörssien aukioloaikojen ulkopuolella tapahtuneiden twiittausten huomioimisen, ja lisäksi se tasoittaa hieman poikkeavan suuria päivähavaintoja. Yleisesti alla olevista aikasarjojen kuvaajista voidaan todeta, että twiittien määrissä on havaittavissa poikkeavan suuria havaintoja. Lisäksi jokaisesta kuvaajasta voidaan havaita, että keskustelu ilmastomuutoksen ympärillä on hiljentynyt koronaviruksen (COVID-19) ja sen aikaansaaman globaalin pandemian alussa vuoden 2020 helmikuusta huhtikuun, jonka jälkeen määrät ovat normalisoituneet.

Fyysisen riskin kuvaajan tarkastelu osoittaa, että poikkeuksellisen suuret havainnot painottuvat vuosittain heinä-lokakuun välille. Yhdysvaltojen maastopalojen vuosittaista ajoitusta tutkittaessa havaitaan, että suurin osa paloista ajoittuu juuri heinäkuulle (DataFace). Tulvat Euroopassa vaikuttaisivat myös keskittyvän vahvasti alkusyksyyn (Paprotny ym. 2018). Lisäksi hurrikaanit ja trooppiset myrskyt Atlantin ja itäisen Tyynen valtameren alueelle aiheuttavat merkittäviä luonnonkatastrofeja niin Yhdysvalloissa, Väli-Amerikassa kuin Kaakkois-Aasiassakin todennäköisimmin juuri elo-lokakuun välillä (National Hurricane Center). Tekstidataa tutkimalla vaikuttaisi siltä, että vuoden 2021 puolen välin ja hieman sen jälkeen havaittava twiittien määrän merkittävä nousu johtuu poikkeuksellisen suurista tulvista Keski-Euroopassa heinäkuussa sekä elokuun lopussa Yhdysvalloissa vaikuttaneesta hurrikaani Idasta. Nämä tapahtumat ovat selvästi lisänneet keskustelua fyysisistä ilmatoriskeistä.







Kuva 3 Twiittien painotetut määrät

USA:n ilmastopolitiikkaa kuvaavan tekstifaktorin kuvaajasta havaitaan, että twiittien määrissä tapahtui selkeää kasvua vuoden 2019 aikana. Muutamat poikkeavan suuret piikit havaitaan lähellä demokraattipuolueen ilmastopolitiikkasuunnitelman, Green New Deal, esittelyä edustajainhuoneessa helmikuun alussa 2019. Vuosi 2019 oli kokonaisuudessaan varsin merkittävä vuosi osavaltio ja sitäkin lokaalimmalla tasolla. Donald Trumpin presidenttiys, republikaanien enemmistö senaatissa ja siten liittovaltion ilmastopolitiikan löysyys saattoivat jopa kannustaa tiukentamaan osavaltiokohtaisia ilmastotavoitteita. Yhtenä merkittävimmistä päätöksistä seitsemän osavaltion kuvernöörit ja Washington DC:n pormestari allekirjoittivat tavoitteet, joiden mukaan osavaltioiden energia tulee koostua 100-prosenttisesti uusiutuvista energianlähteistä vuoteen 2050 mennessä. Näitä julkistuksia tuli ilmi läpi vuoden 2019. (CAP Report.)

Puolestaan kansainvälisiä ilmastokokouksia ja -politiikkaa kuvaavan tekstifaktorin kehitys osoittaa suurta vaihtelua ajassa. Ensimmäinen poikkeava havainto vuoden 2017 twiittien määrissä nähdään touko-kesäkuun vaihteessa, jolloin sosiaalisessa mediassa keskustelu oli vilkasta liittyen Yhdysvaltain eroamiseen Pariisin ilmastopimuksesta. Twiittien määrissä havaitaan nousua myös jokaisen vuoden lopussa, mikä perustuu mitä todennäköisimmin vuosittaisiin YK:n ilmastokokouksiin, jotka ovat yleensä pidetty lokamarraskuun vaihteessa. Vuoden 2021 maalis-huhtikuussa havaittava twiittien määrän nousu osoittautuu kulkevan käsikädessä Yhdysvaltojen isännöimän ilmastohuipputapaamisen kanssa, joka pidettiin Earth Dayn kanssa samaisena päivänä huhtikuun lopussa (SDG Knowledge Hub). Yleisesti voidaan todeta, että twiittien määrät näyttävät reagoivan merkittävimpiin ilmastoriskitapahtumiin, mikä antaa osaltaan tukea aikasarjojen käyttökelpoisuudelle riskifaktoreina.

## 5 Portfolioanalyysi ja Asset Pricing -mallien testaaminen

### 5.1 Riskitekijöiden korrelaatioanalyysi

Kuvassa 2 on taulukoituna riskifaktoreiden väliset korrelaatiot. Niitä tarkasteltaessa huomataan, että korrelaatiot suurimman osan riskifaktoreiden välillä ovat alle 0,4 eli kohtuullisen alhaisia. Tämä vahvistaa sitä, että riskifaktorit sisältävät toisistaan poikkeavia tekijöitä. Taulukossa kolme ensimmäistä muuttujaa ovat Faman ja Frenchin 3-faktoria, seuraavat kaksi (*RMW* ja *CMA*) ovat puolestaan Faman ja Frenchin kolmen faktoriin lisätyt kannattavuuteen ja investointeihin liittyvät faktorit. Lisäksi taulukossa näkyy myös momentumia kuvaava riskifaktori (*Mom*). Nämä paljon käytetyt riskifaktorit esiteltiin aikaisemmin kohdassa 3.1.3. Huomattavaa on se, että momentumilla on korkea negatiivinen korrelaatio arvopreemion (*HML*) kanssa. Lisäksi investointeihin liittyvä faktori (*CMA*) näyttää myös olevan korreloitunut muita vahvemmin arvopreemion kanssa.

Taulukko 2 Riskifaktoreiden korrelaatiomatriisi

	<i>Mkt-RF</i>	<i>SMB</i>	<i>HML</i>	<i>RMW</i>	<i>CMA</i>	<i>Mom</i>	<i>fys</i>	<i>uspol</i>	<i>ilmkok</i>	<i>RM</i>	<i>agg</i>
<i>Mkt-RF</i>	1	0,15	0,1	-0,04	-0,17	0	-0,01	-0,02	0	-0,02	-0,01
<i>SMB</i>	0,15	1	0,12	-0,3	0,01	-0,07	-0,04	-0,01	0,04	-0,01	0
<i>HML</i>	0,1	0,12	1	0,36	0,55	-0,65	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03
<i>RMW</i>	-0,04	-0,3	0,36	1	0,29	-0,37	0,04	0,01	0,05	0,06	0,05
<i>CMA</i>	-0,17	0,01	0,55	0,29	1	-0,29	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
<i>Mom</i>	0	-0,07	-0,65	-0,37	-0,29	1	0	0,01	0,01	0	0,01
<i>fys</i>	-0,01	-0,04	0,01	0,04	0,02	0	1	0,32	0,18	0,37	0,65
<i>uspol</i>	-0,02	-0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,32	1	0,42	0,6	0,75
<i>ilmkok</i>	0	0,04	0,03	0,05	0,03	0,01	0,18	0,42	1	0,68	0,78
<i>RM</i>	-0,02	-0,01	0,02	0,06	0,03	0	0,37	0,6	0,68	1	0,81
<i>agg</i>	-0,01	0	0,03	0,05	0,03	0,01	0,65	0,75	0,78	0,81	1

Viimeisimpänä taulukossa ovat tekstifaktorit (*fys*, *uspol*, *ilmkok* ja *RM*). *Fys* kuvaa ilmastomuutoksen fyysisiä riskejä, *uspol* puolestaan USA:n ilmastopolitiikkaa ja *ilmkok* kansainvälisiä ilmastokokouksia. *RM* puolestaan kuvaa rahoitusmarkkinoille kohdistuvaa ilmastoriskiä ja havaitaan, että se korreloi selvästi vahvemmin muiden tekstifaktoreiden kanssa. Kuten teoriaosuudessa argumentoitiin aikaisempaan kirjallisuuteen perustuen: niin transitio kuin fyysisillä riskeillä on vaikutusta rahoitusmarkkinoihin, ja siten korrelaatio rahoitusmarkkinoista ja erilaisista ilmastoriskeistä keskustelevien twiittien

määrien välillä on varsin helposti perusteltavissa. Riskifaktori *agg* kuvaa kaikkien näiden neljän ilmatoriskifaktorin yhdistelmää, ja taulukosta nähdään luonnollisesti, että se korreloi vahvasti kaikkien yksittäisten tekstifaktoreiden kanssa, joista vahvimmin rahoitusmarkkinoita kuvaavan tekstifaktorin kanssa.

## 5.2 Spread-portfolioiden muodostaminen

Osakekohtainen hintadata haettiin Refinitiv Eikonista. Otin Nasdaq Compositen ja New York Stock Exchangin aktiiviset osakkeet tutkimuksen kohteeksi. Tämä osakedata on varsin laaja sisältäen niin pienten ja keskisuurten kuin suurtenkin yritysten osakkeita. Refinitiv Eikonista haettiin päivän päätöshinnat jokaiselle osakkeelle alkaen 1.tammikuuta 2017 ja päättyen joulukuun 2021 loppuun, joka on sama aikaväli kuin jolta tekstidataa haettiin. Tällä aikavälillä osakedataa saatiin yhteensä 4484 yhtiöstä ja tuotot saatiin laskettua 3092 osakkeelle päivittäin. Keskimääräisesti tuotot saatiin laskettua yksittäiselle osakkeelle noin 1000 päivälle. Osakkeiden tuotot laskettiin seuraavasti: hetken  $t$  tuotto saadaan vähentämällä hetken  $t$  hinnasta hetken  $t-1$  hinta ja jakamalla erotus hetken  $t-1$  hinnalla.

Osakkeiden lajittelu portfolioihin tehdään Faccini ym. (2021) tutkimusta mukaillen. Jokaisen osakkeen tuottoa selitetään tekstifaktorilla kuvatulla ilmatoriskillä ( $F_t$ ) ja muilla yleisesti hyväksytyillä kontrollimuuttujilla ( $X_t$ ). Estimointia voidaan kuvata seuraavanlaisella kaavalla:

$$r_{i,t} - r_{f,t} = \alpha_i + \beta_i F_t + \gamma_i X_t + \epsilon_t, \quad (9)$$

jossa  $r_{i,t}$  on osakkeen  $i$  päivätuotto,  $r_{f,t}$  on riskitön korko ja  $\beta_i$  (tästä eteenpäin ilmastobeta) kuvaa osakkeeseen kohdistuvaa ilmatoriskiä, toisin sanoen kuinka herkästi osakkeen tuotto reagoi tähän ilmatorisktiin.

Alla olevassa taulukossa on listattuna regressiossa käytettävien kontrollimuuttujien prosentuaalisten päivätuottojen kuvailevia tietoja. Mkt-RF on markkinan ylituotto, SMB kokoeffekti, HML on arvopreemio, RMW kannattavuusefekti, CMA investointiefekti ja MOM momentum-efekti.

Taulukko 3 Kuvailevat tiedot kontrollimuuttujista, riskittömästä korosta ja osakedatasta

	Mkt-RF	SMB	HML	RMW	CMA	Mom	RF	Osakkeet
Keskiarvo (%)	0,070	-0,001	-0,033	0,021	-0,009	0,006	0,004	0,092
Mediaani (%)	0,090	-0,020	-0,070	0,010	-0,020	0,080	0,004	0,000
Maksimi (%)	9,340	5,540	6,740	2,250	2,460	5,920	0,010	3000
Minimi (%)	-12,0	-3,6	-5,02	-1,820	-2,26	-14,38	0,000	-92,87
Keskihajonta (%)	1,232	0,667	0,990	0,493	0,413	1,183	0,004	4,755
Alin desiili (%)	-1,01	-0,760	-1,02	-0,530	-0,480	-1,11	0,000	-3,248
Ylin desiili (%)	1,14	0,78	1,02	0,610	0,490	1,080	0,009	3,243

Yllä olevassa taulukossa on myös kuvailevat tiedot riskittömästä korosta RF, jona käytetään USA:n valtion maturiteetiltaan 1 kuukauden velkakirjan päiväkorkoa. Lisäksi taulukosta löytyy 4484 yhtiön päivätuottojen kuvailevat tiedot.

Kaava 9 estimoidaan kerran kuussa käyttäen viimeisen kolmen kuukauden päivätuottoja. Tekstifaktorina käytetään puolestaan twiittien painotettua keskiarvoista määrää viimeisen 7 päivän ajalta, koska tällöin voidaan ottaa huomioon myös ne twiitit, jotka on julkaistu pörssin aukiolopäivien ulkopuolella. Lisäksi tekstifaktorit on normalisoitu välille 0-1. Jokaisena kuukautena estimoitujen ilmastobetojen avulla muodostetaan osakeportfolio siten, että ostetaan osakkeita, joilla on kaikista korkein ilmastobeta ja myydään lyhyeksi osakkeita, joilla on alhaisin ilmastobeta. Vertailun vuoksi muodostetaan sekä kvintiili-että desiiliportfoliot. Molemmista portfolioihin jaotteluista muodostetaan spread-portfoliot, jossa ensimmäisessä ostetaan ylimpään 20 %:iin kuuluvia osakkeita ja myydään lyhyeksi alimpaan 20 %:iin kuuluvia osakkeita ilmastobetalla mitattuna. Jälkimmäisessä muodostetaan spread-portfolio vastaavasti, mutta 10 %:n jaolla.

### 5.3 Asset Pricing -mallien testaaminen

Niin kuin aikaisemmin aluvussa 3.1 esiteltiin, nyt muodostetulle portfoliolle estimoitua  $\alpha$ :a tarkastelemalla tutkitaan, onko kyseessä oleva ilmatoriski  $F_t$  hinnoiteltu osakemarkkinalla vai ei. Faccinin ym. (2021) tutkimusta mukaillen jokaista havaittua ilmatoriskiä tarkastellaan toisistaan erillään ja toisaalta myös siten, että kaikista twiiteistä muodostetaan yhteinen tekstifaktori niin, että se kuvastaa ilmatoriskiä kokonaisuudessaan.  $\alpha$ :n estimointiin käytetään samoja kontrollimuuttujia kuin kaavassa 1 käytettiin. Näitä ovat markkinafaktori, Faman & Frenchin kolmen faktorin ja viiden faktorin mallit sekä Fama-French-Carhart-mallit, joista kerrottiin aikaisemmin aluvussa 3.1. Nämä empiirisessä tutkimuksessa laajasti hyödynnetyt faktoridatat on tätä opinnäytetyötä varten ladattu Kenneth Frenchin datakokoelmista (Kenneth R. French

Data Library), jotka ovat julkisesti saatavilla verkosta. Tarkemmat datan kuvailut löytyvät kattavasti verkkosivuilta. Alla olevassa taulukossa 3 on raportoitu ylituotot ( $\alpha$ ) prosentuaalisina kuukausituottoina, ja niiden alla suluissa Newey-West t-arvot.

Taulukko 4 Asset Pricing -mallien testaustulokset

Ylituotto ( $\alpha$ ) raportoitu prosentuaalisena kuukausituottona, jonka alla suluissa Newey-West t-arvot. Merkitsevyytasot: 10 % (\*), 5 % (\*\*) ja 1 % (\*\*\*).

	Markkinamalli		FF3		FF3 + Carhart		FF5		FF5 + Carhart	
	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D
uspol	0,40 (0,83)	0,87 (1,44)	0,37 (0,74)	0,63 (1,26)	0,30 (0,64)	0,053 (0,08)	0,09 (0,23)	0,04 (0,83)	-0,06 (0,15)	0,04 (0,06)
fys	0,76 (1,26)	1,24** (2,03)	0,49 (1,44)	1,28** (2,16)	0,37 (1,10)	1,25*** (3,13)	0,06 (0,21)	0,06 (1,30)	-0,27 (-0,94)	0,7* (1,88)
ilmkok	-1,30** (-2,08)	-0,95 (-1,22)	-0,13 (-0,15)	0,08 (0,14)	-0,38 (-0,80)	0,042 (0,09)	-0,06 (-0,29)	-0,01 (-0,03)	-0,40 (-0,91)	-0,3 (-1,65)
RM	-0,09 (-0,20)	0,70** (2,25)	0,11 (0,26)	0,90** (2,16)	-0,08 (-0,20)	0,36 (0,83)	0,15 (0,37)	0,50 (1,42)	-0,22 (-0,76)	-0,15 (-0,38)
agg	0,33 (0,71)	0,80** (2,25)	0,91* (1,99)	1,8** (2,62)	0,43 (0,98)	0,71 (1,19)	0,49 (1,48)	0,16 (0,71)	0,20 (0,67)	-0,27 (-0,74)

Nämä robustit t-arvot ottavat huomioon datan heteroskedastisuuden ja autokorrelaation korjaamalla keskivirheitä sen mukaisesti. Heteroskedastisuudella tarkoitetaan regression virhetermien vaihtelevuutta otoksessa. Autokorrelaatio puolestaan kuvaa aikasarjadatan peräkkäisten havaintojen välistä korrelaatiota. Osakedatan ollessa kyseessä autokorrelaation ei ole havaittu olevan ongelmallinen päivä- tai viikkodataa tarkasteltaessa, mutta pidemmän aikavälin datassa, kuten kuukausidatassa, autokorrelaatiota alkaa jo esiintyä merkittävämmässä määrin (Fama & French 1988). Spread-portfolioiden tuotoissa havaitaan heteroskedastisuutta sekä autokorrelaatiota ja siksi virhetermien korjaaminen toteutetaan Newey-West-metodin avulla.

Taulukon 4 rivit kuvaavat ilmastobetojen estimointiin käytetyn tekstifaktorin ja kolumnit kuvaavat regressiossa käytettyjä kontrollimuuttujia. Taulukossa raportoidaan jokaista ilmatoriskia kohden kvintiili- sekä desiili-portfoliot, joita merkitään K:lla ja D:llä. Taulukon tulosten mukaisesti US:n ilmastopoliittikkaa kuvaavan ilmatoriskin avulla muodostetun spread-portfolion ei havaita tuottavan ylituottoa millään regressiomallispesifikaatiolla. Fyysistä riskiä kuvaavan tekstifaktorin avulla muodostetun spread-portfolion  $\alpha$ :n estimaatin havaitaan puolestaan olevan merkitsevä ja positiivinen

desiiliportfolioiden tapauksessa. CAPM-mallilla, toisin sanoen markkinamallilla sekä Fama-Frenchin 3:n faktorin mallilla estimoidun  $\alpha$ :n havaitaan olevan merkitsevä 5 %:n merkitsevyystasolla. Lisäksi Fama-French-Carhart -mallin kontrollimuuttujin fyysisen riskin spread-portfolioon havaitaan olevan merkitsevä jopa 1 %:n merkitsevyystasolla. Kun taas tarkastellaan fyysistä riskiä Fama-Frenchin 5-faktorin mallilla huomataan, ettei estimoitu  $\alpha$  ole merkitsevä. Puolestaan Fama-French 5 faktorin malli lisättyinä momentum-faktorilla tuottaa tilastollisesti merkitsevän  $\alpha$ :n 10 %:n merkitsevyystasolla. Huomionarvoista on myös se, ettei fyysisen riskin avulla kvintiileistä muodostettu spread-portfolio tuota ylituottoa. Tämä viittaisi mahdollisesti siihen, ettei markkina huomioi ilmastoriskejä ainakaan kovinkaan laajasti.

Rahoitusmarkkinoille koituvia ilmastoriskejä kuvaavan tekstifaktorin,  $RM$ , avulla muodostetun spread-portfolioon tuoton havaitaan olevan positiivinen ja tuottavan tilastollisesti merkitsevää ylituottoa markkinamallilla ja Fama-French 3-faktorin mallilla tarkasteltuna, mutta muilla regressiomallispesifikaatioilla ylituottoa ei havaita. Vastaavanlaiset havainnot voidaan tehdä ilmastoriskejä (*uspol*, *fys*, *ilmkok*,  $RM$ ) yhdistelmänä kuvaavan *agg*-tekstifaktorin tuloksista.  $RM$  ja *agg* tekstifaktoreiden tulosten samankaltaisuudet johtuvat todennäköisesti näiden kahden faktorin välisestä korkeasta korrelaatiosta (ks. Taulukko 2).

Ilmastonmuutoksen pidemmän aikavälin transitoriskiiä kuvaavan *ilmkok*-tekstifaktorin havaitaan olevan negatiivinen lähes kaikilla kontrollimuuttujilla tarkasteltuna, mutta merkitsevä ainoastaan kvintiiliportfolioon tapauksessa markkinamallilla tarkasteltuna. Desiiliportfolioita tarkasteltaessa tilastollisesti merkitseviä tapauksia ei havaita. Negatiiviset  $\alpha$ :t kuvaavat alituottoa markkinatuottoon verrattuna, mikä viittaisi siihen, että pidemmän aikavälin transitoriskien kasvaessa spread-portfolioon tuotto näyttäisi olevan heikompi markkinatuottoon verrattuna. Estimaatin kertoimet eivät kuitenkaan ole systemaattisesti merkitseviä, joten spread-portfolioon tarkastelun perusteella hypoteesia alituotosta ei voida vahvistaa tilastollisesti.

Myös fyysiset riskit ovat teoriaosuuden mukaisesti luokiteltu pidemmän aikavälin ilmastoriskeiksi, mutta niiden vaikutus näyttäisi olevan päinvastainen pidemmän aikavälin transitoriskeihin verrattuna. Taulukossa 3 esitetyt tulokset tukevat osaltaan Faccinin ym. (2021) raporttoimia tuloksia pidemmän aikavälin transitoriskien alituotosta. Intuitiivisesti tämä viittaisi siihen, että hiili-intensiivisten yritysten osakkeet laskevat ja

vähähiilisten yritysten osakkeet nousevat pidemmän aikavälin transitoriskin kasvaessa. Yhtenä selityksenä pidemmän aikavälin ilmatoriskin negatiiviselle alfalla voidaan argumentoida, että sijoittajat yksinkertaisesti näkevät ilmastopolitiikan kiristyvän pitkällä aikavälillä vähemmän kuin lyhyellä aikavälillä. Tämän perusteella vaikuttaisi siltä, etteivät sijoittajat ole, ainakaan vielä, sisällyttäneet mahdollista kansainvälisesti kiristyvää ilmastopolitiikkaa osakkeiden hintoihin. Vaikka samansuuntaisia tuloksia  $\alpha$ :n negatiivisuudesta voidaan havaita verrattaessa Faccinin ym. (2021) tuloksia omiin tuloksiini, ei hypoteesia, että  $\alpha=0$ , voida hylätä. Toisin sanoen ei voida todeta, etteivät ilmastonmuutoksen pidemmän aikavälin transitoriskit olisi sisällytetty osakkeiden hintoihin.

Koska fyysistä riskiä kuvaavan tekstifaktorin avulla muodostetun spread-portfolion  $\alpha$ :n havaitaan olevan merkitsevä kolmella eri Asset Pricing -mallilla, tarkastellaan muodostettujen desiiliportfolioiden ominaisuuksia tarkemmin seuraavaksi.

## 5.4 Portfolioiden ominaisuuksia

### 5.4.1 E-luokitukset

Yritysten luokittelu ympäristöystävällisyyden perusteella ei ole missään nimessä yksioikoinen. ESG-luokituksiin liittyviä standardeja on kehitelty vasta jokseenkin vähän aikaa ja yhteinen taksonomia EU:nkin tasolla on vielä työn alla. Kaikki tämä yhdistettynä epävarmuuteen ilmastonmuutoksen riskeistä itsestään, luovat merkittävää kompleksisuutta näiden riskien yritys- ja sektorikohtaiseen tulkintaan.

ESG-dataa on saatavilla useilta datantarjoajalta, kuten MSCI:ltä, Sustainalyticsiltä sekä Refinitiv:ltä. Nämä datantarjoajat keräävät tietoa sekä itse yritysten että viranomaisten julkaisuista ja muodostavat näihin perustuen yrityskohtaiset ESG-luokitukset. Sustainalytics ja Refinitiv julkaisevat myös erillisiä E-luokituksia (Environmental score), jotka kuvaavat laajaa ESG-luokitusta paremmin pelkästään ilmatoriskiä, joka kohdistuu yksittäiseen yritykseen. Refinitiv E-luokitus jakautuu kolmeen kategoriaan, joita ovat päästöt, ympäristöystävälliset innovaatiot ja resurssien käyttö. Nämä kategoriat on vielä jaettu osakategorioihin, kuten kasvihuonepäästöt, jätteet, vihreisiin innovaatioihin hyödynnetyt tutkimus- ja tuotekehityskulut sekä veden- ja energiankäyttö, jokaisesta kategoriasta muutamia mainitakseni. Näiden osakategorioiden pisteet yhdistetään painottaen pisteitä sen mukaisesti, mikä on kyseessä olevan yrityksen



toimialan altistuminen tälle riskille. Näistä painotetuista pisteistä saadaan lopulta muodostettua lopullinen E-luokitus, joka vaihtelee 0–100 välillä, 100 ollessa ympäristöystävällisin. Refinitiv:ltä on saatavilla ESG-dataa vuodesta 2002 lähtien, ja E-luokitukset löytyvät 70–80 %:lle yrityksistä, markkina-arvolla mitattuna. Refinitivin E-luokitukset päivitetään kerran vuodessa. (ESG Scores from Refinitiv.) Boffo ym. (2020) mukaan E-luokitukset eivät kuvasta kovinkaan hyvin ilmatoriskejä, sillä ne eivät painota suurinta ilmatoriskin aiheuttajaa, kasvihuonepäästöjä, tarpeeksi. Heidän tutkimuksessaan vertaillaan kolmea eri E-luokitusten tarjoajaa, Bloombergia, MSCI:tä ja Refinitiviä. He havaitsivat, että osalla datan tarjoajista E-luokitukset jopa korreloivat positiivisesti hiilidioksidipäästöjen kanssa.

Engle ym. (2020) huomauttavat, että E-luokituksen omaavien yritysten määrä vaihtelee periodista toiseen, joten yrityksillä, jotka ovat saaneet luokituksen aikaisemmin, voi esimerkiksi olla korkeampi luokitus kuin myöhemmin luokituksen saaneilla. Täten E-luokitusmuutoksen viestimä ilmatoriskialtistuminen ei välttämättä kerro yrityksen ilmatoriskin oikeasta muutoksesta. Lisäksi on Englen ym. (2020) mukaan hyvä huomata, että muutokset luokituksissa saattavat joko johtua oikeista muutoksista yrityksen altistumisessa ilmatoriskeille tai datantarjoajan tekemistä muutoksista riskien mallintamisprosessissa.

Toinen tapa, jota on vastaavissa tutkimuksissa käytetty yritysten ilmatoriskien määrittelyyn, on että käytetään IPCC:n hiili-intensiivisiksi identifioimia toimialoja ja yhdistetään ne manuaalisesti Thomson Reutersin ICB-koodeihin (Industry Classification Benchmark) (Santi 2020). IPCC on määritellyt hiili-intensiivisimmiksi toimialoiksi energia-, kuljetus-, rakennus-, kemikaali- ja metalliteollisuus sekä maataloussektorin. Jako ei kuitenkaan ole missään määrin niin selkeä kuin tämä sektorikohtainen jaottelu ehkä antaa ymmärtää. Englen ym. (2020) tutkimus vahvistaa sen, että vähähiilisimmät sektorit eivät saa korkeampia E-luokituksia kuin saastuttavimmat sektorit. Tämä johtuu aikaisemmin mainitusta syystä, että E-luokituksia määritettäessä yrityksiä verrataan saman sektorin yrityksiin, jolloin myös sektorin sisällä löytyy hajontaa E-luokituksissa. Seuraavaksi tarkastelen, miten Refinitiv Eikonista saatavat Reutersin Environment Pilar -pisteet vaihtelevat portfolioihin jaossa muodostettujen desiiliportfolioiden kesken.

#### 5.4.2 Fyysistä riskiä huomioimalla muodostettujen desiiliportfolioiden ominaisuuksia

Aiemmin taulukkoa 4 tarkasteltaessa huomattiin, että fyysisistä riskiä kuvaavan tekstifaktorin avulla muodostettu spread-portfolio tuotti positiivista ja tilastollisesti merkitsevää ylituottoa. Tarkastellaan seuraavaksi, mistä ylituotto muodostuu ja miten desiiliportfolioiden ominaisuudet vaikuttavat ylituottoon. Alla olevassa taulukossa on raportoituna desiiliportfolioiden ominaisuuksia kutakin kontrollimuuttujaryhmää kohden. Kolumnit kuvaavat desiiliportfolioita. Kolumni 1 kuvaa portfolioita, jossa on pienimmät ilmastobetat ja vastaavasti kolumni 10 sitä, jossa on suurimmat ilmastobetat. Taulukossa on raportoituna seuraavat tiedot portfolioista: keskiarvoinen fyysisen riskin ilmastobeta (*Beta*), osakkeiden lukumäärä portfolioissa (*Osakkeita*), keskimääräinen E-luokitus portfolioissa (*EnvPil Score*), keskimääräinen E-luokituksen vuotuinen muutos (*EnvPil m.*), osakkeiden keskimääräinen markkina-arvo (*koko*), keskimääräinen kuukausituotto (*kk-tuotto*) ja sen t-arvo suluissa.

Taulukko 5 Desiiliportfolioiden ominaisuuksia eri kontrollimuuttujin

Merkitsevyytasot: 10 % (\*), 5 % (\*\*) ja 1 % (\*\*\*).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Markkinamalli</b>										
Beta	-0,21	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01	0,01	0,02	0,05	0,08	0,21
Osakkeita	335	354	354	354	354	354	354	354	354	355
EnvPil Score	12,8	20,5	24,8	26,6	27,0	27,4	27,6	25,7	21,8	13,7
EnvPil m. (%)	80,9	71,8	56,0	75,7	50,2	56,1	44,0	52,2	51,1	85,9
Koko (mrd. \$)	2,4	7,8	12,6	15,4	19,1	18,7	16,0	12,9	7,7	3,0
kk-tuotto (%)	0,32 (0,21)	1,22 (1,04)	1,07 (1,01)	1,23 (1,13)	1,19** (1,95)	1,09** (1,94)	1,10** (2,08)	1,00** (1,76)	1,01** (1,90)	1,29* (1,41)
<b>Fama&amp;French 3</b>										
Beta	-0,21	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01	0,01	0,02	0,05	0,08	0,21
Osakkeita	355	354	354	354	354	354	354	354	354	355
EnvPil Score	12,8	20,7	24,9	26,5	27,1	27,4	27,2	25,5	21,9	14,0
EnvPil m. (%)	94,7	68,0	64,7	58,0	53,7	51,8	53,1	46,9	50,9	87,0
Koko (mrd. \$)	2,5	7,9	12,4	15,8	18,6	18,8	15,9	12,7	7,7	3,1
kk-tuotto (%)	0,20 (0,19)	1,27 (1,16)	1,15* (1,59)	0,98* (1,49)	1,30** (1,87)	1,06** (1,74)	1,16** (1,97)	0,92* (1,63)	1,15* (1,42)	1,42* (1,36)
<b>Fama-French-Carhart 3</b>										
Beta	-0,21	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01	0,01	0,02	0,05	0,08	0,21
Osakkeita	355	354	354	354	354	354	354	354	354	355
EnvPil Score	12,7	20,5	24,5	26,4	27,3	27,5	27,4	25,8	21,7	14,4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EnvPil m. (%)	91,6	76,3	57,5	57,6	62,6	51,2	51,0	44,9	41,1	101,2
Koko (mrd. \$)	2,4	8,5	12,1	15,8	18,3	18,4	16,3	12,8	8,0	3,0
kk-tuotto (%)	0,26 (0,19)	1,22* (1,67)	1,05* (1,38)	0,99* (1,51)	1,25** (1,94)	1,02* (1,60)	1,26** (1,89)	1,19** (1,68)	1,25* (1,57)	1,60* (1,40)
<b>Fama&amp;French 5</b>										
Beta	-0,21	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01	0,01	0,02	0,05	0,08	0,21
Osakkeita	355	354	354	354	354	354	354	354	354	355
EnvPil Score	104,1	74,3	46,6	60,9	62,2	56,9	46,7	45,5	43,0	99,3
EnvPil m. (%)	104,1	74,3	46,6	60,9	62,2	56,9	46,7	45,5	43,0	99,3
Koko (mrd. \$)	2,5	8,4	12,3	16,3	18,4	18,2	15,4	12,9	8,0	3,2
kk-tuotto (%)	0,17 (0,23)	0,80** (1,81)	1,20* (1,58)	1,01* (1,45)	1,17** (2,04)	1,13* (1,65)	1,36* (1,72)	1,14* (1,29)	1,10* (1,43)	1,59 (1,26)
<b>Fama-French-Carhart 5</b>										
Beta	-0,21	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,21
Osakkeita	355	354	354	354	354	354	354	354	354	355
EnvPil Score	13,3	20,6	24,4	26,3	26,9	27,4	26,7	25,5	22,2	15,6
EnvPil m. (%)	74,1	76,4	52,5	65,1	58,9	49,7	58,0	43,1	54,2	88,5
Koko (mrd. \$)	2,8	9,5	12,8	15,1	15,3	16,5	15,0	13,7	10,6	4,0
kk-tuotto (%)	0,20 (0,34)	0,86** (1,87)	0,72* (1,42)	0,76** (1,76)	1,18** (1,85)	1,25** (1,71)	1,38* (1,66)	1,25* (1,42)	1,43 (1,27)	1,58 (1,22)

Taulukosta 5 nähdään, että kuukausituotto on korkein niissä portfolioissa, joissa fyysistä riskiä kuvaavat ilmastobetat ovat suurimpia ja selkeästi alhaisin niissä portfolioissa, joissa ilmastobetat ovat alhaisimpia. Reutersin Environment Pillar pisteitä tarkasteltaessa portfolioiden kesken havaitaan, että alhaisin E-luokitus on alhaisimman ilmastobetan portfolioissa, kun taas suurimmat E-luokitukset löytyvät keskimmaisista portfolioista, joissa ilmastobeta on siis lähellä nollaa. Aluksi havaintoa voisi pitää merkittävänä, sillä lähtökohtaisesti, mitä suurempi E-luokitus, sitä paremmin yritys ottaa ympäristöön ja ilmastoon liittyvät asiat huomioon liiketoiminnassaan. Niin kuin aikaisemmin jo argumentoitiin, tämä ei kuitenkaan päde yli toimialarajojen, vaan yritykset ovat parhaiten vertailukelpoisia saman toimialan yrityksiin. Kun tarkastellaan esimerkiksi suurien öljy-yhtiöiden kuten Exxon Mobilin ja Chevronin E-luokituksia, edeltävällä luokitukset ovat tarkastelujaksollani olleet noin 86-90 välillä ja jälkimmäisellä noin 80-85 välillä. Jos taas tarkastellaan selkeästi vähemmän hiili-intensiivistä bioteknologiayrityksiä, kuten Regeneron Pharmaceuticals tai Twist Bioscience, havaitaan, että niiden E-luokitukset ovat tällä hetkellä selvästi alempia, edeltävällä 58 ja jälkimmäisellä 10 vastaavasti. Tämän valossa pelkkä E-luokituksiin keskittyminen ei kerro juuri mitään yrityksen sen

hetkisestä hiilijalanjäljestä, vaan paremminkin siitä, miten se pyrkii vähentämään päästöjään ja kuinka läpinäkyvää ja johdonmukaista sen ympäristöasioista raportointi on (ESG Scores/Refinitiv). Toimialakohtainen tarkastelu selittää, miten fossiilisella energiantuottajalla voi olla parempi (korkeampi) E-luokitus kuin esim. terveysteknologia yrityksellä, jonka ympäristövaikutukset ovat varsin pienet. Lisäksi Boffon ym. (2020) tutkimuksen havainnot hiilidioksidipäästöjen verrattain vähäisestä painotuksesta E-luokituksissa saattavat osaltaan selittää taulukon 5 tuloksia.

E-luokitusten muutokset portfolioissa eivät puolestaan ole johdonmukaisia kaikkien mallien kesken. Yhtenä havaintona voidaan kuitenkin sanoa, että E-luokitusten muutokset ovat pienimpiä niissä portfolioissa, joiden osakkeet reagoivat heikoiden fyysiseen ilmatoriskiiin.

Yritysten markkina-arvoja tarkasteltaessa portfolioiden kesken havaitaan, että kaikista alhaisimman ilmastobetan portfolioissa yritysten koko on pienin, kun taas toiseksi pienimmät arvot löytyvät toisesta ääripäästä, jossa ilmastobetat ovat kaikista korkeimmat. Toisin sanoen vaikuttaa siltä, että pienimpien yritysten osakkeiden tuotot reagoivat suurilla yrityksillä enemmän fyysiseen ilmatoriskiiin. Samankaltaisia tuloksia havaitaan muidenkin tekstifaktoreiden osalta, joita ei tässä opinnäytetyössä taulukoida tilanpuutteen vuoksi.

## **5.5 Fama-MacBeth-regressiot**

Fama-MacBeth-regressio on empiirisissä tutkimuksissa paljon käytetty tekniikka, jota on hyödynnetty niin CAP-mallin kuin laajempien faktorimallien tulosten vahvistamiseksi. Ajatus Fama-MacBeth-regressioiden taustalla on se, että CAP-mallin keskivirheet voivat olla epäjohdonmukaisia. CAP-mallilla estimoiduissa betoissa on todennäköisesti aina hieman harhaa, koska ne ovat laskettu regressioin, eivätkä siten välttämättä kuvasta todellisia instrumenttikohtaisia betoja kovinkaan luotettavasti. Osakekohtaiset korkeiden betojen estimaatit saattavat olla yliarvioituja ja vastaavasti matalilla betoilla aliarvioituja. (Fama & MacBeth 1973.) Lisäksi regressioiden keskivirheet saattavat olla harhaisia osakkeiden tuottodatan heteroskedastisuuden vuoksi, sillä esimerkiksi kasvuosakkeiden hintojen vaihtelu on tasaista kassavirtaa tuottavia arvo-osakkeita suurempaa. Faman ja MacBethin (1973) mukaan osakedatan jakaminen portfolioihin auttaa osaltaan vastaamaan näihin ongelmiin.

Faccinin ym. (2021) tavoin toteutetaan Fama-MacBeth-regressiot (1973), joiden avulla haetaan tukea spread-portfolioiden tuottamiin tuloksiin, jotka on raportoitu taulukossa 4. Fama-MacBeth-regressioiden tarkoituksena on estimoida riskipreemiot ja tarkastella eroavatko ne tilastollisesti merkittävästi nolasta. Riskipreemioiden estimointi tapahtuu kaksivaiheisen prosessin avulla.

Ensiksi estimoidaan betat, kuten portfolioihin jaossa, mutta tässä tapauksessa myös kontrollimuuttujille. Betat estimoidaan käyttäen viimeisen 3 kuukauden havaintoikkunaa, jota liikutetaan aina kuukaudella eteenpäin, kuten aikaisemmin portfolioihin jaossa. Käytetään nyt samoja faktoreita, joita Faccini ym. (2021) käyttävät omassa tutkimuksessaan, jotka ovat Fama-French-Carhart-mallin markkina- ( $Mrkt$ ), koko- ( $SMB$ ), laatu- ( $HML$ ) ja momentum-muuttuja ( $Mom$ ), ja jokaisen tekstifaktorin ( $F$ ) betat estimoidaan erikseen sekä samanaikaisesti yhdessä regressiossa. Ensimmäisen vaiheen regressioyhtälön kaava on siis seuraavanlainen:

$$r_{i,t} - r_{f,t} = \alpha_i + \beta_{i,F}F_t + \beta_{i,Mrkt}Mrkt_t + \beta_{i,SMB}SMB_t + \beta_{i,HML}HML_t + \beta_{i,Mom}Mom_t + \epsilon_t, \quad (10)$$

jossa  $F$  kuvaa tekstifaktoria. Betat estimoidaan jokaiselle instrumentille erikseen. Näin saadaan selville, kuinka paljon kukin instrumentti altistuu kulloisellekin riskille. Instrumentteina käytetään Faman ja Frenchin toimialaportfolioiden, joiden avulla tavoitellaan selitystä sille, kuinka hyvin ilmatoriskit ovat huomioitu eri toimialojen osakkeissa. Faccini ym. (2021) hyödyntävät Fama-French 30 ja 49 toimialaportfolioiden, jotka antavat varsin kattavan toimialajaottelun Nasdaqin ja New York Stock Exchangin osakkeista. Lisäksi he jatkavat molempia portfolioryhmiä Faman ja Frenchin 25 portfoliolla, jotka on jaoteltu markkina-arvojen ja kirjanpito/markkina-arvo -luvun perusteella portfolioihin. Näin saadaan kaksi portfolioryhmää, 74 ja 55 portfolioiden sisältävät ryhmät, joiden tuottoja käytetään selitettävänä muuttujina regressioissa.

Fama-MacBeth-regressioiden toisessa vaiheessa käytetään ensimmäisessä regressiossa (kaava 10) estimoituja betoja ja estimoidaan niille riskipreemiot poikkileikkausregression avulla jokaisella hetkellä  $t$ . Toisen vaiheen regression kaava on seuraavanlainen:

$$r_{t+1} - r_{f,t+1} = \lambda_0 + \lambda_F \hat{\beta}_{F,t} + \lambda_{Mrkt} \hat{\beta}_{Mrkt,t} + \lambda_{SMB} \hat{\beta}_{SMB,t} + \lambda_{HML} \hat{\beta}_{HML,t} + \lambda_{Mom} \hat{\beta}_{Mom,t} + \epsilon_{t+1}, \quad (11)$$

jossa  $\hat{\beta}_t$ : t ovat ensimmäisen vaiheen regressiossa (kaava 10) estimoituja betoja ja  $\lambda$ :t ovat toisen vaiheen regressiossa estimoitavia riskipreemioita. Riskipreemioiden estimointi jokaiselle riskifaktorille tapahtuu siis regressoimalla kaikkien instrumenttien kuukausituotot (joista vähennetty riskitön korko) aikaisemmin estimoiduilla betoilla jokaisen kuukauden lopussa, kuten Faccini ym. (2021) tekevät omassa tutkimuksessaan. Kuten portfolioihin jaossa, myös Fama-MacBeth toiseen vaiheen regressioissa käytetään eteenpäin katsovia ( $t+1$ ) tuottoja ja edellisen kuukauden lopun betoja ( $t$ ). Näin mahdollistetaan tulosten vertailukelpoisuus. Lopuksi jokaisen riskipreemion aikasarjasta lasketaan keskiarvo ja keskiarvolle t-arvo.

Riskipremio kertoo, kuinka paljon tuottoa sijoittaja odottaa saavansa ottaessaan betan mukaisen riskin kantaakseen. Jos riskipremio ei eroa tilastollisesti merkittävästi nolasta, tällöin se indikoi, ettei kyseistä riskiä ei ole sisällytetty osakkeiden hintoihin. Alla olevassa taulukossa on raportoituna Fama-French -toimialaportfolioiden tuottoja selittävien riskifaktoreiden keskiarvoiset preemiot aikavälillä 2017-2021 ja suluissa niiden t-arvot.

Taulukko 6 Fama & MacBeth regressioiden tulokset

Keskiarvoiset riskipreemiot Fama & French 55 ja 74 toimialaportfolioiden kesken. Riskipreemion alapuolella on raportoituna Newey-West t-arvot ja \* kuvaa tilastollista merkitsevyyttä 10 %:n merkitsevyystasolla.

	55 Portfoliota					74 Portfoliota				
	i)	ii)	iii)	iv)	v)	i)	ii)	iii)	iv)	v)
<b>market</b>	0,014* (1,63)	0,011* (1,34)	0,011* (1,32)	0,010 (1,25)	0,009 (1,15)	0,010* (1,48)	0,008 (1,11)	0,005 (1,24)	0,009 (1,24)	0,008 (1,11)
<b>SMB</b>	0,002 (0,52)	0,002 (0,40)	0,002 (0,46)	0,002 (0,59)	0,002 (0,41)	0,003 (0,67)	0,002 (0,52)	0,001 (0,37)	0,002 (0,64)	0,002 (0,43)
<b>HML</b>	-0,003 (-0,62)	-0,003 (-0,70)	-0,003 (-0,58)	-0,003 (-0,64)	-0,003 (-0,67)	-0,003 (-0,56)	-0,003 (-0,57)	-0,004 (-0,66)	-0,002 (-0,47)	-0,002 (-0,50)
<b>Mom</b>	0,006 (0,82)	0,007 (0,97)	0,007 (0,93)	0,006 (0,87)	0,005 (0,76)	0,005 (0,83)	0,005 (0,84)	0,004 (0,65)	0,006 (0,88)	0,004 (0,64)
<b>uspol</b>	-0,05 (-0,34)				0,03 (0,22)	-0,04 (-0,33)				0,01 (0,11)
<b>fys</b>		0,04 (0,37)			0,04 (0,36)		0,08 (0,88)			0,10 (1,16)
<b>ilmkok</b>			0,02 (0,35)		0,06 (1,2)			-0,02 (-0,36)		0,02 (0,53)
<b>RM</b>				-0,05 (-0,47)	0,06 (0,67)				0,02 (0,32)	0,11* (1,67)
<b>Korjattu R<sup>2</sup></b>	0,33	0,34	0,32	0,32	0,40	0,25	0,26	0,18	0,25	0,30

Fama-MacBeth-regressioiden tavalliset t-arvot korjaavat ainoastaan poikkileikkaushavaintojen välisen korrelaation, eivätkä mahdollista autokorrelaatiota aikasarjoissa (Fama & French 1988). Siksi myös taulukon 6 t-arvot on korjattu Newey-West metodin avulla, kuten portfolioihin jaon tuloksissakin. Tästä huolimatta tuloksista huomataan, että riskipreemiot eivät ole merkitseviä kovinkaan monen faktorin osalta edes 10 %:n merkitsevyystasolla.

Kiinnostavasti huomataan, että kun testi-instrumentteina käytetään Faman ja Frenchin 74 portfolioita, ainoat tilastollisesti merkitsevät riskipreemiot havaitaan markkinafaktorilla ja *RM*-tekstifaktorilla, joka kuvaa rahoitusmarkkinoille kohdistuvaa ilmatoriskiä. Tämän riskin premio on kuitenkin merkitsevä ainoastaan 74:n toimialaportfolion avulla tarkasteltuna kaikki riskifaktorit huomioon ottaen, ei yksittäin tarkasteltuna. Vastaavasti 55:n testiportfolion kesken ainoastaan markkinafaktorin riskipreemion havaitaan olevan tilastollisesti merkitseviä 10 %:n merkitsevyystasolla ja positiivinen kolmessa ensimmäisessä regressiossa. Myös Faccini ym. (2021) havaitsivat, että Fama-French-Carhart-kontrollimuuttujista ainoastaan markkinafaktorin riskipremio on merkitsevä.

Voidaan siis todeta, etteivät saadut tulokset anna tukea portfolioihin jaon tuloksille, mikä puolestaan vahvistaa jo portfolioihin jaon tuloksissa huomattuja jokseenkin heikkoja ja epäjohdonmukaisia tuloksia. Erot portfolioihin jaon ja Fama-MacBeth-regressioiden välillä eivät varsinaisesti ole mitenkään poikkeuksellisia, sillä menetelmät poikkeavat toisistaan huomattavasti. Portfolioihin jaossa tarkastellaan yhden tekstifaktorin vaikutusta kerrallaan, kun taas Fama-MacBeth-regressioissa kaikkien tekstifaktoreiden vaikutusta voidaan tarkastella joko erikseen tai kaikkia yhtäaikaisesti. Toisaalta portfolioihin jaossa voidaan tarkastella epälineaarisia suhteita, kun Fama-MacBeth-regressiossa ainoastaan lineaaristen suhteiden tarkastelu on mahdollista.

## 6 Johtopäätökset

Viime vuosina keskustelu rahoitusmarkkinoiden roolista ilmastonmuutoksen torjunnassa on korostunut merkittävästi. Siten myös tutkimukset ilmatoriskien vaikutuksesta rahoitusmarkkinoihin ovat lisääntyneet viime vuosina. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ollut tarkastella ilmatoriskejä rahoitusmarkkinoilla, miten niitä voidaan jaotella, miten muutoksia niissä voidaan tutkia ja lopulta, miten nämä riskit ovat sisällytetty osakkeiden hintoihin. Ilmastonmuutokseen liittyvä epävarmuus ja muutoksen hitaus vaikeuttavat rahoitusmarkkinoille koituvien riskien määrittämistä ja näihin riskeihin reagoimista.

Teoriaosuuden pohjalta voidaan todeta, että akateemisessa kirjallisuudessa vallitsee pitkälti konsensus ilmatoriskien jaottelusta fyysisiin ja transitoriskeihin. Fyysiset riskit liittyvät maapallon keskilämpötilan nousun vaikutuksiin, jotka näkyvät pitkällä aikavälillä lisääntyvinä luonnonkatastrofeina ja merenpinnan nousuna. Transitoriskit puolestaan kumpuavat muutoksista ilmastopolitiikassa ja sen viestinnässä. Fyysiset riskit nähdään usein pidemmän aikavälin riskeinä, kun taas transitoriskejä voidaan ajatella lyhyempinä tai pidempinä riippuen, onko kysymyksessä kansallinen vai kansainvälinen ilmastopolitiikka.

Ilmatoriskejä on tarkasteltu erilaisin menetelmin aikaisemmassa kirjallisuudessa. Osassa tutkimuksista havaitaan, että hiili-intensiivisten yritysten osakkeisiin kohdistuu vähähiilisiä osakkeita enemmän ilmatoriskiä ja että sijoittajat vaativat jo kompensatiota korkeammasta riskistä (Görger ym. 2019; Monasterolo & De Angelis 2019; Bolton & Kacperczyk 2021). Osa tutkimuksista puolestaan keskittyy fyysisten riskien tarkasteluun, kuten merenpinnan nousun vaikutuksiin asuntojen hinnoissa (Bernstein ym. 2019) ja kuivuuden vaikutuksiin ruoantuottajayritysten osakkeiden hinnoissa. Konsensusta siitä, ovatko ilmatoriskit sisällytetty osakkeiden hintoihin, ei ole saavutettu. Maailmanpankin (2020) mukaan yhtenä syynä sille, etteivät ilmatoriskit ole tehokkaasti hinnoiteltu osakkeiden hintoihin, voidaan pitää sijoittajien liian vähäistä tietoisuutta näistä riskeistä. Tästä syystä ilmatoriskejä ja niiden muutoksia on perusteltua tutkia ja mitata uutisten (ks. Engle ym. 2020; Faccini ym. 2021) tai sosiaalisen median julkaisujen pohjalta (Santi 2020). Ilmatoriskejä tutkimisessa julkaisuissa ei ole tietävästi aikaisemmin käytetty Twitteriä, joka on yksi merkittävimmistä sosiaalisen median alustoista ja tavoittaa näin myös monet sijoittajat. Lisäksi Twitterin käyttö mahdollistaa laajan tekstidatan käytön.



Tässä opinnäytetyössä käytettiin ohjaamattoman koneoppimisen GSDMM-algoritmia, jonka avulla ilmastonmuutokseen liittyvät twiitit jaoteltiin erilaisiin ilmastoriskeihin. Algoritmin tuottamien tulosten perusteella havaittiin neljä ilmastoriskiä: fyysistä riskiä kuvaavat luonnonkatastrofit, transitoriskiä kuvaava USA:n ilmastopolitiikka, kansainvälistä ilmastopolitiikkaa kuvaavat ilmastokokoukset sekä rahoitusmarkkinoille ilmastonmuutoksesta koituvat riskit. Tutkimuksessani tarkastelin, kuinka tehokkaasti osakemarkkinat ovat ottaneet nämä erilaiset ilmastoriskit huomioon. Ensiksi hyödynnettiin empiirisessä rahoituksen taloustieteessä paljon käytettyä portfolioihin jakoa, jossa herkimmin ilmastoriskiin reagoivista osakkeista muodostettiin spread-portfolio ostaen suurimpien ilmastobetojen osakkeita ja myyden lyhyeksi pienimpien ilmastobetojen osakkeita.

Pástor ym. (2021) argumentoivat tasapainomallinsa avulla, että jos edes osa sijoittajista on tietoisia ilmastoriskeistä, tällöin enemmän ilmastoriskiä sisältävien osakkeiden odotettu tuotto tulisi olla korkeampi. Vastaavasti vähemmän ilmastoriskiä sisältävien tuotto tulisi olla pienempi näiden hintojen ollessa jo valmiiksi korkeammalla tasolla. Näin perusteltuna edellä kuvatun spread-portfolioin tulisi tuottaa positiivista ylituottoa markkinatuottoon verrattuna, jos ilmastoriskit ovat sisällytetty osakkeiden hintoihin. Faccini ym. (2021) havaitsevat omassa tutkimuksessaan, että lyhyen aikavälin transitoriskejä kuvaava USA:n ilmastopolitiikka on otettu huomioon osakemarkkinoilla. Omista tutkimustuloksistani ei voida kuitenkaan tehdä vastaavia päätelmiä, vaan portfolioihin jaon tuottamat tulokset eivät anna mitään viitteitä siitä, että lyhyen aikavälin transitoriskit olisi sisällytetty osakkeiden hintoihin. Faccini ym. (2021) ja oman tutkimukseni tarkasteluperiodit poikkeavat toisistaan, millä on osaltaan vaikutusta tulosten eroavaisuuteen.

Transitoriskiltään merkittävien, mutta epävarmuutta sisältävien tapahtumien, kuten Pariisin ilmastopöytäkirjan, on havaittu olevan heikosti sisällytetty osakkeiden hintoihin lyhyellä aikavälillä. Ylikansallisen ilmastopolitiikan realisoitumisen osakkeiden hintoihin voidaan tämän perusteella nähdä vaativan pidemmän ajan. (Bolton & Kacperczyk 2021.) Saamieni tulosten ja aikaisempien tutkimusten tukemana vaikuttaisi siltä, että pidemmän aikavälin riskin kasvu johtaa negatiivisiin tuottoihin niissä osakkeissa, joiden ilmastobeta on suurin ja positiivisiin tuottoihin niiden osakkeiden kohdalla, joilla ilmastobeta on alhaisin. Pidemmän aikavälin transitoriskin (kansainväliset ilmastokokoukset -aihe) avulla muodostetun spread-portfolioin alituottoa

voidaan selittää kahdella tavalla. Toisaalta voidaan ajatella, että kansainvälistä ilmastopolitiikkaa kuvaavan riskin vaikutus on jostain syystä päinvastainen kuin kansallisen ilmastopolitiikan. Tämä ei kuitenkaan ole kovinkaan uskottavaa, sillä molempien ilmastopolitiikan muotojen kiristyessä hiili-intensiiviset osakkeet todennäköisesti kärsivät ja vähähiiliset kehittyvät positiivisesti. Osakemarkkina on eteenpäin katsova pyrkien aina ennakoimaan tulevaa. Siten osakkeiden hintojen reaktiot riippuvat tapahtuman yllätyksellisyydestä. Todennäköisesti enemmän on kyse siitä, kuinka paljon näitä riskejä on sisällytetty valmiiksi osakkeiden hintoihin, eikä niinkään kansainvälisen ilmastopolitiikan päinvastaisesta vaikutuksesta. Voidaan siis argumentoida, että alituotto kansainvälistä ilmastopolitiikkaa kuvaavan riskin avulla muodostetussa spread-portfoliossa johtuu osaltaan osakemarkkinoiden lyhytnäköisyydestä sekä suuresta epävarmuudesta liittyen kansainväliseen ilmastopolitiikkaan. Erilaisin kontrollimuuttujin ja portfoliojaotteluin tarkasteltuna tulokseni eivät kuitenkaan osoita tarvittavaa tilastollista merkitsevyyttä, joten alituottoa ei voida vahvistaa.

Rahoitusmarkkinoille koituvia ilmatoriskejä kuvaavan sekä kaikkia ilmatoriskejä kokonaisuutena kuvaavien riskifaktoreiden havaitaan olevan merkitseviä joidenkin desiiliportfolioiden kesken. Lupaavimmat tulokset saavutetaan kuitenkin pidemmän aikavälin fyysistä ilmatorisikiä tarkasteltaessa, joka vaikuttaisi olevan ainakin osittain sisällytetty osakkeiden hintoihin sen tuottaessa noin 1,25 %:n ylituottoa kuukaudessa. Ylituotto ei kuitenkaan ole merkitsevä kaikin Fama-French-Carhart-kontrollimuuttujin tarkasteltuna.

Fyysistä ilmatorisikiä kuvaavalla riskifaktorilla muodostettujen desiiliportfolioiden tarkempi tarkastelu vahvistaa aikaisempien tutkimusten havaintoja siitä, etteivät yrityksen ympäristövaikutuksia kuvaavat E-luokitukset korreloi juuri ollenkaan ilmastobetojen kanssa. Vaikuttaa siltä, että pienimpien ja suurimpien ilmastobetojen osakkeilla on heikoimmat E-luokitukset, ja parhaimmat E-luokitukset löytyvät niistä osakkeista, joihin ilmatorisikillä ei juurikaan havaita olevan vaikutusta. Toisaalta E-luokitusten muutokset näyttäisivät olevan positiivisimpia ääriportfolioissa, mikä tosin sanoen viittaisi siihen, että ympäristöllisesti positiivisia muutoksia tekevät yritykset olisivat herkempiä ilmatorisikeille. E-luokituksia analysoitaessa on kuitenkin huomattava, että niihin liittyy vielä huomattavaa epäjohdonmukaisuutta, eivätkä ne korreloi kovinkaan hyvin yritysten hiilidioksidipäästöjen, suurimman ilmastomuutoksen

aiheuttajan, kanssa (Boffo ym. 2020). Lisäksi desiiliportfolioita tarkastelemalla havaitaan pienten yhtiöiden osakkeiden olevan herkempiä ilmatoriskeitä kuin suurten yritysten. Vastaavanlaisia tuloksia on saatu muissakin tutkimuksissa (ks. Faccini ym. 2021).

Portfolioihin jaon tuottamille tuloksille haetaan vahvistusta Fama-MacBeth-regressioiden avulla. Tarkastelun kohteena on, miten ilmatoriskeitä vaikuttavat toimialaportfolioiden tuottoihin. Portfolioihin jako ja Fama-MacBeth-regressiot poikkeavat toisistaan metodeina kuitenkin merkittävästi. Portfolioihin jaon tuloksista (taulukko 4) huomataan, että jaottelu kvintiiliportfolioihin ja niistä spread-portfolion muodostaminen ei tuota merkitsevää ylituottoa markkinaa verrattuna. Kvintiili- ja desiiliportfolioiden eroja tarkastelemalla vaikuttaa siltä, ettei osakemarkkina huomioi ilmatoriskeitä laajemmin. Fama-MacBeth-regressioiden tulokset tukevat osaltaan tätä havaintoa, sillä metodi tarkastelee ilmatoriskeitä käyttämällä testimuuttujina laajaa määrää toimialaportfolioita. Siten fyysisen ilmatoriski ei vaikuttaisi olevan, ainakaan laajemmin, sisällytetty osakkeiden hintoihin. Kokonaisuudessaan vaikuttaa siltä, etteivät erilaiset ilmatoriskeitä ole sisällytetty kovinkaan tehokkaasti osakkeiden hintoihin.

Ilmatoriskien vaikutus rahoitusmarkkinoihin on kiinnostava kahdesta syystä. Ensimmäinen rahoitusmarkkinoilla on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa. Toiseksi sillä, kuinka tehokkaasti eri omaisuusluokkien hinnat heijastavat ilmatoriskeitä, on merkittävä vaikutus myös rahoitusvakautteen. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ollut antaa niin institutionaalisille kuin yksityissijoittajillekin uutta näkökulmaa ilmatoriskeitä osakemarkkinoilla. Twitterin julkaisuun perustuva ilmatoriskien tarkastelu tarjoaa jokseenkin uuden näkökulman asiaan. Niin kuin aikaisemmin mainittu, ei twiittien määrän kasvu välttämättä tarkoita ilmatoriskien kasvua. Siksi twiittien sentimentin, positiivisten ja negatiivisten twiittien, tarkastelu ilmatoriskien jaottelun lisäksi, olisi mielenkiintoinen aihe jatkotutkimukselle. Lisäksi, vaikka GSDMM-algoritmi toimii selvästi LDA-mallia paremmin twiittien jaottelussa aiheisiin, entistä tehokkaampien lyhyiden tekstien aihehallin kehittäminen on tarpeellista tutkimustulosten parantamiseksi. Koska E-luokituksiin liittyy vielä ongelmia niin raportointistandardien kuin mittausmenetelmien saralla, jatkotutkimuksissa hiilidioksidipäästöjen absoluuttisen määrän tai liikevaihtoon suhteutetun määrän tarkastelun lisääminen saattaisi valottaa E-luokituksiin liittyviä ongelmia ilmatoriskien tarkastelussa entistä paremmin.

## Lähteet

- ALFI, Association of the Luxembourg Fund Industry, European sustainable investment funds study 2021, <[https://www.alfi.lu/getattachment/61aac91b-3179-469a-bc84-c0d8e780cb31/app\\_data-import-alfi-european-sustainable-investment-funds-study-2021.pdf](https://www.alfi.lu/getattachment/61aac91b-3179-469a-bc84-c0d8e780cb31/app_data-import-alfi-european-sustainable-investment-funds-study-2021.pdf)>, haettu 9.12.2021.
- Barrie, C. — Ho, J. (2021) *academicwitterR: an R package to access the Twitter Academic Research Product Track v2 API endpoint*, <<https://cran.r-project.org/web/packages/academicwitterR/index.html>>, haettu 27.5.2022.
- Battiston, S. — Antoine, M. — Monasterolo, I. — Franziska, S. — Gabriele, V. (2017) A climate stress-test of the financial system, *Nature Climate Change*, Vol. 7, 283-288.
- Benedetti, D. — Biffis, E. — Chatzimichalakis, F. — Fedele L. L — Simm, I. (2021) Climate Change investment risk: optimal portfolio construction ahead of the transition to a lower-carbon economy, *Annals of Operations Research*, Vol. 299, 847-871.
- Bernstein, A. — Gustafson, M. T. — Lewis, R. (2019) Disaster on the horizon: The price effect of sea level rise, *Journal of Financial Economics*, Vol. 134 (2), 253-272.
- van Binsbergen, J. H. — Diamond, J. F. — Grotteria, M. (2021) Risk-free interest rates, *Journal of Financial Economics*, saatavilla verkossa 12.6.2021 lähtien.
- Blei, D. M. — Ng. A. Y. — Jordan, M. I. (2003) Latent Dirichlet Allocation, *Journal of Machine Learning Research*, Vol 3, 993-1022.
- Boffo, R. — Marshall, C. — Patalano, R. (2020) ESG Investing: Environmental Pillar Scoring and Reporting, OECD Paris, <[www.oecd.org/finance/esg-investing-environmental-pillar-scoring-and-reporting.pdf](http://www.oecd.org/finance/esg-investing-environmental-pillar-scoring-and-reporting.pdf)>, haettu 9.5.2022.
- Bolton, P. — Kacperczyk, M. (2021) Do investors care about carbon risk? *Journal of Financial Economics*, Vol. 142 (2), 517-549.
- Caldecott, B. — Howarth, N. — McSharry, P. (2013) Stranded Assets in Agriculture: Protecting Value from Environment-Related Risks'. Stranded Assets Programme, SSE, University of Oxford.
- Caldecott, B. — Harnett, E. — Cojoianu T. — Kok, I — Pfeiffer, A. (2016) Stranded Assets: A Climate Risk Challenge, Inter-American Development Bank.

- CAP Report, Ricketts, S. — Clifton, R. — Oduyeru, L. — Holland, B. States Are Laying a Road Map for Climate Leadership, <<https://www.americanprogress.org/article/states-laying-road-map-climate-leadership/>> haettu 9.5.2022.
- Carattini, S. — Heutel, G. — Melkadze, G. (2021) Climate Policy, Financial Frictions, and Transition Risk, NBER Working Papers 28525, <<https://www.nber.org/papers/w28525>>, haettu 15.11.2021.
- Carhart, M. (1997) On Persistence in Mutual Fund Performance, *The Journal of Finance*, Vol. 52 (1), 57-82.
- Carney, Mark (2015) Puhe. Breaking the tragedy of the horizon - climate change and financial stability. Lloyd's of London.
- Cody, E. — Reagan, A. — Mitchell, L — Dodds, P. — Danforth, C. (2015) Climate Change Sentiment on Twitter: An Unsolicited Public Opinion Poll, *PLoS ONE*, Vol. 10.
- DataFace, When and Where are Wildfires Most Common in the U.S.? Beckwith, J. — Hester, M. — Wolf, T. <<https://thedataface.com/2018/11/public-health/wildfires-map#:~:text=June%20through%20August%20tends%20to,252%20counties%20as%20disaster%20areas.>>, haettu 3.5.2022.
- Dahal, B. — Kumar, S. A. — Li, Z. (2019) Topic modeling and sentiment analysis of global climate change tweets, *Social Network Analysis and Mining*, Vol. 9 (1), 24.
- Diaz, D — Moore, F. (2017) Quantifying the economic risks of climate change, *Nature Climate Change*, Vol. 7, 774-782.
- Dietz, S. — Bowen, A. — Dixon, C. — Gradwell, P. (2016) 'Climate value at risk' of global financial assets, *Nature Climate Change*, Vol. 6, 676-679.
- Engle, R. — Giglio, S. — Kelly, B. — Lee, H. — Stroebel, J. (2020) Hedging Climate Change News, *Review of Financial Studies*, Vol. 33 (3), 1184-1216.
- Environmental Perspectives to the Year 2000 and Beyond (1988) United Nations Environment Programme, <<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/29180>>, haettu 20.5.2021.
- ESG Scores from Refinitiv, <[https://www.refinitiv.com/content/dam/marketing/en\\_us/documents/methodology/refinitiv-esg-scores-methodology.pdf](https://www.refinitiv.com/content/dam/marketing/en_us/documents/methodology/refinitiv-esg-scores-methodology.pdf)>, haettu 4.5.2022.

- EU High-level expert group on sustainable finance (2018), financing a sustainable European economy (Final Report),  
<[https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/180131-sustainable-finance-final-report\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/180131-sustainable-finance-final-report_en.pdf)>, haettu 16.10.2021.
- EU ETS, EU Emission Trading System (EU ETS),  
< [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en)>,  
haettu 17.11.2021.
- Faccini, R. — Matin, R. — Skiadopoulos G. (2021) Are Climate Change Risks Priced in the U.S. Stock Market? Danmarks Nationalbank Working Paper.  
<[https://www.nationalbanken.dk/da/publikationer/Documents/2021/02/WP\\_no\\_169.pdf](https://www.nationalbanken.dk/da/publikationer/Documents/2021/02/WP_no_169.pdf)>, haettu 13.10.2021.
- Fama, E. (1970) Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work, *The Journal of Finance*, Vol. 25, 383-417.
- Fama, E. F. — French, K. R. (1988) Permanent and Temporary Components of Stock Prices, *The Journal of political economy*, Vol. 96, 246-273.
- Fama, E. F. — French, K. R. (1993) Common risk factors in the returns on stocks and bonds, *Journal of Financial Economics*, Vol 33, 3-56.
- Fama, E. F. — French, K. R. (2004) The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 18, 25-46.
- Fama, E. F. — French, K. R. (2015) A five-factor asset pricing model, *Journal of Financial Economics*, Vol. 116, 1–22
- Garvey, G. — Iyer, M. — Nash, J. (2018) Carbon footprint and productivity: does the “E” in ESG capture efficiency as well as environment? *Journal Of Investment Management*, Vol. 16, 59–69.
- Genova, B — Girma, E. S. — Kissel, A. N. — Levy, S. — MacCracken, P. R. — Mastrandrea, L. L. White (Eds.), Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press.
- GHG Protocol, Greenhouse Gas Protocol (2013) Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions,  
<[https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards/Scope3\\_Calculation\\_Guidance\\_0.pdf](https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf)>, haettu 24.5.2022.

- GSIA Investment Review (2020) Global Sustainable Investment Alliance,  
 <<http://www.gsi-alliance.org/wp-content/uploads/2021/08/GSIR-20201.pdf>>,  
 haettu 2.11.2021.
- Görge, M. — Jacob, A. — Nerlinger, M. ym. (2017) Carbon Risk. SSRN.  
 <<https://ssrn.com/abstract=2930897>>, haettu 13.10.2021.
- Hansen, S. — McMahon, M. — Prat, A. (2017) Transparency and Deliberation Within  
 the FOMC: A Computational Linguistics Approach, *Quarterly Journal of  
 Economics*, Vol. 133, 801–870.
- Hong, H. — Li, F. W. — Xu, J. (2019) Climate risks and market efficiency. *Journal of  
 Econometrics*, Vol. 208 (1), 265–281.
- IEA (2020) Implementing Effective Emissions Trading Systems,  
 <[https://www.iea.org/reports/implementing-effective-emissions-trading-  
 systems](https://www.iea.org/reports/implementing-effective-emissions-trading-systems)>, haettu 17.11.2021.
- IEA (2021) Key World Energy Statistics 2021,  
 <<https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/supply>>, haettu  
 18.1.2021.
- In, S. Y. — Park, K. Y. — Monk, A. (2019). Is 'Being Green' Rewarded in the Market?:  
 An Empirical Investigation of Decarbonization and Stock Returns, Stanford  
 Global Project Center Working Paper.
- IPCC (2014). Fifth Assessment Report, Climate change 2014: Impacts, adaptation, and  
 vulnerability. Part B: Regional aspects. In V. R. Barros, C. B. Field, D. J.  
 Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y.  
 O. Estrada, R. C.
- IPCC (2022), Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of  
 Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment  
 Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. P.R. Shukla, J. Skea,  
 R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some,  
 P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley.  
 Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Jegadeesg, N — Titman, S. (1993) Returns to Buying Winners and Selling Losers:  
 Implications for Stock Market Efficiency. *Journal of Finance*, Vol. 48 (1), 65–  
 91.
- Jiao, P. — Veiga, A. — Walther, A. (2020) Social media, news media and the stock  
 market, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 176, 63-90.

Kenneth French Data Library,

<[http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data\\_library.html#Research](http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html#Research)>, haettu 4.5.2022.

Kirilenko, A. — Molodtsova, T. — Stepchenkova S. (2015) People as sensors: Mass media and local temperature influence climate change discussion on Twitter, *Global Environmental Change*, Vol. 30, 92-100.

Krueger, P. — Z. Sautner — L. T. Starks (2020) The importance of climate risks for institutional investors. *The Review of Financial Studies*, Vol. 33 (3), 1067–1111.

Kumar, A. — W. Xin — C. Zhang (2019) Climate sensitivity and predictable returns. <<https://ssrn.com/abstract=3331872>>, haettu 13.10.2021.

Lindman, Å. — Söderholm, P. (2012) Wind power learning rates: A conceptual review and meta-analysis, *Energy Economics*, Vol. 34, 754–761.

Lintner, John (1965) The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets, *Review of Economics and Statistics*. Vol. 47, 13-37.

Loureiro, M. L. — Alló, M. (2020) Sensing climate change and energy issues: Sentiment and emotion analysis with social media in the U.K. and Spain, *Energy Policy*, Vol. 143, 111490.

Maaillmanpankki (2020) Macro-Financial Aspects of Climate Change, World Bank Policy Research Working Paper No. 9109, <<https://ssrn.com/abstract=3519603>>, haettu 14.11.2021.

Mazarura, J. — de Waal, A. (2016) A comparison of the performance of latent Dirichlet allocation and the Dirichlet multinomial mixture model on short text, Pattern Recognition Association of South Africa and Robotics and Mechatronics International Conference (PRASA-RobMech), 1-6.

MarketWatch, Stocktwits rolls out commission-free online trading as race to \$0 brokerage fees heats up, <[Monasterolo, I. — de Angelis, L. \(2020\) Blind to carbon risk? An analysis of stock market reaction to the Paris Agreement, \*Ecological Economics\*, Vol. 170.](https://www.marketwatch.com/story/stocktwits-rolls-out-commission-free-online-trading-as-race-to-0-brokerage-fees-heats-up-2019-10-03#:~:text=Stocktwits%20members%20exchange%20some%20150%2C000,site%20every%20day%2C%20Rosen%20said.></a>>, haettu 27.5.2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)



- Morningstar (2021), A Broken Record: Flows for U.S. Sustainable Funds Again Reach New Heights, Jon Hale. <<https://www.morningstar.com/articles/1019195/a-broken-record-flows-for-us-sustainable-funds-again-reach-new-heights>>, haettu 10.12.2021.
- Mossin, Jan (1966) Equilibrium in a Capital Asset Market, *Econometrica*, Vol 34 (4).
- Mottaghinia, Z. — Feizi-Derakhshi, MR. — Farzinvash, L. — Salehpour, P. (2021) A review of approaches for topic detection in Twitter, *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, Vol. 33, 747-773.
- MSCI – ESG Research (2021) Foundations of Climate Investing - How Equity Markets Have Priced Climate Transition Risks, <<https://www.eticanews.it/wp-content/uploads/2021/03/Foundations-of-Climate-Investing-How-Equity-Markets-Have-Priced-Climate-Transition-Risks.pdf>>, haettu 17.10.2021.
- National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane Center, Tropical Cyclone Climatology.  
<<https://www.nhc.noaa.gov/climo/#:~:text=The%20official%20hurricane%20season%20for,%2DAugust%20and%20mid%2DOctober.>> haettu 3.5.2022.
- Nigam, K. — Maccallum, A. — Thrun, S. — Mitchell, T. (2000) Text Classification from Labeled and Unlabeled Documents using EM, *Machine Learning*, Vol 39, 103-134.
- Pariisin ilmastopimus (2015) Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Dec. 12, 2015, T.I.A.S. No. 16-1104.
- Paprotny, D. — Sebastian, A. — Morales-Nápoles, O. — Jonkman, S. (2018) Trends in flood losses in Europe over the past 150 years. *Nature Communications*, Vol. 9.
- Pástor, L. — Stambaugh, R. F. — Taylor, L. A. (2021) Sustainable investing in equilibrium, *Journal of Financial Economics*, Vol. 142, 550-571.
- Perold, Andre (2004) The Capital Asset Pricing Model, *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 18 (3).
- PRA (2015) The impact of climate change on the UK insurance sector A Climate Change Adaptation Report by the Prudential Regulation Authority, Bank of England, <<https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/prudential-regulation/publication/impact-of-climate-change-on-the-uk-insurance-sector.pdf>>, haettu 14.11.2021.

- Qiang, J. — Qian, Z. — Li, Y. — Yuan, Y. — Wu, X. (2022) Short Text Topic Modeling Techniques, Applications, and Performance: A Survey, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol 34 (3), 1427-1445.
- Refinitiv (2021) China's national carbon market exceeds expectations, Yuan Lin, <<https://www.refinitiv.com/perspectives/future-of-investing-trading/chinas-national-carbon-market-exceeds-expectations/>>, haettu 17.11.2021.
- Rehurek, R. — Sojka, P. (2011). gensim: python framework for vector space modelling. NLP Centre, Faculty of Informatics, Masaryk University, Brno, Czech Republic, 3(2).
- Reuters (2020) Reuters Institute for the Study of Journalism, Digital News Report 2020, <[https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/sites/default/files/2020-06/DNR\\_2020\\_FINAL.pdf](https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/sites/default/files/2020-06/DNR_2020_FINAL.pdf)>, haettu 24.5.2022.
- Röder, M. — Both, A. — Hinneburg, A. (2015) Exploring the Space of Topic Coherence Measures, *WSDM '15: Proceedings of the Eight ACM International Conference on Web Search and Data Mining*, 399-408.
- Santi, Caterina (2020) Investors' climate sentiment and financial markets, Working Paper. <[https://www.researchgate.net/profile/Caterina-Santi-4/publication/344344260\\_Investors'\\_Climate\\_Sentiment\\_and\\_Financial\\_Market\\_s/links/602e4b90299bf1cc26d2b651/Investors-Climate-Sentiment-and-Financial-Markets.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Caterina-Santi-4/publication/344344260_Investors'_Climate_Sentiment_and_Financial_Market_s/links/602e4b90299bf1cc26d2b651/Investors-Climate-Sentiment-and-Financial-Markets.pdf)>, haettu 13.10.2021.
- SDG Knowledge Hub, Leaders' Summit on Climate, < <https://sdg.iisd.org/events/first-100-days-us-convening-major-economies-on-climate/>>, haettu 3.5.2022.
- Sen, S. — von Schickfus, M. (2020) Climate policy, stranded assets, and investors' expectations, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 100.
- Sharpe, William F. (1964) Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk, *Journal of Finance*, Vol. 19, 425-442.
- Statista, Leading countries based on number of Twitter users as of January 2022, <<https://www.statista.com/statistics/242606/number-of-active-twitter-users-in-selected-countries/>>, haettu 27.5.2022.
- Sun, A. — Lachanski, M. — Fabozzi FJ. (2016) Trade the tweet: Social media text mining and sparse matrix factorization for stock market prediction, *International Review of Financial Analysis*, Vol 48, 272-281.
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2016) 100-prosenttisesti uusiutuviin energialähteisiin perustuva energiajärjestelmä: Kansalliseen energia- ja ilmastostrategiaan liittyvä

tarkastelu.

<<https://tem.fi/documents/1410877/3570111/100+prosenttia+uusiutuva+tarkastelu.pdf/8e4ee341-77c5-4447-b6ce-1f2686a3daec>>, haettu 15.10.2021.

UN Chronicle, From Stockholm to Kyoto: A Brief History of Climate Change (2013)

<<https://www.un.org/en/chronicle/article/stockholm-kyoto-brief-history-climate-change>>, haettu 12.10.2021.

Walker, R. (2017) gsdmm: Python package for GSDMM: Short text clustering,

<<https://github.com/rwalk/gsdmm#usage>>, haettu 27.5.2022.

Yin, J. — Wang, J. (2014) A Dirichlet Multinomial Mixture Model-based Approach for Short Text Clustering, *ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, Vol. 20, 233–242.

Zhao, W. — Chen, J. J. — Perkins, R. — Liu, Z. — Ge, W: — Ding, Y. — Zou, W.

(2015) “A Heuristic Approach to Determine an Appropriate Number of Topics in Topic Modeling,” *BMC Bioinformatics*.

## Liitteet

### Liite 1. Aiheiden sanat

Aihe	Sanat	Twittien määrä
#1	people, science, think, say, like, u, real, need, one, believe, action, dont, time, thing, know, scientist, problem, trump, make, human	126 567
#2	like, people, trump, year, get, thing, one, say, think, time, know, real, u, good, going, day, dont, really, would, world	101 411
#3	action, need, world, help, community, challenge, future, impact, solution, sustainable, fight, u, work, new, people, together, support, must, city, tackle	95 020
#4	emission, carbon, energy, gas, world, new, country, target, need, greenhouse, say, plan, u, year, action, report, fuel, reduce, government, goal	94 261
#5	weather, extreme, heat, year, wildfire, fire, hurricane, say, new, storm, u, event, scientist, drought, flood, temperature, california, via, wave, could	92 609
#6	new, story, u, world, read, today, book, talk, people, one, issue, time, year, help, week, work, great, get, science, join	78 000
#7	people, report, impact, health, risk, world, country, new, could, u, million, disaster, food, extreme, weather, say, year, water, crisis, effect	76 501
#8	people, u, need, community, world, future, impact, crisis, action, time, life, take, effect, must, planet, one, like, sea, already, say	75 451
#9	minister, world, summit, un, u, leader, president, conference, cop, country, environment, china, nation, action, issue, meeting, today, new, glasgow, pm	70 640
#10	new, energy, plan, bill, job, biden, clean, fight, action, u, state, need, green, infrastructure, address, deal, president, house, economy, say	69 790
#11	join, u, today, pm, event, impact, action, register, new, learn, discus, health, discussion, live, environment, conference, community, research, help, week	67 304
#12	year, ice, new, earth, temperature, scientist, report, sea, arctic, world, level, study, could, ocean, record, say, rise, planet, via, human	61 982
#13	help, food, carbon, make, fight, way, emission, meat, could, people, one, need, u, planet, new, air, world, le, take, reduce	58 631
#14	oil, company, fuel, fossil, trump, gas, new, court, industry, government, u, say, big, lawsuit, via, exxon, federal, state, administration, coal	58 631
#15	trump, u, paris, donald, president, say, epa, administration, environmental, action, take, via, greta, thunberg, report, agreement, call, house, here, white	58 495
#16	issue, right, people, health, care, u, like, need, trump, policy, gun, justice, say, want, fight, crisis, one, vote, time, woman	58 395
#17	specie, ocean, reef, new, water, sea, could, coral, study, world, scientist, say, via, due, great, bird, habitat, threat, marine, year	55 291
#18	action, protest, activist, world, people, student, greta, thunberg, school, young, protester, leader, take, strike, today, around, government, thousand, youth, demand	54 337
#19	say, issue, candidate, debate, party, plan, election, policy, new, presidential, voter, action, democratic, one, government, via, question, minister, green, campaign	53 290
#20	risk, financial, new, bank, company, say, investor, business, impact, world, need, policy, report, investment, read, economy, action, economic, u, via	51 461
#21	tree, carbon, forest, help, fight, could, new, plant, land, farmer, water, soil, emission, world, solution, u, planting, way, one, via	47 498
#22	could, glacier, bear, via, new, polar, year, world, ice, say, tree, farmer, scientist, may, arctic, coffee, crop, study, due, impact	46 860
#23	science, report, scientist, new, weather, news, study, say, via, scientific, year, hurricane, research, medium, read, data, trump, human, u, story	39 952
#24	threat, world, security, say, u, crisis, war, un, new, david, australia, via, national, nuclear, leader, challenge, humanity, attenborough, one, time	32 133
#25	fight, new, bezos, billion, jeff, city, help, fund, amazon, via, plan, say, world, green, earth, ceo, talk, tackle, million, pledge	17 380

## Liite 2. Ote twiiteistä

Twiiiti	Aihe	Todennäköisyys	Luotu
Katowice celebrations damped by reality of global warming <a href="https://t.co/zwMWJ7FXyc">https://t.co/zwMWJ7FXyc</a> via @financialtimes	#9	0,99	19.12.2018
Flake, who is retiring, also recently challenged Republicans to do more after the UN IPCC report, calling it "pretty dire." He added of climate change: "I hope that we can move along with the rest of the world and address this."	#19	0,53	19.12.2018
Charlotte has a new plan and a billionaire ally in its fight against climate change. <a href="https://t.co/3BFMxEK9hm">https://t.co/3BFMxEK9hm</a>	#10	0,92	19.12.2018
"What the IPCC report makes clear more than anything else is that climate change is not the next generation's issue. It's ours and it's our businesses that need to change by putting sustainability at their core. The time to act is now." -@NeilGaught #SDGs <a href="https://t.co/DQQdRo4iQP">https://t.co/DQQdRo4iQP</a>	#20	0,58	19.12.2018
Nashua Readies for Climate Change, Heat Waves and Floods: <a href="https://t.co/k8g3G31P11">https://t.co/k8g3G31P11</a> <a href="https://t.co/4zsr55xY5C">https://t.co/4zsr55xY5C</a>	#5	1,00	19.12.2018
"There was a natural slowdown in the rate of warming during roughly the decade of the 2000s due to a combination of volcanic influences and internal climate variability, but there was no actual 'hiatus' or 'pause' in warming," @MichaelEMann said. <a href="https://t.co/joO5OZLTDq">https://t.co/joO5OZLTDq</a>	#12	1,00	19.12.2018
Today @GovWhitmer announced a bold plan to protect public health and fight climate change, and she also negotiated a \$60B budget that invests more in public education and skills training. Oh, and she did it by working with a legislature that is suing her right now. <a href="https://t.co/qqMAPKgy3">https://t.co/qqMAPKgy3</a>	#10	1,00	24.9.2020
Nearly 40 Democratic senators call for climate change questions in debates <a href="https://t.co/vPHM0U9Tek">https://t.co/vPHM0U9Tek</a> <a href="https://t.co/FbJDXINtRR">https://t.co/FbJDXINtRR</a>	#19	0,99	24.9.2020
What role has climate change played in the underperformance of the integrated energy sector? Can the sector adapt? #ESG <a href="https://t.co/UTNCbjNYbN">https://t.co/UTNCbjNYbN</a> <a href="https://t.co/5ZspsBrhGK">https://t.co/5ZspsBrhGK</a>	#20	0,94	24.9.2020
Excellent overview of the fire situation in the West and the role of climate change, fire suppression and forest management: <a href="https://t.co/W6nMh7SMsw">https://t.co/W6nMh7SMsw</a> from @PostVideo	#5	0,99	24.9.2020
Even if the Paris climate goals are met, melting Antarctica ice will still cause sea levels to rise by more than 2 meters. <a href="https://t.co/X9yHPCNx3s">https://t.co/X9yHPCNx3s</a>	#12	1,00	24.9.2020
Convened by the Secretary-General on the sidelines of the UN General-Assembly, the High-Level #ClimateChange event brings together global leaders who will showcase the most far-reaching climate actions they are taking.	#9	1,00	23.9.2020
"We have not reached the peak. In fact, no one knows where the peak is," @Weather_West told @BuzzFeedNews.			
The fires are a wake up call that climate change is here — and we need to act. (9/9) <a href="https://t.co/Dx6hY19hMz">https://t.co/Dx6hY19hMz</a> <a href="https://t.co/PhnYHSf7Zj">https://t.co/PhnYHSf7Zj</a>	#5	0,51	23.9.2020
"Climate change poses a major risk to the stability of the U.S. financial system and to its ability to sustain the American economy." —@CFTC			
Trump's climate denial is putting Americans at serious economic risk—in the middle of a recession.	#20	0,50	24.9.2020
@realDonaldTrump „Low energy president - good for the climate change!“	#10	0,42	24.9.2020