

Charlotte Høyem  
Frida Hynne Gjellan

# Markedseffisiens under Covid-19: En analyse av volatilitet og langsiktig avhengighet

Masteroppgave i Økonomi og administrasjon

Veileder: Are Oust

Mai 2023





Charlotte Høyem  
Frida Hynne Gjellan

# **Markedseffisiens under Covid-19: En analyse av volatilitet og langsiktig avhengighet**

Masteroppgave i Økonomi og administrasjon  
Veileder: Are Oust  
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for økonomi  
NTNU Handelshøyskolen



Kunnskap for en bedre verden



## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avsluttende del av vår mastergrad i økonomi og administrasjon ved NTNU Handelshøyskolen med hovedprofil i finansiering og investering. Oppgaven utgjør 30 studiepoeng. Alt innhold i oppgaven står for forfatterens regning.

Vi ønsker å rette en stor takk til vår veileder Are Oust for hans tilgjengelighet og verdifulle tilbakemeldinger. Vi vil også uttrykke vår takknemlighet til NTNU Handelshøyskolen for tilgang til nødvendige ressurser i løpet av denne perioden.

Til slutt vil vi takke venner og familie for korrekturlesing og støtte i denne perioden.

NTNU Handelshøyskolen

Trondheim, mai 2023



Charlotte Høyem



Frida Hynne Gjellan

## Sammendrag

Finansmarkedene antas vanligvis å være effisiente, hvor prisingen av finansielle eiendeler reflekterer all tilgjengelig informasjon. Imidlertid kan krisetider, som Covid-19-pandemien, utfordre markedseffisiens på grunn av økt usikkerhet og asymmetrisk informasjon. Dette kan føre til midlertidige avvik fra markedsnormene, og gi muligheter for unormal avkastning. Formålet med masteroppgaven er å undersøke markedseffisiens under Covid-19-pandemien ved å studere volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjepriser før- og etter utbruddet av pandemien. Analysens tidsperiode strekker seg fra og med 2015 til og med 2021 og omfatter aksjekurser fra 176 indekser i 35 land og 11 sektorer i Europa. Vi har brukt Holt-Winters-analyse til å vurdere volatilitet før- og etter utbruddet av pandemien, samt beregnet Hurst-eksponenter til å vurdere langsiktig avhengighet i aksjepriser før- og etter utbruddet av pandemien.

Resultatene fra vår analyse indikerer en signifikant økning i volatilitet og langsiktig avhengighet i europeiske aksjepriser fra før- til etter utbruddet av pandemien. Gjennom oppgaven har vi kartlagt at effekten av pandemien på aksjemarkedene ikke var ensartet. Italia, Spania og Frankrike er særlig land som viste tegn til manglende markedseffisiens. En av de viktigste årsakene til ulik utvikling i aksjemarkedene under Covid-19-pandemien, kan rett og slett være fordi land ble rammet ulikt av pandemien.

Våre funn indikerer brudd på markedseffisiens under pandemien, noe som resulterer i økte utfordringer for investorer med hensyn til å oppnå konsistente og forutsigbare avkastninger, samt identifisere riktig prisede verdipapirer.

Funnene i denne masteroppgaven bidrar som et supplement til annen internasjonal forskning, og underbygger hvordan aksjepriser strukturerer seg i økonomiske kriseperioder.

## Abstract

Financial markets are typically assumed to be efficient, with asset prices reflecting all available information. However, crisis times, such as the Covid-19 pandemic, can challenge market efficiency due to increased uncertainty and asymmetric information. This can lead to temporary deviations from market norms and provide opportunities for abnormal returns. The purpose of the study is to investigate how the European stock market developed during the Covid-19 pandemic period, by analyzing changes in volatility and long-term dependencies in stock prices in the period from 2015 through 2021. The analysis covers stock prices from 176 indices in 35 European countries and 11 sectors. Holt-Winters analysis has been employed to assess volatility increases before and during the pandemic, while Hurst exponents have been calculated to evaluate the long-term dependence in stock prices.

The results of our analysis indicate a significant increase in volatility and long-term dependence in European stock prices from pre- to post-outbreak of the pandemic. Throughout the thesis, we have observed that the impact of the pandemic on stock markets was not uniform. Italy, Spain, and France are particularly countries that exhibit signs of market inefficiency. One of the key reasons for divergent developments in stock markets during the Covid-19 pandemic may simply be the differential impact of the pandemic across countries.

The findings of this study suggest a disruption of market efficiency during the pandemic, resulting in increased challenges for investors in achieving consistent and predictable returns and accurately identifying fairly priced securities.

# Innhold

|  |            |
|--|------------|
| <b>FORORD</b> .....  | <b>I</b>   |
| <b>SAMMENDRAG</b> .....  | <b>II</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>III</b> |
| <b>FIGURLISTE</b> .....  | <b>V</b>   |
| <b>TABELLISTE</b> .....  | <b>VI</b>  |
| <b>1 INNLEDNING</b> .....  | <b>1</b>   |
| <b>2 BAKGRUNN</b> .....  | <b>3</b>   |
| 2.1 TIDSLINJE COVID-19-PANDEMIEN .....   | 3          |
| 2.2 DET EUROPEISKE AKSJEMARKEDET UNDER COVID-19-PANDEMIEN .....                      | 4          |
| 2.3 EN EMPIRISK STUDIE AV MARKEDSEFFISIENS UNDER KRISER.....                         | 5          |
| 2.3.1 Volatilitet i aksjemarkedet.....   | 5          |
| 2.3.2 Langsiktig avhengighet i aksjepriser.....                                      | 6          |
| 2.4 HYPOTESER .....  | 8          |
| <b>3 DATA</b> .....  | <b>9</b>   |
| 3.1 DATASETT .....   | 9          |
| 3.2 DESKRIPTIV STATISTIKK .....  | 10         |
| 3.2.1 Trendutvikling .....   | 11         |
| <b>4 METODE</b> .....  | <b>14</b>  |
| 4.1 HOLT-WINTERS-METODEN .....   | 14         |
| 4.2 HURST-EKSPONENT-METODEN.....   | 15         |
| 4.3 BEGRENSNINGER OG FORBEHOLD .....   | 16         |
| <b>5 RESULTAT OG DISKUSJON</b> .....   | <b>17</b>  |
| 5.1 UTVIKLING I VOLATILITET PÅ SEKTORSPEISIFIKKE AKSJEINDEKSER I EUROPA.....         | 17         |
| 5.2 VOLATILITETSENDRING FRA PERIODEN FØR- TIL PERIODEN UNDER COVID-19-PANDEMIEN..... | 22         |
| 5.3 LANGSIKTIG AVHENGIGHET I EUROPEISKE AKSJEPRISER UNDER COVID-19-PANDEMIEN .....   | 25         |
| <b>6 KONKLUSJON</b> .....  | <b>28</b>  |
| <b>REFERANSELISTE</b> .....  | <b>30</b>  |
| <b>APPENDIKS</b> .....   | <b>33</b>  |
| A1 VOLATILITETSENDRINGER (HOLT – WINTERS).....                                       | 33         |
| A2 HURST-EKSPONENTER.....  | 37         |



## Figurliste

|  |    |
|--|----|
| <b>2.1:</b> Tidslinje Covid-19-pandemien.....                      | 3  |
| <b>3.2.1:</b> Aksjekurs for hovedindekser.....                     | 11 |
| <b>3.2.2:</b> Aksjekurs for land og sektorer.....                  | 12 |
| <b>5.1.1:</b> Volatilitetsutvikling hovedindeks.....               | 17 |
| <b>5.1.3:</b> Volatilitetsutvikling forsyningssektoren.....        | 18 |
| <b>5.1.4:</b> Volatilitetsutvikling helsesektoren.....             | 19 |
| <b>5.1.5:</b> Volatilitetsutvikling teknologisektoren.....         | 20 |
| <b>5.1.6:</b> Volatilitetsutvikling i Frankrike.....               | 21 |
| <b>5.1.7:</b> Volatilitetsutvikling i Storbritannia.....           | 21 |
| <b>5.2:</b> Relativ endring i predikerte Holt-Winters-verdier..... | 22 |
| <b>5.3.1:</b> Hurst-eksponent 2015-2019.....                       | 25 |
| <b>5.3.2:</b> Hurst-eksponent 2020-2021.....                       | 25 |

## Tabelliste

|   |    |
|---|----|
| <b>3.2:</b> Antall selskaper på hver indeks. ....   | 10 |
| <b>A1.1:</b> Beregnede relative endringer i volatilitet fra 2015-2019 til 2020-2021. .... | 33 |
| <b>A2.1:</b> Beregnede Hurst-eksponenter for land og sektorer i Europa. ....              | 37 |

# 1 Innledning

I dagens komplekse og globaliserte økonomi er det viktigere enn noen gang å forstå markedseffisiens og dens effekt på investorenes avkastning. I følge [Fama \(1970\)](#) er markedseffisiens en teori som hevder at aksjeprisene reflekterer all tilgjengelig informasjon om de tilhørende selskapene. Et sentralt spørsmål i finans er hvorvidt markedet faktisk er effisient, og i hvilken grad dette kan påvirke avkastningen til investorer. Spesielt i tider med økonomiske kriser og usikkerhet er man gjerne bekymret for at markedet ikke opptrer effisient.

Fallet i aksjemarkedet i forbindelse med Covid-19-pandemien gir en ny mulighet til å studere markedseffisiens under kriser. Pandemien utløste en global helsekrise som påvirket aksjemarkedet i betydelig grad på grunn av den etterfølgende økonomiske nedgangen. Formålet med masteroppgaven er å besvare problemstillingen «*Hvordan har markedseffisiens, målt ved volatilitet og langsiktig avhengighet, i aksjepriser på europeiske sektorspesifikke indekser utviklet seg før- og etter utbruddet av Covid-19-pandemien?*».

Flere studier har undersøkt hvordan Covid-19-pandemien har påvirket aksjemarkedet og sektorene i Europa. [Zhang et al. \(2020\)](#), [Khattak et al. \(2021\)](#), [Pardal et al. \(2020\)](#), [Buszko et al. \(2021\)](#) og [Rizvi et al. \(2022\)](#) har alle funnet at pandemien påvirket sektorer ulikt. Mens teknologi- og helsesektoren hadde positiv vekst, hadde sektorer som reise og forsyning nedadgående trend i aksjemarkedet.

Tidligere forskning, inkludert studier av henholdsvis [Hatmanu og Cautisanu \(2021\)](#), [Li et al. \(2022\)](#) og [Baker og Wurgler \(2006\)](#), fant at pandemien førte til økt volatilitet, lavere aksjeverdsettelse, større risikopremier og høyere markedsusikkerhet på det globale aksjemarkedet. Disse funnene understreker behovet for å forstå hvordan pandemier og kriser påvirker aksjemarkedet og hvordan investorer kan tilpasse seg for å håndtere risikoen som følger med kriser.

Selv om det har blitt utført forskning på hvordan pandemien påvirket aksjemarkedene i Europa, er det få studier som har utforsket markedseffisiens ved å analysere både volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjeprisene under pandemien på det europeiske aksjemarkedet. Videre er det mangel på studier som har benyttet Holt-Winters-analyse og Hurst-eksponenter som metodikk til å studere dette fenomenet.

Ved å bruke Holt-Winters-analyse og Hurst-eksponenter til å undersøke volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjepriser i Europa, fyller vår masteroppgave noen av manglene i forskningslitteraturen. Holt-Winters-analyse brukes til å undersøke hvorvidt volatiliteten har økt mellom to perioder. Hurst-eksponenter brukes til å vurdere om det eksisterer langsiktig avhengighet i aksjepriser, eller om markedet er styrt mer av tilfeldigheter. Langsiktig avhengighet refererer til at aksjeprisene følger et mønster som avviker fra gjennomsnittlig aksjepris over en gitt tidsperiode og at dette mønsteret vedvarer i den respektive analyseperioden. Flere studier viser at volatilitet og langsiktig avhengighet kan brukes som mål på markedseffisiens. For eksempel har [Lo og MacKinlay \(1988\)](#) påvist at hvis markedet er effisient, vil det ikke eksistere langsiktig avhengighet i aksjepriser. Høy volatilitet kan indikere manglende markedseffisiens ([Campbell & Shiller, 1988](#)).

Vi har begrenset masteroppgaven til det europeiske aksjemarkedet. Vi analyserer sektorbaserte indekser fordelt på land i perioden fra 1. januar 2015 til 31. desember 2021. For å oppnå en omfattende forståelse av hvordan effisiensen i aksjemarkedet utviklet seg under Covid-19-pandemien, har vi brukt aksjekurser fra 176 indekser i 35 land og 11 sektorer i Europa. Vi har ønsket å benytte en sammenhengende dataserie. I årene før 2015 har vi registrert større hull i dataene for de ulike indeksene. Videre har vi betraktet året 2021 som en naturlig avslutning på analyseperioden på grunn av at aksjeprisen på dette tidspunktet innhentet seg til nivået før utbruddet av pandemien.

Våre analyser viser at volatiliteten på de fleste sektorindeksene i Europa økte betydelig under pandemien sammenlignet med perioden før pandemien. I tillegg avdekker resultatene fra analysen en økning i langsiktig avhengighet i aksjemarkedene under pandemien. Resultatet indikerer dermed at aksjemarkedet kan ha vært mindre effisient etter utbruddet av pandemien. Disse funnene er et viktig supplement for beslutningstakere og investorer som ønsker å forstå hvordan kriser påvirker aksjemarkedene i Europa, og hvordan de kan tilpasse seg for å håndtere fremtidige utfordringer og muligheter i markedet.

Masteroppgaven er strukturert i følgende kapitler; kapittel 2 gir en oversikt over tidligere studier som har analysert det europeiske aksjemarkedet under pandemien, samt studier som har analysert volatilitet og langsiktig avhengighet i kriseperioder. I kapittel 3 har vi presentert datasettet som vi har brukt, samt deskriptiv statistikk for variablene i vår analyse. I kapittel 4 har vi beskrevet den anvendte metoden for oppgaven. Vi har presentert og diskutert resultatene i kapittel 5. I kapittel 6 har vi skrevet vår konklusjon på masteroppgaven.

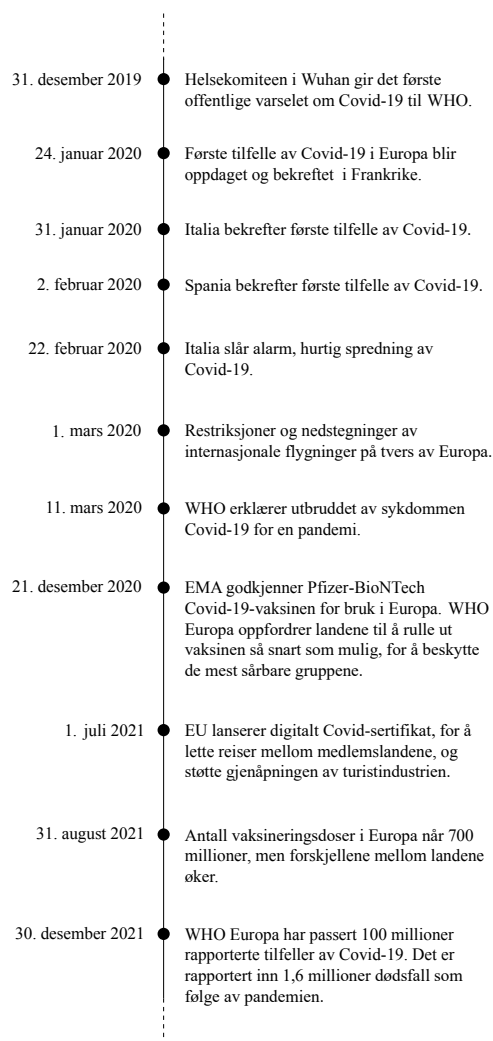
## 2 Bakgrunn

Formålet med dette kapittelet er å gi en sammenfattende og analytisk presentasjon av relevant forskning i lys av problemstillingen som studeres i masteroppgaven. Gjennom en kritisk vurdering av eksisterende litteratur søker kapittelet å plassere problemstillingen i en bredere sammenheng, samt å belyse eventuelle mangler i eksisterende forskning. Avslutningsvis har vi utviklet to hypoteser på bakgrunn av den foretatte litteraturgjennomgangen.

### 2.1 Tidslinje Covid-19-pandemien

For å gi en historisk kontekst til oppgaven har vi valgt å inkludere en tidslinje som viser de mest kritiske hendelsene relatert til Covid-19-pandemien som oppstod i løpet av analysens tidsperiode.

**Figur 2.1:** Tidslinje Covid-19-pandemien.



*Note: Figur 2.1 illustrerer utviklingen av pandemien fra det første varselet til WHO, til utviklingen av vaksiner, digitalt Covid-sertifikat og antall rapporterte smittetilfeller og dødsfall i utgangen av Analyseperioden (WHO, 2022).*

Figur 2.1 illustrerer at pandemien hadde en enorm påvirkning på både Europa isolert og verden som helhet. Samtidig var det store forskjeller mellom landene i antall vaksinasjonsdoser og rapporterte tilfeller av Covid-19-viruset (WHO, 2022).

## 2.2 Det europeiske aksjemarkedet under Covid-19-pandemien

Flere artikler påpeker at noen av de europeiske landene som ble hardest rammet<sup>1</sup> av Covid-19-pandemien, også er de landene som opplevde størst nedgang i aksjemarkedet. Zhang et al. (2020) fant for eksempel at land som Italia, Spania og Frankrike, som opplevde de største smittetilfellene av Covid-19-viruset, også opplevde størst fall i det europeiske aksjemarkedet. På samme måte fant Khattak et al. (2021) at aksjemarkedene i Italia, Spania, Frankrike og Tyskland var landene som hadde størst nedadgående trend under pandemien i det europeiske aksjemarkedet.

Tidligere gjennomførte studier viser at enkelte sektorer og selskaper var bedre rustet enn andre til å tilpasse seg endringene under pandemien. Sektorene som ble hardest rammet, som reiseliv, forsyning og detaljhandel, er alle avhengig av fysisk tilstedeværelse og mobilisering av mennesker. Begrensninger i bevegelse mellom landegrensene førte til en nedgang i etterspørselen etter reiser. Som en konsekvens var reisesektoren preget av stor usikkerhet. Restriksjoner og stengte landegrenser førte til utfordringer med å frakte varer fra ett sted til et annet. I tillegg opplevde forbrukersectoren en betydelig nedgang i etterspørselen etter varer og tjenester under pandemien på grunn av mobilitetsbegrensninger og nedstengning av butikker og kjøpesentre. Dette førte igjen til at mange forbrukere reduserte forbruksvanene sine. Finanssektoren hadde en annen type utfordring under pandemien. Økt volatilitet i finansmarkedene, samt økonomisk usikkerhet og nedgangstider, førte til store svingninger i verdipapirpriser og endringer i investorers holdninger. Dette førte igjen til utfordringer for finansinstitusjoner og investorer som måtte tilpasse seg for å håndtere risiko (De Vet et al., 2021).

Det har blitt gjennomført flere studier for å undersøke konsekvensene av pandemien på ulike sektorer i Europa. Resultater fra Buszko et al. (2021) indikerer at reise og forsyning er blant de sektorene som ble hardest rammet av pandemien. Studien til Pardal et al. (2020) gir støtte til funnene til Buszko et al. (2021), som viser at reise og forsyning er blant sektorene som ble spesielt hardt rammet av pandemien. Pardal et al. fant at de nevnte sektorene også opplevde størst nedgang på aksjemarkedene i Sentral-Europa. Studien til Pardal et al. inkluderer land

---

<sup>1</sup> Hardest rammet målt i antall smittetilfeller.

som Polen, Tsjekkia og Ungarn. [Zhang et al. \(2020\)](#) fant at pandemiens påvirkning på aksjemarkedene i Europa var særlig hard for sektorer som turisme og fly, mens [Khattak et al. \(2021\)](#) fant at pandemien faktisk førte til økt etterspørsel og positiv vekst på aksjemarkedet for sektorer som teknologi, helse og kommunikasjon. På samme måte som [Khattak et al. \(2021\)](#), fant også [Rizvi et al. \(2022\)](#) at enkelte sektorer opplevde negative effekter på verdsettelsen i aksjemarkedet som følge av pandemien, inkludert reiseliv, fritid og olje- og gassindustrien. Imidlertid opplevde sektorer som teknologi og helse positiv vekst i aksjeprisene.

## 2.3 En empirisk studie av markedseffisiens under kriser

Dette delkapittelet utforsker markedseffisiens under økonomiske kriser ved å undersøke hvordan volatilitet og langsiktig avhengighet i finansmarkedene har opptrådd under slike kriser.

### 2.3.1 Volatilitet i aksjemarkedet

Volatilitet er et mål på hvor mye en eiendels pris svinger rundt gjennomsnittsprisen over en gitt tidsperiode. Eiendeler med høy volatilitet anses ofte som mer risikable enn mindre volatile eiendeler, fordi slike eiendeler kan ha en mindre forutsigbar prisutvikling.

Flere studier har benyttet en GARCH-modell til å analysere effekten av Covid-19-pandemien på volatiliteten i aksjemarkedet. [He et al. \(2020\)](#) har undersøkt aksjemarkedene i fire land, blant annet Tyskland og Storbritannia. Forskerne fant gjennom sin GARCH-modell at volatiliteten økte på grunn av usikkerhet rundt pandemiens varighet og alvorlighet, samt endringer i forbruks- og investerings mønstre blant investorer. I tillegg fant de at endringer i politikk og reguleringer fra myndigheter påvirket volatiliteten til de analyserte landene. På samme måte viser [Hatmanu og Cautisanu \(2021\)](#) i sin studie av det rumenske aksjemarkedet at pandemien hadde en betydelig negativ effekt på aksjemarkedet og at volatiliteten økte som en konsekvens av dette. [Li et al. \(2022\)](#) har undersøkt aksjemarkedene i flere europeiske land. Gjennom en GARCH-modell fant forskerne ut at pandemien hadde en vesentlig negativ påvirkning på alle sektorer og land som ble undersøkt. Forskere som [Sahoo \(2021\)](#) og [Gupta og Jindal \(2022\)](#) brukte også en GARCH-modell, og oppdaget lignende funn som [Li et al. \(2022\)](#). De fant blant annet en sammenheng mellom pandemien og økt volatilitet på både det indiske aksjemarkedet og de thailandske børsene.

[Baker og Wurgler \(2006\)](#) fant gjennom en tekstanalyse av nyhetsartikler at investorer har en tendens til å overreagere på negative nyheter og undervurdere positive nyheter. De hevder at

dette reaksjonsmønsteret blant investorer kan ha vært bidragsytende til økt volatilitet i aksjemarkedet. Reaksjonsmønsteret som studiet til [Baker og Wurgler \(2006\)](#) fant blant investorer, kan være spesielt synlig under krisetider som Covid-19-pandemien i form av økt risikoaversjon og panikk blant investorer.

Mens noen studier viser til en økning i volatilitet som en følge av pandemien, finnes det også studier som viser en nedgang i volatilitet på det globale aksjemarkedet under ulike kriseperioder. For eksempel viser forskning utført av [Uddin et al. \(2021\)](#) og [Engelhardt et al. \(2021\)](#) at faktorer som et godt utviklet helsevesen, en mangfoldig økonomi og høy grad av sosial tillit, kan bidra til å redusere økonomisk volatilitet under krisetider som for eksempel under Covid-19-pandemien og Finanskrisen. Disse to studiene har undersøkt aksjeindekser i land over hele verden, men mens [Uddin et al. \(2021\)](#) brukte en ARDL-modell til å analysere hvordan kriseperiodene påvirket volatilitet i det globale aksjemarkedet, brukte [Engelhardt et al. \(2021\)](#) paneldataanalyse til å undersøke det samme fenomenet.

Til tross for at det har blitt gjennomført en rekke undersøkelser av volatilitet i aksjemarkedet under Covid-19-pandemien, er det begrenset med forskning som har analysert dette fenomenet ved bruk av en Holt-Winters-analyse. På det europeiske aksjemarkedet har vi ikke observert noen tidligere studier som har brukt Holt-Winters-analyse til å undersøke volatilitet under kriseperioder. Derimot har en nylig studie av [Erero og Makananisa \(2021\)](#) brukt Holt-Winters-analyse til å undersøke volatilitet i det sør-afrikanske aksjemarkedet. Studien fant at volatiliteten i aksjemarkedet økte under pandemien sammenlignet med perioden før pandemien brøt ut.

### 2.3.2 Langsiktig avhengighet i aksjepriser

Langsiktig avhengighet i aksjepriser innebærer en observerbar tendens til at prisene på aksjer beveger seg i en spesifikk retning over den tidsperioden som blir analysert ([Greene & Fielitz, 1977](#)). Det er viktig å forstå at selv om langsiktig avhengighet i aksjepriser kan eksistere, så betyr ikke dette at prisene vil bevege seg lineært eller være forutsigbar på kort sikt.

Kortsiktige svingninger og usikkerhet kan fortsatt oppstå i aksjeprisene til tross for langsiktig avhengighetsmønstre i de respektive prisene.

[Just og Echaust \(2020\)](#) påpeker at krisetider kan føre til økt langsiktig avhengighet i aksjepriser, særlig for de selskapene som klarer å tilpasse seg endringene som følger med en krise. Et eksempel på dette er selskapene som investerte i digitale tjenester eller tilbød alternative løsninger for kundene sine under Covid-19-pandemien. Mange av disse



selskapene opplevde økt suksess og vekst i den respektive perioden. En slik vekst kan igjen ha ført til økt interesse fra investorer, og økt etterspørsel etter selskapenes aksjer.

Investorer kan justere investeringsatferden sin under krisetider, avhengig av deres risikopreferanser (Just & Echaust, 2020). For eksempel kan investorer som er mer risikoavers foretrekke å investere i sektorer som opplevde mindre nedgang relativt til andre sektorer under kriseperioden. På en annen side, kan investorer som er mer risikosøkende plassere kapital i selskaper som ble hardere rammet av pandemien, i håp om å dra nytte av en potensiell innhenting i aksjekursene. En slik investeringsatferd kan skape økt langsiktig avhengighet i aksjeprisene, noe som kan påvirke prisene på sektorindeksene på lang sikt.

En annen faktor som kan føre til avhengigheter i aksjepriser er virkemidler regjeringer og sentralbanker kan iverksette under en krise for å støtte opp økonomien og bedriftene (Dong et al., 2021). For eksempel kan sentralbankenes lave renter under pandemien ha bidratt til økt investeringsaktivitet i aksjemarkedet. Økt investeringsaktivitet kan medvirke til å øke langsiktig avhengighet i aksjeprisene.

En nylig studie av Liu et al. (2023) har undersøkt langsiktig avhengighet i både kinesiske og amerikanske finansmarkeder under pandemien ved bruk av en GARCH-analyse. Forskerne fant økt langsiktig avhengighet i aksjeprisene i begge markedene under pandemien. Kumar og Deo (2013) har også funnet lignende resultater i sin studie, hvor de analyserte Hurst-eksponenter på aksjeindekser på alle verdenskontinentene. Studien fant at det var en reduksjon i avhengighet mellom aksjeprisene på kort sikt under pandemien, men en økning på lang sikt.

For å få et bredere perspektiv av påvirkningen av økonomiske kriser på aksjemarkedene i Europa, har både Anagnostidis et al. (2016) og Aslam et al. (2020) utført studier på dette temaet. Anagnostidis et al. (2016) fant ved hjelp av Hurst-eksponenter at den Globale Finanskrisen førte til en reduksjon i markedseffisiens, mens Aslam et al. (2020) fant ved hjelp av en MFDDFA-metode en økning i langsiktig avhengighet i aksjeprisene under Covid-19-pandemien. Selv om begge studiene fant en reduksjon i markedseffisiens, ble observasjonene gjort på ulike krisetidspunkter og ved hjelp av forskjellige forskningsmetoder.

## 2.4 Hypoteser

Basert på litteraturgjennomgangen i dette kapitlet har vi formulert to hypoteser:

*H1: Volatiliteten på europeiske aksjeindekser økte under Covid-19-pandemien.*

*H2: Langsiktige avhengigheter i europeiske aksjepriser økte under Covid-19-pandemien.*

I kapittel 5 har vi diskutert hypotesene i sammenheng med vår egen analyse og de respektive resultatene.

## 3 Data

Dette kapittelet gir en oversikt over datasettet som vi har anvendt i vår masteroppgave, og presenterer trendutviklingen i europeiske aksjemarkeder i perioden fra og med 2015 til og med 2021. Delkapittel 3.2, deskriptiv statistikk, viser antall selskaper i hver indeks og trendutviklingen for utvalgte sektorer og land. Den deskriptive statistikken har dannet grunnlaget for videre analyse og testing av hypotesene som er formulert i delkapittel 2.4.

### 3.1 Datasett

Datasettet omfatter daglige aksjekurser for 176 indekser i Europa. Begrunnelsen for vårt valg om å begrense analysen til Europa, er at denne regionen er relativt homogen i økonomisk utvikling og politiske forhold. Europa har en stabil økonomi og politisk situasjon sammenlignet med mange andre verdensdeler, noe som reduserer støy og forstyrrelser fra eksterne faktorer og gir mulighet til å studere langsiktig avhengighet i aksjekurser.

Begrensningene øker også sammenlignbarheten mellom landene og sektorene som inngår i analysen. Datasettet inkluderer aksjekurser fra 35 land og 11 sektorer, se tabell 3.2. Formålet med å inkludere data fra flere land og sektorer er for å kunne undersøke potensiell avhengighet i aksjekursene. Dette gir oss også muligheten til å undersøke om sektorer og land hadde ulik utvikling i løpet av kriseperioden. Totalt inneholder datasettet 302 706 datapunkter som representerer daglige aksjekurser. Se tabell 3.2 for oversikt over antall selskaper på hver indeks, fordelt på land og sektor.

All data er hentet fra Investing.com, med unntak av sektorindeksene for Norge som er hentet fra Oslo Børs sin nettside. For å kvalitetssikre datapunktene har vi sjekket den respektive dataen i Eikon. Masteroppgaven tar for seg aksjemarkedet i en tidsperiode fra 1. januar 2015 til og med 31. desember 2021. Perioden er delt inn i to separate deler; en tidsperiode før utbruddet av Covid-19-pandemien (2015-2019) og en tidsperiode etter utbruddet av Covid-19-pandemien (2020-2021). Hensikten med å gjøre denne inndelingen er for å kunne undersøke hvorvidt det har vært en økning i volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjekursene, fra perioden før pandemien til perioden etter utbruddet av Covid-19-pandemien.

For å redusere effekten av ekstreme verdier, samt for å få en mer robust analyse, har vi benyttet log-transformerte og normaliserte aksjekurser. Ved å log-transformere prisene blir eventuelle veksttrender jevnet ut, og normalisering sørger for at indeksene har samme skala

og variasjon. Transformeringen gjør det lettere å sammenligne indeksene på en rettferdig måte (Nofsinger, 2012).

Log-transformeringen og normaliseringen har blitt utført i Excel for hele Analyseperioden. Vi log-transformerte aksjeprisene i trinn en og normaliserte de i trinn to. I

normaliseringsprosessen benyttet vi formelen: "Normaliser (log-transformert aksjepris) = (log-transformert aksjepris - middelerdi for log-transformerte aksjepriser) / standardavviket for log-transformerte aksjepriser".

### 3.2 Deskriptiv statistikk

**Tabell 3.2:** Antall selskaper på hver indeks.

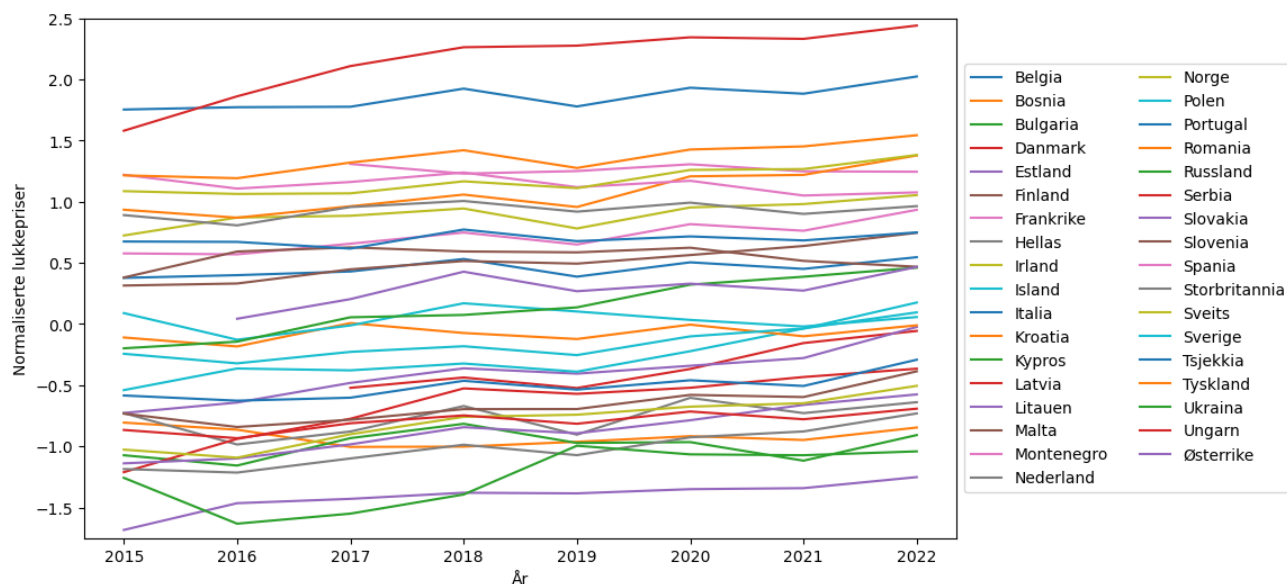
| Land          | Hoved-indeks | Industri | Finans | Forbruker | Helse | Teknologi | Material | Forsyning | Olje | Telekom | Reise |
|---------------|--------------|----------|--------|-----------|-------|-----------|----------|-----------|------|---------|-------|
| Belgia        | 20           | 17       | 16     | 6         | 17    | 6         | 13       | 3         |      | 5       |       |
| Bosnia        | 14           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Bulgaria      | 15           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Danmark       | 25           | 29       | 27     | 6         | 17    | 8         |          | 10        | 5    | 3       | 5     |
| Estland       | 32           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Finland       | 25           | 29       | 6      | 10        | 9     | 6         | 13       | 3         | 2    | 4       | 4     |
| Frankrike     | 40           | 63       | 47     | 82        | 45    | 37        | 17       | 13        | 11   |         |       |
| Hellas        | 60           | 11       | 2      | 5         |       | 10        | 10       | 5         | 8    | 2       | 3     |
| Irland        | 33           |          | 4      |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Island        | 23           | 2        | 5      |           |       | 2         |          |           |      | 3       |       |
| Italia        | 330          | 16       | 38     | 24        | 13    | 6         | 8        | 8         | 7    | 5       | 6     |
| Kroatia       | 20           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Kypros        | 7            |          | 3      |           |       |           |          |           |      |         | 5     |
| Latvia        | 11           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Litauen       | 28           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Malta         | 32           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Montenegro    | 28           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Nederland     | 24           | 27       | 31     | 17        | 8     | 16        | 8        |           | 3    | 3       |       |
| Norge         | 25           | 55       | 15     | 15        | 13    | 25        | 8        | 5         | 2    | 2       |       |
| Østerrike     | 20           | 12       | 11     | 4         | 6     |           | 8        |           | 6    | 8       |       |
| Polen         | 20           | 36       | 13     | 19        | 7     | 60        | 5        | 12        | 4    | 6       |       |
| Portugal      | 20           | 6        | 6      | 10        |       | 6         | 5        | 4         |      | 4       |       |
| Romania       | 17           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Russland      | 50           | 10       | 15     | 14        |       | 10        | 13       | 14        | 9    | 4       |       |
| Serbia        | 10           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Slovakia      | 16           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Slovenia      | 8            |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Spania        | 35           |          | 21     | 23        |       | 7         | 27       | 8         | 5    |         |       |
| Storbritannia | 100          | 18       | 19     | 62        | 63    | 29        | 40       | 9         | 18   | 5       | 26    |
| Sveits        | 20           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Sverige       | 30           | 94       | 37     | 9         | 60    | 37        | 27       |           | 8    | 4       | 9     |
| Tsjekkia      | 10           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Tyskland      | 30           | 64       | 30     | 14        | 32    | 24        |          | 5         |      | 9       |       |
| Ukraina       | 5            |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |
| Ungarn        | 15           |          |        |           |       |           |          |           |      |         |       |

*Note: Tabellen viser en oversikt over antall selskaper på hver indeks, fordelt på land og sektorer. Antall selskaper i en indeks påvirker indeksens sensitivitet, fordi mindre indekser er mer sårbare for svingninger i enkeltaksjer.*

### 3.2.1 Trendutvikling

I dette delkapittelet har vi fremstilt aksjekursutviklingen for ulike sektorer og land fra og med 2015 til og med 2021. Fremstillingen gir et bilde av endringene i trend i europeiske aksjemarkeder i Analyseperioden.

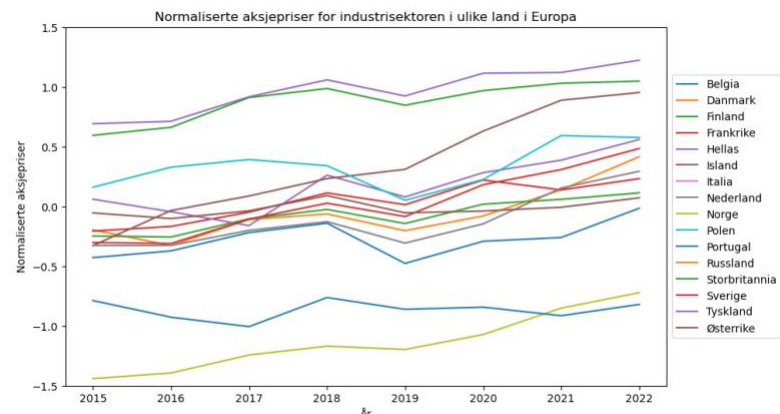
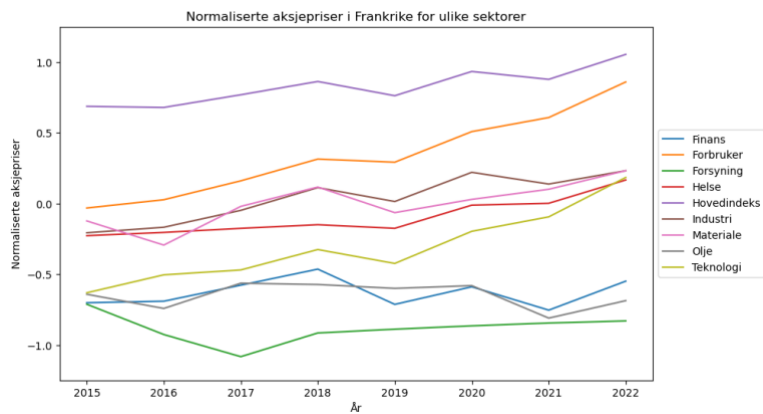
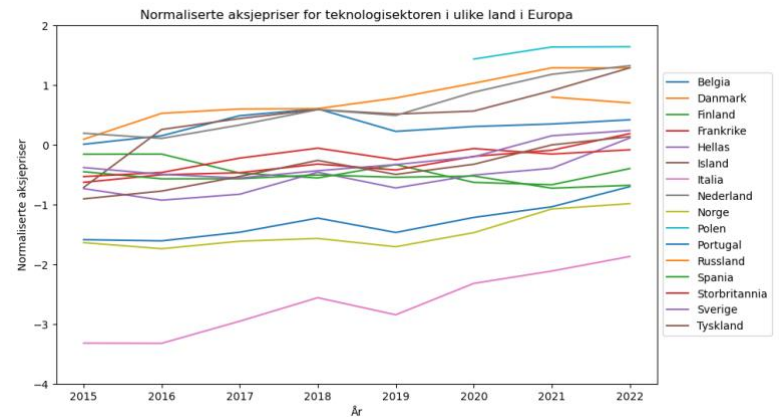
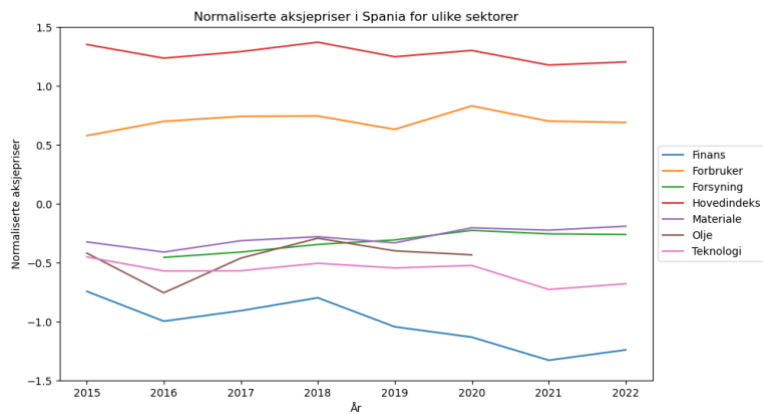
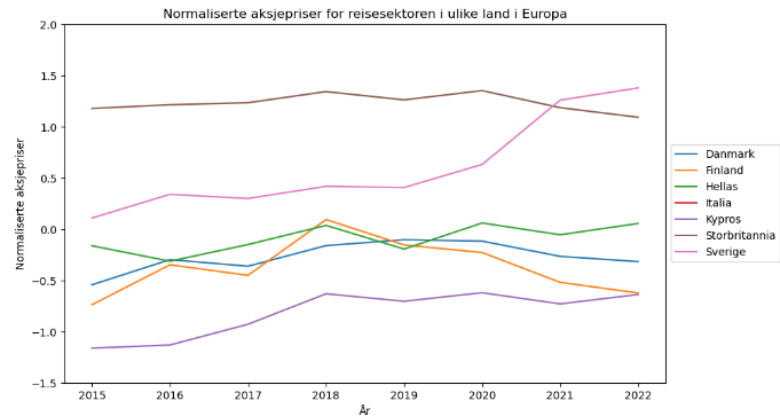
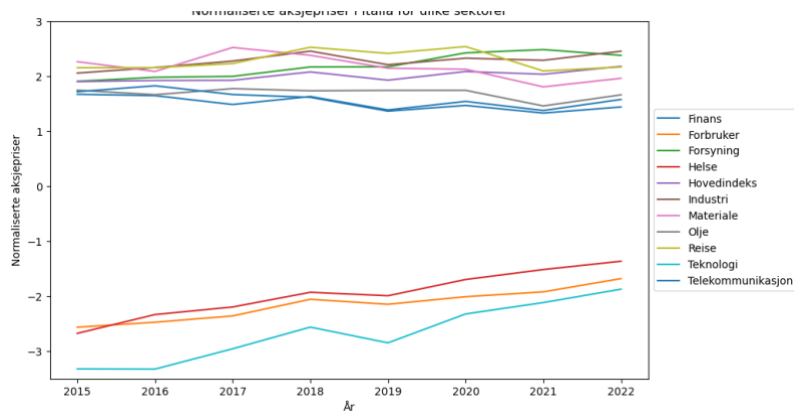
**Figur 3.2.1:** Aksjekurs for hovedindekser.



*Note: Figuren viser utvikling i normalisert og log-transformert aksjekurs for de ulike hovedindeksene på det europeiske aksjemarkedet fra og med 2015 til og med 2021.*

Totalt sett viser figur 3.2.1 en generell stigende trend gjennom hele Analyseperioden. Selv om europeiske aksjeindekser opplevde en kortvarig nedgang i 2020, viser figur 3.2.1 en rask bedring og en økende trend allerede fra 2021.

**Figur 3.2.2: Aksjekurs for land og sektorer.**



*Note: Figuren viser log-transformerte og normaliserte aksjepriser i perioden fra og med 2015 til og med 2021 for de landene (Italia, Spania, Frankrike) og sektorene (Reise, Teknologi, Industri) som fra et samfunnsperspektiv ble hardest rammet av Covid-19.*

Til venstre i figur 3.2.2 illustreres trendutviklingen på sektorspesifikke aksjeindekser til de tre landene i Europa som, fra et samfunnsperspektiv, ble hardest rammet av Covid-19-pandemien; Italia, Spania og Frankrike. Figuren viser at Italia hadde en nedadgående trend i de fleste sektorene under pandemien, med unntak av helse- og teknologisektorene som hadde en økende trend. Spania hadde også en nedadgående trend i alle sektorer fra utbruddet av pandemien i 2020 og frem til inngangen av 2021. Frankrike opplevde en nedadgående trend under pandemien for sektorindeksene industri, finans og olje, men hadde en økende trend for forbruger-, teknologi- og materialsektoren. Helse- og forsyningssektorene i Frankrike hadde en tilnærmet flat trend i samme periode.

Basert på litteraturgjennomgangen i kapittel 2, har vi gått ut ifra at enkelte sektorer har blitt hardere rammet av pandemien enn andre sektorer. Til høyre i figur 3.2.2 illustreres utviklingen i tre slike sektorer: reisesektoren, teknologisektoren og industrisektoren. Reisesektoren er en av sektorene som ble hardt rammet av Covid-19-pandemien, og figuren viser at alle landene opplevde en betydelig nedadgående trend på aksjeindeksen for reise da pandemien inntraff. Dette med unntak av Sverige som hadde en kraftig økende trend på reiseindeksen i samme periode. Teknologi- og industrisektoren er derimot eksempler på sektorer som jevnt over hadde en økende trend i aksjepriser under Covid-19-pandemien.

## 4 Metode

I dette kapittelet beskrives metodene vi har valgt til å analysere utviklingen i volatilitet og avhengighet på sektorspesifikke aksjeindekser i Europa fra og med 2015 til og med 2021. Vi har benyttet Holt-Winters-metoden til å undersøke signifikante endringer i volatilitet fra perioden før utbruddet av Covid-19-pandemien til perioden etter utbruddet av pandemien. Videre har vi beregnet Hurst-eksponenter til å undersøke tilstedeværelsen av langsiktig avhengighet i kursutviklingen i Analyseperioden. Vi har valgt å benytte de respektive metodene til å identifisere trender og mønstre i datamaterialet, og for å gi et mer nyansert bilde av hvordan aksjemarkedene i Europa utviklet seg i Analyseperioden.

### 4.1 Holt-Winters-metoden

Holt-Winters-metoden er en eksponentiell glatting-metode som anvender en vektingsstrategi basert på tidligere observasjoner i tidsserien. Denne strategien gir lavere vekt til eldre observasjoner og høyere vekt til nyere observasjoner.

Formelen for Holt-Winters-metoden, gjengitt i [Hyndman og Athanasopoulos \(2018\)](#), kan uttrykkes som:

1.  $Y_t = \alpha(X_t - S_{t-m}) + (1 - \alpha)(Y_{t-1} + b_{t-1})$
2.  $b_t = \beta(Y_t - Y_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$
3.  $S_t = \gamma(X_t - Y_t) + (1 - \gamma)S_{t-m}$ ,

hvor  $Y_t$  representerer den predikerte verdien for tidspunkt  $t$ .  $X_t$  representerer den faktiske verdien for tidspunkt  $t$ .  $S_t$  er en prediksjon for sesongkomponenten for tidspunkt  $t$ , hvor  $m$  er lengden på sesongperioden.  $b_t$  er en prediksjon for trendkomponenten for tidspunkt  $t$ .

Parameteren  $\alpha$  bestemmer vektingen av den nåværende observasjonen i forhold til tidligere observasjoner. Høyere verdier av  $\alpha$  gir mer vekt til de nåværende observasjonene.

Parameteren  $\beta$  bestemmer vektingen av trenden i tidsserien, mens parameteren  $\gamma$  bestemmer vektingen av sesongvariasjonen i tidsserien.

Holt-Winters-metoden ble implementert i analysen ved bruk av Python-pakken «statsmodels.tsa.holtwinters». Videre ble det utført en t-test for å sammenligne de predikerte Holt-Winters-verdiene for perioden før utbruddet av pandemien (2015-2019) mot perioden etter utbruddet av pandemien (2020-2021). Til slutt har vi beregnet forskjellen i standardavvik for de to prediksjonene, samt den relative endringen i volatilitet fra perioden før- til perioden etter utbruddet av pandemien. Fremgangsmåten for implementasjon av Holt-



Winters-metoden i Python og utførelse av t-test på volatilitetsendring, er beskrevet i [Seabold og Perktold \(2010\)](#) og [Virtanen et al. \(2020\)](#).

## 4.2 Hurst-eksponent-metoden

I motsetning til andre metoder, som for eksempel Holt-Winters-metoden som fokuserer på kortsiktig prediksjon basert på tidligere observasjoner, gir Hurst-eksponenten en indikasjon på tidsseriens langsiktige avhengighet ([Zhao et al., 2017](#)).

Hurst-eksponenten er et viktig mål på tidsseriens trendfølsomhet og langsiktige avhengighet, og den tar hensyn til at tidsserier ofte viser avvik fra gjennomsnittet over lang tid ([Mandelbrot & Wallis, 1969](#)). Begrepet langsiktig avhengighet kan imidlertid variere avhengig av analysens kontekst og formålet med analysen. I konteksten av aksjeprisanalyse, vil en høy Hurst-eksponent indikere tilstedeværelsen av langsiktig avhengighet i de analyserte aksjeprisene over en gitt tidsperiode. Dette betyr at aksjeprisene følger et mønster som avviker fra gjennomsnittlig indekspris over den analyserte tidsperioden, og at dette mønsteret vedvarer over tid.

Hurst-eksponentene beveger seg på en skala fra 0 til 1, hvor en Hurst-eksponent på mellom 0,5 og 1,0 indikerer en langsiktig avhengighet med en tendens til å følge trender. En Hurst-eksponent på mellom 0,0 og 0,5 indikerer en tendens til å veksle mellom positive og negative verdier, og aksjeprisene er da av en mer tilfeldig karakter ([Zhao et al., 2017](#)). Desto høyere Hurst-eksponenten er, desto tydeligere vil det være et mønster som avviker fra middelverdien til aksjeprisene over den analyserte tidsperioden. Mønsteret i aksjeprisene vil da vedvare over den respektive tidsperioden.

Formelen for utregning av Hurst-eksponenten er som følger:

$$1. \quad H = \frac{\log(R/S)}{\log(n)},$$

hvor R er standardavviket av differensene mellom prisene i tidsserien, S er skaleringsfaktoren, og n er antall differenser.

Skaleringsfaktoren er definert som:

$$2. \quad S = \frac{1}{2} \left[ E(X_i - X_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}},$$

hvor  $X_i$  er prisen til tidsserien i perioden før pandemien.  $X_j$  er prisen i perioden under pandemien, og  $E()$  representerer forventningsverdien.

Vi har benyttet Python-pakken "hurst" til å beregne Hurst-eksponentene for de to delperiodene av tidsserien, henholdsvis perioden før- og etter utbruddet av pandemien. Pakken "hurst" inneholder funksjoner til å beregne Hurst-eksponenten ved hjelp av en R/S-analyse (Range/Standard Deviation Analysis) ([Garcia & Prado, 2020](#)).

### 4.3 Begrensninger og forbehold

Ingen analysemetode kan betraktes som perfekt, og dette gjelder også for både Holt-Winters- og Hurst-eksponent-metoden. Selv om Holt-Winters-metoden kan håndtere tidsserier med både lineære og ikke-lineære trender, kan metoden likevel gi feilaktige resultater hvis tidsserien inneholder komplekse sesongvariasjoner. På den ene siden er Hurst-eksponenten egnet til å håndtere tidsserier med langsiktig avhengighet. På den annen side kan Hurst-eksponenten gi feilaktige resultater dersom tidsserien inneholder kortsiktig støy eller volatilitet som ikke er knyttet til langsiktig trend.

Til tross for begrensninger i metodene, ansees metodene som egnet til vårt analyseformål. For det første har begge metodene vist seg å være relativt effektiv til å analysere både lineære og ikke-lineære trender i tidsserier. En av de største utfordringene med analyse av tidsseriedata er at dataen ofte er «ikke-stasjonær», noe som betyr at middelverdien og/eller variansen kan endre seg over tid. Dette kan skyldes ulike faktorer, for eksempel endringer i økonomiske forhold, politiske beslutninger, endringer i forbrukertrender, sesongmessige mønstre, med mer. Ikke-stasjonaritet kan gjøre det vanskelig å trekke konklusjoner om egenskapene til tidsseriedataene, og kan føre til feilaktige estimater og prognoser ([Hyndman & Athanasopoulos, 2018](#)). Verken Holt-Winters-metoden eller Hurst-eksponent-metoden krever stasjonaritet i tidsseriedataen. For det andre har metodene blitt brukt i tidligere studier og de har vist seg å være pålitelig og nøyaktig. For det tredje gir begge metodene oss muligheten til å analysere både den kortsiktige volatiliteten og den langsiktige avhengigheten i tidsseriene. Til tross for at det finnes andre metoder som GARCH-modeller, Wavelet-analyse og Machine learning-modeller, kan disse metodene være mer komplekse og vil ofte kreve mer data og tid for implementering. Derfor anser vi Holt-Winters- og Hurst-eksponent-metoden som de mest hensiktsmessige forskningsmetodene for analysen i vår masteroppgave.

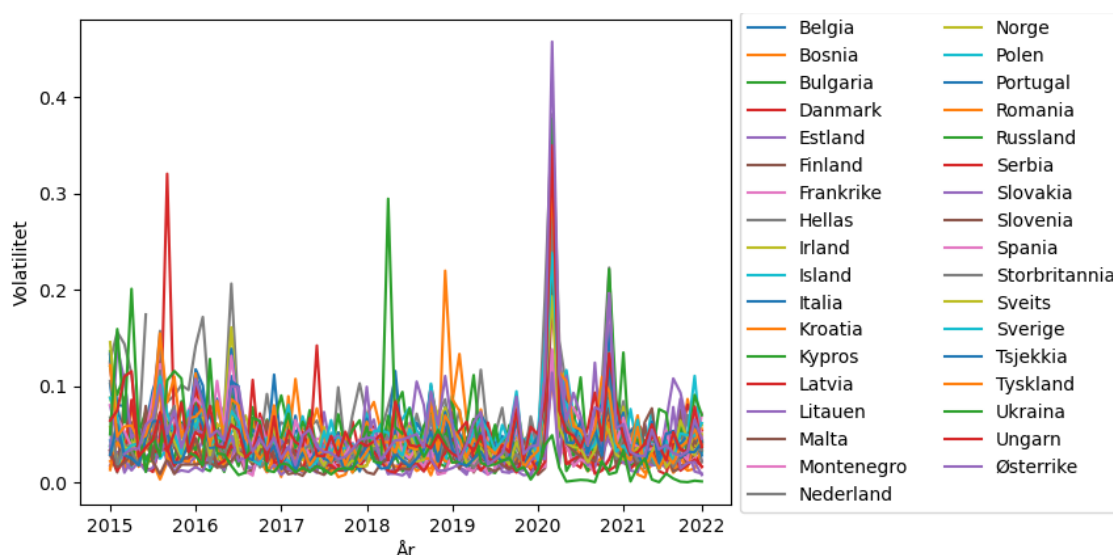
## 5 Resultat og Diskusjon

I dette kapittelet har vi utført sektorspesifikke analyser av europeiske aksjeindekser til å teste henholdsvis hypotese 1 om at «*volatiliteten økte under Covid-19-pandemien*», samt hypotese 2 om at «*langsiktige avhengigheter i aksjeprisene økte under Covid-19-pandemien*».

Utviklingen i volatilitet er presentert grafisk i delkapittel 5.1, og Holt-Winters-analysen er anvendt i delkapittel 5.2 til å teste signifikans i relative volatilitetsendringer. For å teste hypotese 2, har endringene i Hurst-eksponenter mellom perioden før- og etter utbruddet av pandemien blitt analysert i delkapittel 5.3.

### 5.1 Utvikling i volatilitet på sektorspesifikke aksjeindekser i Europa

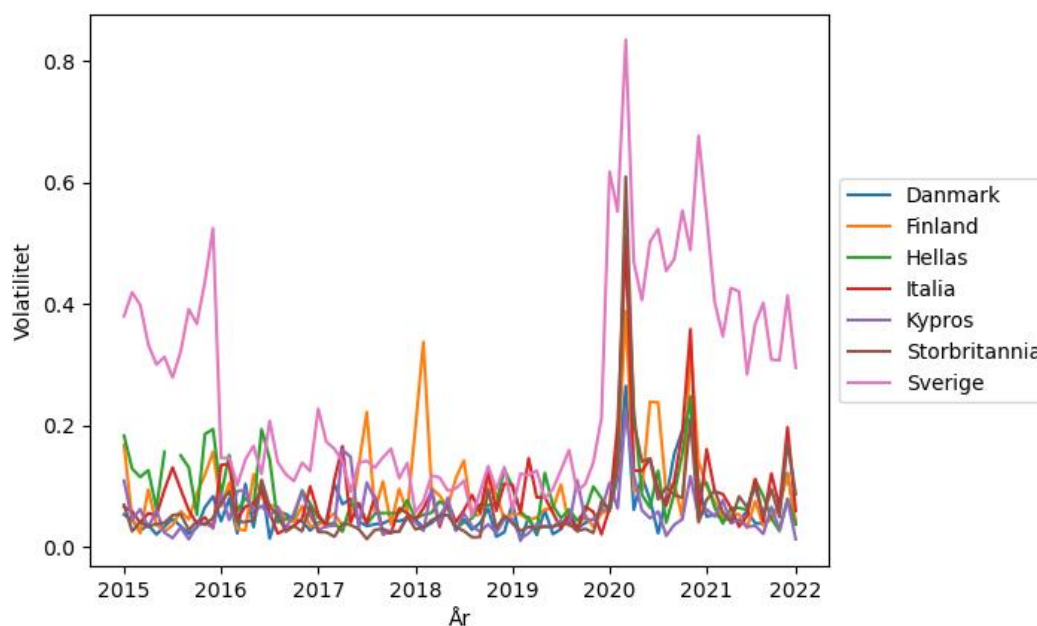
**Figur 5.1.1:** Volatilitetsutvikling hovedindeks.



*Note: Figuren viser volatilitetsutviklingen for hovedindeksene, fordelt på sektor og land i det europeiske aksjemarkedet fra og med 2015 til og med 2021.*

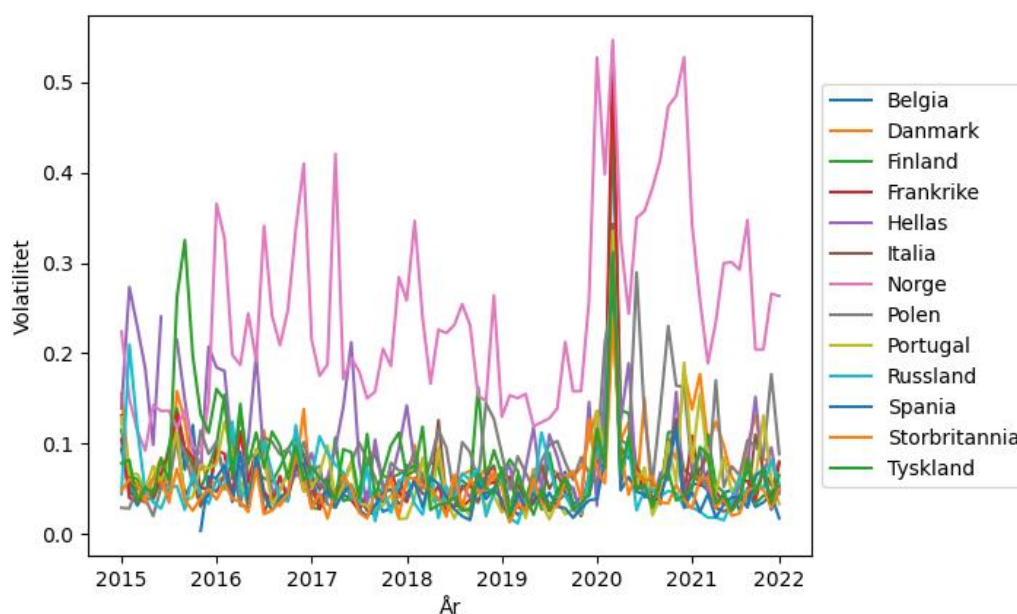
Figur 5.1.1 viser volatiliteten til hovedindeksene til 35 europeiske land i Analyseperioden. Før utbruddet av Covid-19-pandemien var volatiliteten relativt stabil og holdt seg på et lavt nivå på mellom 0 og 0,1. Etter utbruddet av pandemien økte volatiliteten betydelig for de fleste hovedindeksene med toppverdier på opptil 0,45. Figur 5.1.1 indikerer imidlertid at volatiliteten normaliserte seg allerede i begynnelsen av 2021 til nivåer tilsvarende tiden før pandemien. Denne innhenting kan blant annet forklares på bakgrunn av tiltak fra myndigheter og sentralbanker for å støtte opp under økonomien, hvilket bidro til å roe markedene og gjenopprette investorenes tillit (De Vet et al., 2021).

**Figur 5.1.2:** Volatilitetsutvikling reisesektoren.



*Note: Figuren viser volatilitetsutviklingen i reisesektoren for ulike indekser i europeiske land i tidsperioden fra og med 2015 til og med 2021.*

**Figur 5.1.3:** Volatilitetsutvikling forsyningssektoren.



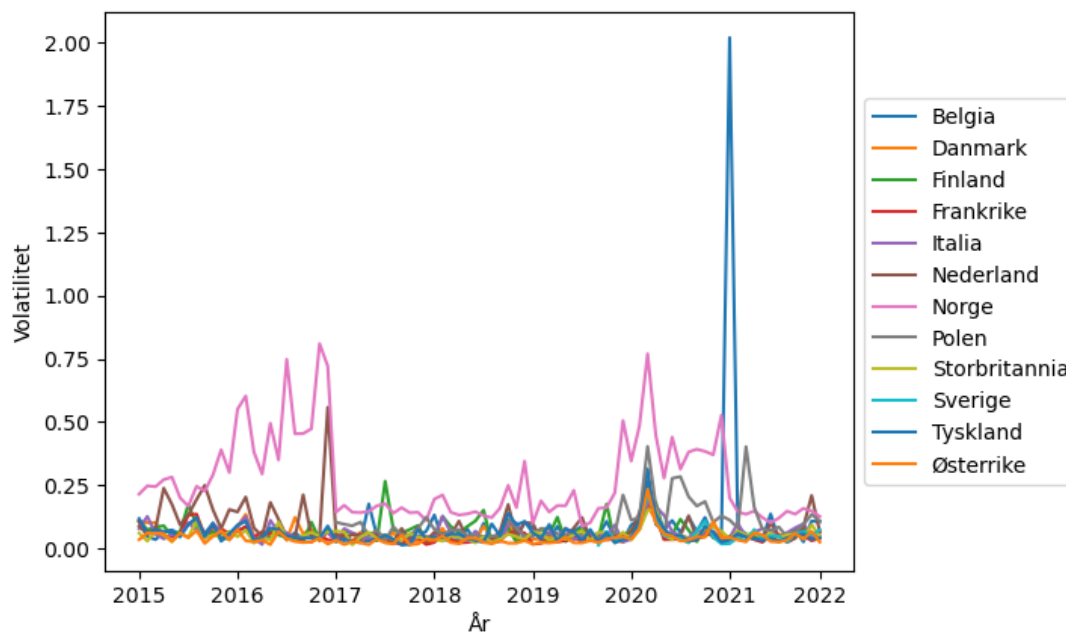
*Note: Figuren viser volatilitetsutviklingen i forsyningssektoren for ulike indekser i europeiske land i tidsperioden fra og med 2015 til og med 2021.*

Figur 5.1.2 og 5.1.3 viser to sektorer som hadde betydelig endring i volatilitet i perioden fra før- til etter utbruddet av pandemien. Reisesektoren, som er presentert i figur 5.1.2, er en av sektorene som var særlig volatil under pandemien. Før pandemien lå volatiliteten på en verdi

mellom 0 og 0,1, men ved utbruddet av pandemien i 2020 økte den dramatisk til rundt 0,8. Ifølge De Vet et al. (2021) kan pandemiens innvirkning på reiselivsbransjen ha vært knyttet til restriksjoner på reisevirksomhet, lav etterspørsel etter reiser og generell usikkerhet rundt bransjen.

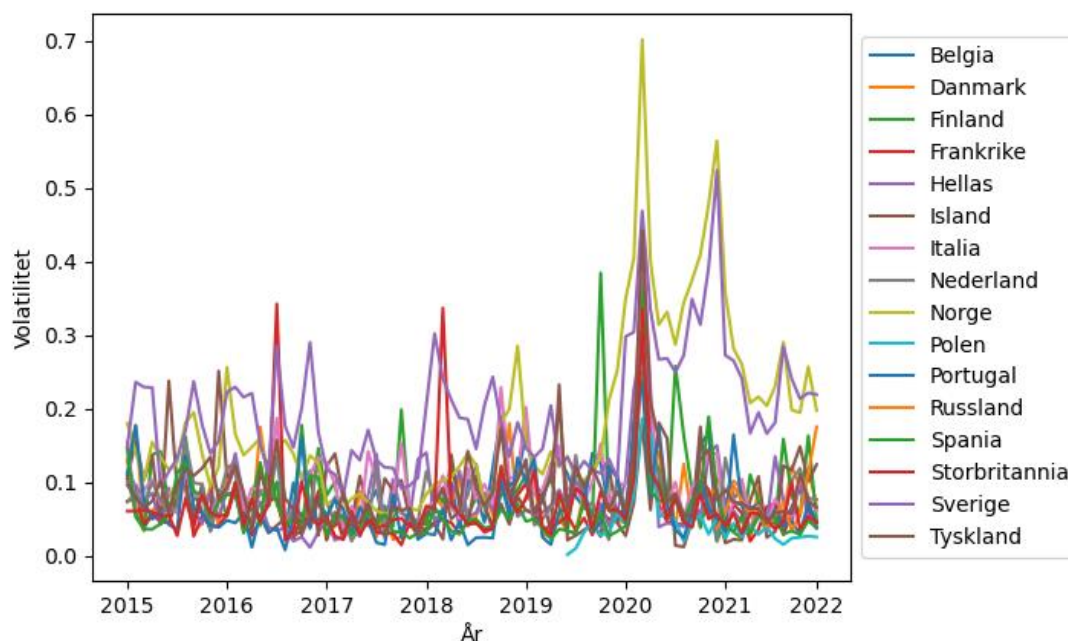
Forsyningssektoren er presentert i figur 5.1.3, og viser likheter med reisesektoren ved å ha en gjennomsnittlig volatilitet på mellom 0 og 0,1 i perioden før pandemien, men ved utbruddet av pandemien økte den til et nivå på 0,55. Norge skiller seg imidlertid ut i forsyningssektoren ved å vise til relativt høy volatilitet over hele perioden, også før pandemien. De fleste land hentet seg relativt raskt inn etter 2020, både innen reise- og forsyningssektoren, med en synkende volatilitet.

**Figur 5.1.4:** Volatilitetsutvikling helsesektoren.



*Note: Figuren viser volatilitetsutviklingen i helsesektoren for ulike indekser i europeiske land i tidsperioden fra og med 2015 til og med 2021.*

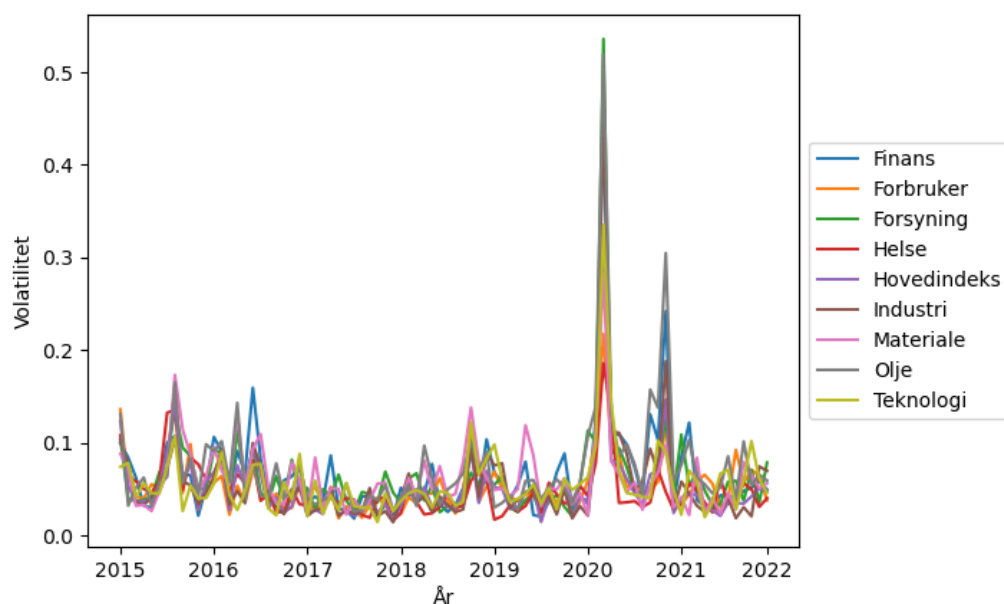
**Figur 5.1.5:** Volatilitetsutvikling teknologisektoren.



*Note: Figuren viser volatilitetsutviklingen i teknologisektoren for ulike indekser i europeiske land i tidsperioden fra og med 2015 til og med 2021.*

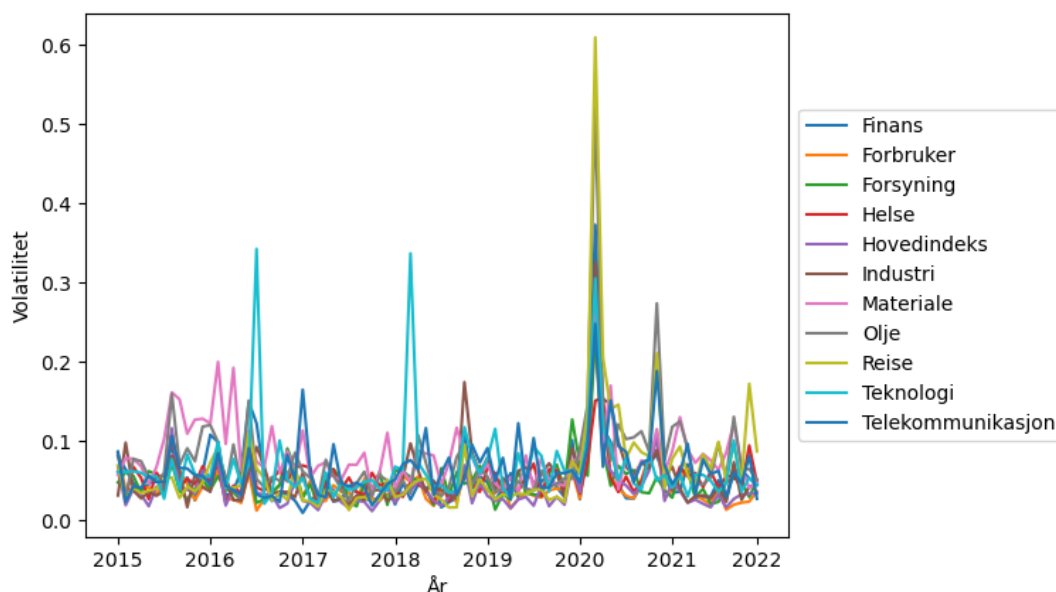
Figur 5.1.4 og 5.1.5 viser at helse- og teknologisektoren hadde en lavere økning i volatilitet i det pandemien inntreffer, sammenlignet med reise- og forsyningssektoren. Før pandemien hadde helsesektoren en volatilitet på omtrent 0,1, men i begynnelsen av 2020 økte volatiliteten til mellom 0,2 og 0,35. Dette med unntak av Norge som viser en volatilitet på 0,75 i samme periode. Teknologisektoren hadde en variabel volatilitet før pandemien, men da pandemien brøt ut økte volatiliteten for de fleste land. Imidlertid varierte fremdeles graden av økning på tvers av landene. I begynnelsen av 2020 utmerket den norske teknologisektoren seg med en volatilitet på nesten 0,7.

**Figur 5.1.6:** Volatilitetsutvikling i Frankrike.



*Note: Figuren viser volatilitetsutviklingen for ulike sektorer i Frankrike i perioden fra og med 2015 til og med 2021.*

**Figur 5.1.7:** Volatilitetsutvikling i Storbritannia.



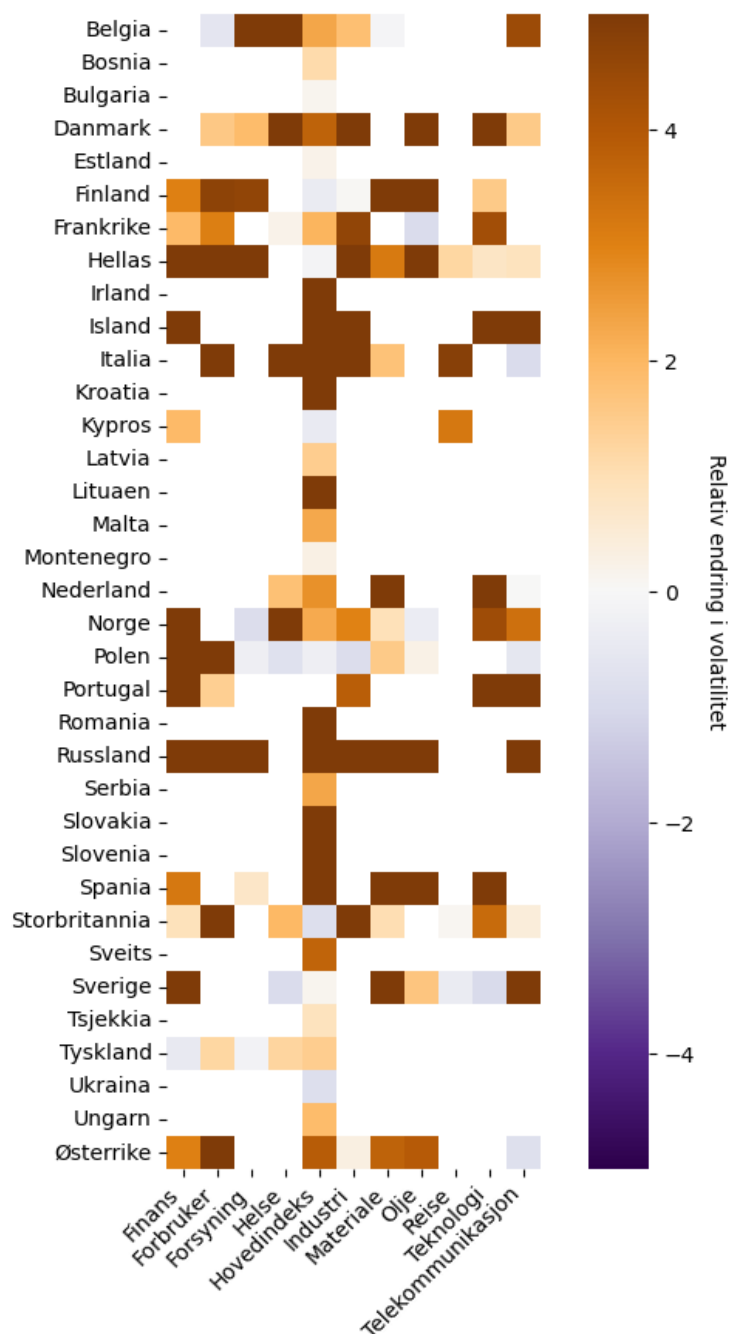
*Note: Figuren viser volatilitetsutviklingen for ulike sektorer i Storbritannia i perioden fra og med 2015 til og med 2021.*

Etter en grundig gjennomgang av volatiliteten på landsnivå, fant vi at ved utbruddet av pandemien skilte Frankrike og Storbritannia seg ut som de landene med størst økning i volatilitet på de respektive aksjemarkedene. Ifølge grafene i figur 5.1.6 og 5.1.7 var begge landene preget av en relativt lav volatilitet på mellom 0 og 0,1 før pandemien. Volatiliteten økte deretter til en verdi på mellom 0,5 og 0,6 ved inngangen av året 2020. Figur 5.1.6 viser

at forsyningssektoren hadde den høyeste volatiliteten i Frankrike ved utbruddet av pandemien, mens figur 5.1.7 viser at reisesektoren hadde den høyeste volatiliteten i Storbritannia ved utbruddet av pandemien.

## 5.2 Volatilitetsendring fra perioden før- til perioden under Covid-19-pandemien

**Figur 5.2:** Relativ endring i predikerte Holt-Winters-verdier.



*Note: Oversikt over endringer i volatilitet mellom perioden før- og etter utbruddet av Covid-19-pandemien, presentert ved bruk av en fargeskala fra mørk blå til mørk brun (-5 til 5), for sektorer og land i Europa. Endringene er beregnet ved predikerte Holt-Winters-verdier. Missing values er presentert ved hvit farge i figuren.*



Analysen av resultatene fra Holt-Winters-metoden indikerer at det var en endring i volatilitet på de fleste aksjeindeksene i det europeiske aksjemarkedet fra perioden før utbruddet av pandemien til perioden etter utbruddet av pandemien. Resultatene er illustrert ved hjelp av en fargeskala som går fra -5 til 5. Den mørkeste brunfargen på fargeskalaen representerer en økning i volatilitet på 500 prosent eller mer i perioden under pandemien sammenlignet med perioden før pandemien. Mørk blå på fargeskalaen representerer en relativ nedgang på 500 prosent fra før- til under pandemien. En fullstendig oversikt over de beregnede relative endringene for hver sektor og hvert land er tilgjengelig i A1.

I hypotese 1 antas det at volatiliteten på europeiske aksjeindekser økte under Covid-19-pandemien, sammenlignet med perioden før pandemien. Resultatene fra vår analyse viser at det var en økning i volatilitet på de fleste aksjeindeksene i Europa under pandemien. Dette er i tråd med studiene fra litteraturgjennomgangen. [He et al. \(2020\)](#) og [Hatmanu og Cautisanu \(2021\)](#) konkluderte begge med at volatiliteten i aksjemarkedet hadde økt som følge av pandemien. Det er også utført tilsvarende studier på andre geografiske regioner, hvor samtlige studier kan vise til at volatiliteten i aksjemarkedet økte betydelig under pandemien ([Erero & Makananisa, 2021](#); [Gupta & Jindal, 2022](#)). En mulig forklaring på at resultatene viser en økning i volatilitet fra perioden før pandemien til perioden under pandemien, kan knyttes til økt risikoaversjon og panikk blant investorer. Dette kan igjen føre til en økning i volatilitet og uforutsigbarhet i aksjemarkedet, som også er dokumentert av tidligere forskning ([Baker & Wurgler, 2006](#)). Enkelte land og sektorer kan vise til en svak nedgang i volatilitet fra perioden før til perioden under pandemien, som presenteres med lyseblå tall i figur 5.2. Funnene domineres likevel av en økning i volatilitet sammenlignet med før pandemien, noe som bekrefter hypotese 1.

For å følge vår metodikk har vi utført en signifikansanalyse i Python for å undersøke endringen i volatilitet. Dette ble gjort ved å analysere signifikansnivået mellom predikerte Holt-Winters-verdier. Resultatene fra vår analyse viser at samtlige aksjeindekser kan vise til en signifikant endring i volatilitet mellom periodene. Dette funnet samsvarer med en tidligere studie av det indiske aksjemarkedet under pandemien, gjennomført av [Sahoo \(2021\)](#).

Flere artikler fra litteraturgjennomgangen peker på at noen av de europeiske landene som ble hardest rammet av pandemien, også var de landene som opplevde størst nedgang i aksjemarkedene ([Zhang et al., 2020](#)). Landene som ble hardest rammet av pandemien, målt ved negativ trendutvikling, hadde økt volatilitet i den respektive perioden ([Khattak et al.,](#)

2021). [Zhang et al \(2020\)](#) viser til Italia, Spania og Frankrike som eksempler på land som ble hardt rammet av pandemien. Det samme bekreftes også gjennom vår fremstilling av trendutviklingen under deskriptiv statistikk, som viser en negativ trend i aksjekursen. I våre resultater kommer det fram at disse landene også kan vise til en sterk økning i volatilitet fra perioden før til perioden under pandemien, kun med unntak av oljesektoren i Frankrike og telekommunikasjon i Italia, som kan vise til en svak nedgang i volatilitet.

Våre funn viser at Russland og Island er eksempler på land som opplevde en relativ økning i volatilitet på over 500 prosent for samtlige sektorer, fra perioden før til perioden under pandemien. Den sterke økningen kan forklares med flere faktorer, inkludert usikkerhet rundt varigheten og alvorligheten av pandemien, endringer i forbruks- og investeringsmønstre, samt endringer i politikk og reguleringer fra myndighetene ([He et al., 2020](#)).

I motsetning til Russland og Island, er Tyskland, Sverige og Polen eksempler på land som hadde synkende volatilitet for enkelte sektorer under pandemien. Dette kan forklares med at disse landene har relativt sterke helsesystemer og en godt diversifisert økonomi, som igjen kan ha bidratt til å dempe volatiliteten i deres respektive aksjemarkeder under pandemien ([Uddin et al. 2021](#)). Videre har Tyskland, Sverige og Polen også en relativt høy grad av sosial tillit, noe som kan ha ført til mer stabilitet og forutsigbarhet i den økonomiske situasjonen innad i landene ([Engelhardt et al., 2021](#)).

I likhet med land, har også sektorene i Europa hatt ulik grad av endring i volatilitet fra før-til etter utbruddet av pandemien. Dette kan sees i figur 5.2.1. Resultatene støttes av studier fra litteraturgjennomgangen. [Buszko et al. \(2021\)](#) viser til at enkelte sektorer ble mer påvirket av pandemien enn andre. En mulig årsak til ulik endring i volatilitet i sektorer, kan være at visse sektorer og selskaper var mer rustet for å håndtere de påførte endringene som følge av pandemien sammenlignet med andre sektorer. Dette kan tilskrives en rekke faktorer, inkludert ulikheter i sektorenes arbeidskraft, tilgang til kapital, og graden av offentlige restriksjoner ([De Vet et al., 2021](#)).

Sektorene i Sverige viser særlig en ulik endring i volatilitet fra perioden før til perioden under pandemien, som vist i figur 5.2.1. Helse- og teknologisektoren i Sverige viser en synkende volatilitet, mens finans-, material- og telekommunikasjonssektoren viser en økende volatilitet. Mulige årsaker til den synkende volatiliteten i helse- og teknologisektoren kan være deres kritiske samfunnsfunksjoner og nytten av digitalisering og etterspørsel etter virtuelle arbeidsverktøy og helseprodukter ([De Vet et al., 2021](#)). Restriksjoner på bevegelse og stengte

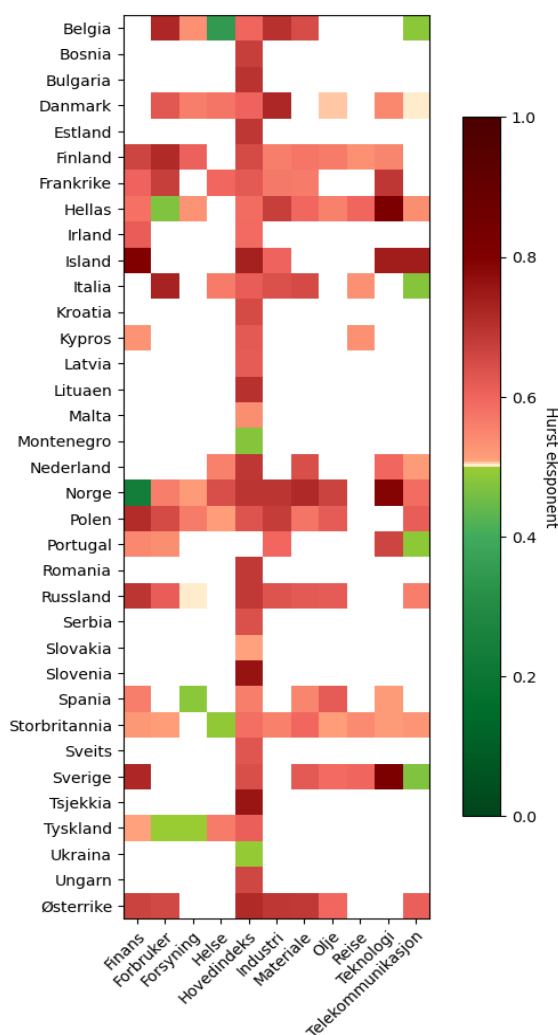
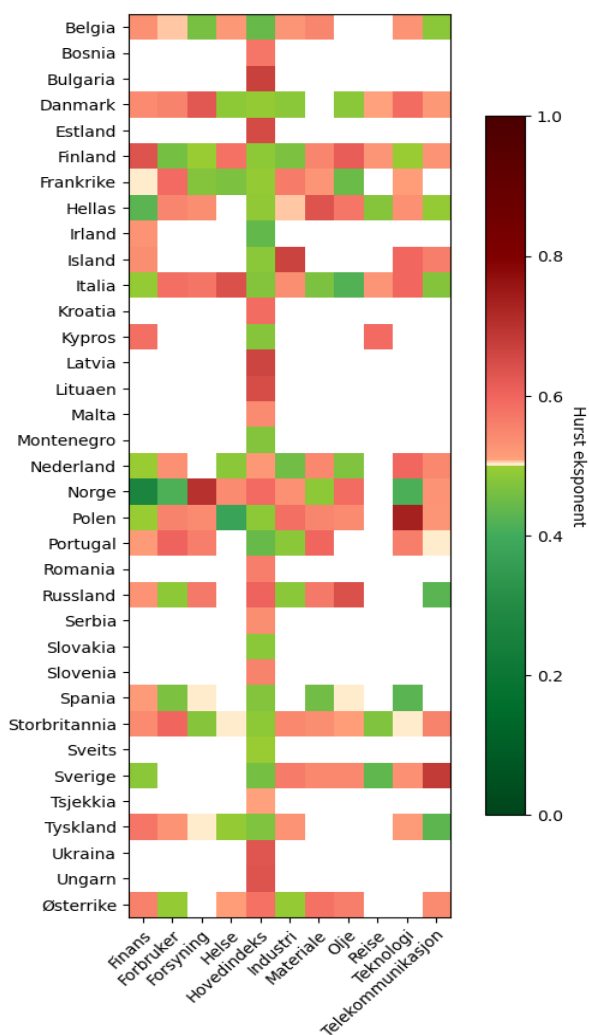
grenser har derimot ført til utfordringer i material- og detaljhandelsektoren (De Vet et al., 2021). Samtidig har volatilitet i finansmarkedene ført til store svingninger i verdipapirpriser og endringer i investorers holdninger, noe som har påvirket finanssektoren.

### 5.3 Langsiktig avhengighet i europeiske aksjepriser under Covid-19-pandemien

For å visualisere Hurst-eksponent-verdiene i aksjekursene, er det benyttet en fargeskala som går fra grønt til rødt. Jo høyere Hurst-eksponent-verdi, jo mer langsiktig avhengighet er det i aksjekursene. Mørkegrønn indikerer en verdi på 0,0, som representerer ren tilfeldighet eller uavhengighet mellom aksjekursene. Mørkerød indikerer en verdi på 1,0, som representerer perfekt langsiktig avhengighet i aksjeprisene. Den kritiske verdien i testen er på 0,5 og skiller mellom tilfeldighet og avhengighet i aksjeprisene. Se fargeskalaen i figur 5.3.1 og 5.3.2.

**Figur 5.3.1:** Hurst-eksponent 2015-2019.

**Figur 5.3.2:** Hurst-eksponent 2020-2021.



*Note: Oversikt over Hurst-eksponenter fordelt på land og sektorer i Europa, presentert ved bruk av en fargeskala fra mørk grønn til mørk rød (0-1). Missing values er presentert ved hvit farge i figurene. Figur 5.3.1 viser Hurst-eksponenter for perioden før utbruddet av pandemien.. Figur 5.3.2 viser Hurst-eksponenter for perioden etter utbruddet av pandemien. Se A2 for beregnede Hurst-eksponenter.*

Resultatene fra analysen av Hurst-eksponentene indikerer at det var flere Hurst-eksponenter over 0,5 i perioden under pandemien sammenlignet med perioden før pandemien. Slik det kommer frem av figur 5.3.1 og 5.3.2 har flere sektorer og land gått fra å være preget av mer tilfeldigheter (grønne og lyserøde toner) i aksjekursene i perioden før pandemien, til å være mer dominert av langsiktig avhengighet (rødere toner) i perioden under pandemien. I perioden under pandemien viser de analyserte indeksene høye Hurst-eksponenter, sammenlignet med de samme indeksene i perioden før pandemien. Dette indikerer at aksjeprisene på disse indeksene i den analyserte tidsperioden er preget av mer langsiktig avhengighet, hvor prisene følger et mønster som avviker fra gjennomsnittlig indekspris over samme tidsperiode.

Tidligere studier kan også vise til en høy grad av langsiktig avhengighet i både kinesiske og amerikanske finansmarkeder under pandemien (Liu et al., 2023), noe som støtter våre funn. Studiet til Liu et al (2023) støttes av Kumar og Deo (2023) som fant tilsvarende resultater på globale aksjeindekser. Selv om det er mulig for enkelte markeder å bli mindre avhengig av hverandre under krisetider, viser vår analyse at aksjeprisene i Europa var preget av langsiktig avhengighet under pandemien. Dette resultatet støttes også av tidligere forskning gjennomgått i kapittel 2 (Aslam et al., 2020; Li et al., 2022). Tilsvarende resultater ble observert i andre kriseperioder, som Finanskrisen i 2008-2009 (Anagnostidis et al., 2016). Studiene tyder på at aksjemarkedet ikke var fullstendig effisient verken under den Globale Finanskrisen eller under Covid-19-pandemien.

Litteraturgjennomgangen i kapittel 2 viser at sektorene som ble direkte påvirket av pandemien, også kan vise til større økning i langsiktig avhengighetsmønstre i aksjeprisene. Reise-, forbruker-, finans- og forsyningssektoren er sektorer som alle opplevde omfattende nedskjæringer og utfordringer som følge av pandemien. Dette støttes av studiene til Buszko et al. (2021), Rizvi et al. (2022), Pardal (2021) og Zhang et al. (2020). Resultatene i figur 5.3.2 sammenlignet med figur 5.3.1 bekrefter tidligere forskning. For eksempel viser figur 5.3.2 at reisesektoren var preget av større langsiktig avhengighet i aksjeprisene under pandemien, sammenlignet med perioden før pandemien. Se figur 5.3.1.

En mulig forklaring på endringen i langsiktig avhengighet i aksjepriser fra perioden før pandemien til perioden under pandemien, kan være økonomisk støtte fra regjeringer og fra EU-kommisjonen (Dong et al., 2021). Det økonomiske bidraget kan ha bistått selskapene i reisesektoren gjennom en utfordrende periode. Støtten kan ha skapt økt tillit fra investorer og

potensielle kunder. Bidrag i kapital og økt tillit kan videre ha medvirket til å opprettholde aksjekursene for selskapene på et høyere nivå enn de ellers ville vært. Slik sett har den økonomiske støtten fra flere europeiske land dermed påvirket den langsiktige avhengigheten i aksjekursene innenfor sektoren. I tillegg kan økonomisk støtte lette selskapene i arbeidet med å tilpasse seg endringene i markedet, for eksempel ved å investere i digitale tjenester eller alternative løsninger for kundene (Greene & Fielitz, 1977). Dette kan ha ført til økt suksess og vekst for disse selskapene og dermed økt interesse og etterspørsel fra investorer etter deres aksjer. Som en konsekvens av de økonomiske støtteordningene kan aksjekursene for selskapene i de aktuelle sektorene ha blitt tettere korrelert, noe som igjen kan påvirke den langsiktige avhengigheten i aksjeprisene innenfor de respektive sektorene.

Pandemien påvirket også helse- og teknologisektoren ved å øke etterspørselen etter deres produkter (Khattak et al., 2021). Hurst-eksponentene for disse sektorene økte fra perioden før pandemien til perioden under pandemien, noe som indikerer en økt langsiktig avhengighet i aksjeprisene. Figur 5.3.2 viser for eksempel at teknologisektoren i flere land hadde svært høye Hurst-eksponent-verdier under pandemien sammenlignet med perioden før pandemien. Se figur 5.3.1. Dette gjelder også for helsesektoren. Årsakene til økt langsiktig avhengighet i aksjeprisene i sektorer som helse og teknologi kan være mangfoldig. En mulig forklaring er at investorene oppfattet disse sektorene som mer stabil og mindre påvirket av pandemiens usikkerhet, og dermed valgte å plassere en større andel av investeringene sine i disse sektorene (Just & Echaust, 2020). Videre kan det tenkes at de lave styringsrentene i Europa under pandemien bidro til økt investeringsaktivitet i aksjemarkedene, og denne økte etterspørselen kan igjen ha ført til økt langsiktig avhengighet i aksjeprisene på et overordnet nivå (Dong et al., 2021).

Det er viktig å være oppmerksom på endogenitet i analysen av aksjemarkedet, da det kan være flere faktorer enn Covid-19-pandemien som påvirker både volatilitet og langsiktig avhengighet i markedet. Politiske hendelser, endringer i pengepolitikk, irrasjonelle markedsaktører og generelle økonomiske trender kan også påvirke aksjemarkedet. Korrelasjonen mellom variabler som ikke er inkludert i analysen kan føre til en over- eller undervurdering av endringene i volatilitet og langsiktig avhengighet. For å redusere mulig endogenitet, utførte vi en logaritmisk transformasjon og normalisering av aksjeprisene før analysen. Det er viktig å understreke at denne transformeringen ikke er nok til å fullstendig fjerne endogenitetsproblemet. Dermed er det fortsatt nødvendig å være oppmerksom på og ta forbehold om mulig endogenitet i videre forskning og testing.

## 6 Konklusjon

I denne masteroppgaven har vi undersøkt markedseffisiens målt ved volatilitet og tilstedeværelsen av langsiktig avhengighet i aksjepriser på europeiske sektorindekser. Vi har besvart problemstillingen ved å anvende en Holt-Winters-analyse og beregnet Hurst-eksponenter. Dette har gjort det mulig for oss å sammenligne graden av effisiens i det europeiske aksjemarkedet mellom delperiodene 2015 til 2019 og 2020 til 2021. Resultatene fra vår analyse indikerer en signifikant økning i volatilitet på de fleste sektorspesifikke aksjeindekser som ble undersøkt i krisetiden, sammenlignet med perioden før pandemien. Basert på resultatene kan hypotese 1 bekreftes. Hypotese 2 støttes videre av beregnede Hurst-eksponenter som avdekker en markant økning i langsiktig avhengighet mellom aksjeprisene på flere sektorindekser etter utbruddet av pandemien. Vi kan derfor konkludere med at det europeiske aksjemarkedet var mindre effisient i analyseperioden etter utbruddet av Covid-19-pandemien sammenlignet med perioden før utbruddet av pandemien. Økning i volatilitet og langsiktig avhengighet varierte imidlertid blant aksjeindeksene som ble undersøkt, med noen aksjeindekser som viste en nedgang i volatilitet. Dette indikerer at noen sektorindekser var mer sårbare for økt volatilitet og langsiktig avhengighet enn andre sektorindekser.

Våre funn er i tråd med resultater fra tidligere studier, som har påvist at de landene som ble mest påvirket av pandemien også er blant de landene som hadde størst økning i volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjepriser. Pandemien hadde en særlig negativ effekt på Italia, Spania og Frankrike, noe som gjenspeiler seg i betydelig økning i relativ volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjepriser på de fleste sektorindeksene i disse landene etter utbruddet av pandemien.

Selv om våre funn er i tråd med tidligere studier, er det viktig å merke seg at den globale situasjonen under pandemien var kompleks og kan ha blitt påvirket av mange faktorer. Overordnet viser tidligere studier vi har undersøkt i litteraturgjennomgangen at regionale forskjeller i politiske styringssystemer, tilgang til kapital og graden av offentlige restriksjoner er noen av faktorene som kan ha påvirket resultatene. I tillegg påpeker annen forskning i litteraturgjennomgangen at støtteordninger fra EU og regjeringer, samt den lave styringsrenten i de fleste land, kan ha ført til økt investeringsaktivitet. Videre hevder tidligere forskning at dette kan ha bidratt til den observerte økningen i både volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjepriser under pandemien.

Denne masteroppgaven gir et viktig bidrag til forståelsen av hvordan aksjemarkedet prises under økonomiske kriser, og vil dermed supplere tidligere forskning på området. Vårt primære bidrag inkluderer ikke bare funnene i seg selv, men også metodene vi har anvendt for presentasjon og kommunikasjon av disse funnene. Derfor er det viktig å fremheve betydningen av våre grafiske fremstillinger av resultatene og deres verdi for videre forskning på feltet.

## Forslag til videre forskning

Resultatene fra vår analyse viser en betydelig økning i både volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjepriser på sektorindeksene i Europa under pandemien, sammenlignet med perioden før pandemien. Likevel kan det ikke med sikkerhet konkluderes at Covid-19-pandemien var den eneste faktoren som bidro til observasjonene i denne oppgaven. Derfor anbefales videre forskning for å undersøke hva som forårsaket økningen i volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjepriser under pandemien. En mulig tilnærming er å undersøke effektene av sentralbankenes pengepolitiske tiltak, samt hvordan vaksiner og gjenåpning av økonomien påvirket aksjemarkedene i ulike sektorer og land.

Innhenting og behandling av datamaterialet har vært en omfattende prosess som har krevd betydelig tid og ressurser. Derfor har vi valgt å begrense fokuset vårt til det europeiske markedet i denne oppgaven. En verdifull sammenligning for å utfylle denne studien ville vært å undersøke markedseffisiens i Europa sammenlignet med utviklingen i andre verdensdeler, som for eksempel USA og Asia. Dette kunne bidratt til å gi et bredere perspektiv og bedre forståelse av markedsforholdene under krisetider.

En annen interessant tilnærming ville vært å sammenligne resultatene fra vår studie med tidligere forskning som analyserer aksjemarkedets reaksjon i andre krisetider. Dette kan bidra til å skape en overordnet forståelse av markedsdynamikken under kriser. Et potensielt forskningsområde for videre utforskning kan være å undersøke volatilitet og langsiktig avhengighet i aksjepriser før og etter utbruddet av en annen krise. For eksempel kan man sammenligne perioden før Russlands invasjon av Ukraina med perioden etter invasjonen, med mål om å undersøke eventuelle forskjeller i volatilitet og langsiktig avhengighet mellom disse periodene. Slike tilleggsundersøkelser vil bidra til å styrke og forbedre validiteten av resultatene fra vår egen oppgave.

## Referanseliste

- Anagnostidis, P., Varsakelis, C., & Emmanouilides, C. J. (2016). Has the 2008 financial crisis affected stock market efficiency? The case of Eurozone. *Physica A: statistical mechanics and its applications*, 447, 116-128.
- Aslam, F., Mohti, W., & Ferreira, P. (2020). Evidence of intraday multifractality in European stock markets during the recent coronavirus (COVID-19) outbreak. *International Journal of Financial Studies*, 8(2), 31.
- Baker, M., & Wurgler, J. (2006). Investor sentiment and the cross-section of stock returns. *The journal of Finance*, 61(4), 1645-1680.
- Buszko, M., Orzeszko, W., & Stawarz, M. (2021). COVID-19 pandemic and stability of stock market—A sectoral approach. *Plos one*, 16(5), e0250938.
- Campbell, J. Y., & Shiller, R. J. (1988). Stock prices, earnings, and expected dividends. *the Journal of Finance*, 43(3), 661-676
- De Vet, J. M., Nigohosyan, D., Ferrer, J. N., Gross, A. K., Kuehl, S., & Flickenschild, M. (2021). *Impacts of the COVID-19 pandemic on EU industries* (pp. 1-86). Strasbourg, France: European Parliament.
- Dong, X., Song, L., & Yoon, S. M. (2021). How have the dependence structures between stock markets and economic factors changed during the COVID-19 pandemic?. *The North American Journal of Economics and Finance*, 58, 101546.
- Engelhardt, N., Krause, M., Neukirchen, D., & Posch, P. N. (2021). Trust and stock market volatility during the COVID-19 crisis. *Finance Research Letters*, 38, 101873.
- Erero, J. L., & MAKANANISA Makananisa, M. P. (2021). Impact of Covid-19 on the South African economy: A CGE, Holt-Winter and SARIMA model's analysis. *Turkish Economic Review*, 7(4), 193-213.
- European Central Bank. (2021). The certification role of the EU-wide stress testing exercises in the stock market. What can we learn from the stress tests (2014-2021)? ECB Working Paper Series No. 2711. Hentet fra:  
<https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp2711~e75b9ceffc.en.pdf>
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The journal of Finance*, 25(2), 383-417.



- Greene, M. T., & Fielitz, B. D. (1977). Long-term dependence in common stock returns. *Journal of Financial Economics*, 4(3), 339-349.
- Garcia, C. & Prado, D. (2020). hurst: R/S analysis for long-memory persistence in time series. R package version 0.0.8.
- Gupta, R. K., & Jindal, N. (2022). The Impact of COVID-19 on Stock Market Returns & Volatility: A Study of Thailand and Indian Bourses. *Thailand and the World Economy*, 40(2), 145-167.
- Hurst, H. E. (1951). Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of the American society of civil engineers*, 116(1), 770-799.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and practice* (2nd ed.). OTexts.
- He, Q., Liu, J., Wang, S., & Yu, J. (2020). The impact of COVID-19 on stock markets. *Economic and Political Studies*, 8(3), 275-288.
- Hatmanu, M., & Cautisanu, C. (2021). The impact of COVID-19 pandemic on stock market: Evidence from Romania. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9315.
- Kumar, S., & Deo, N. (2013). Analyzing crisis in global financial indices. *Econophysics of Systemic Risk and Network Dynamics*, 261-275
- Just, M., & Echaust, K. (2020). Stock market returns, volatility, correlation and liquidity during the COVID-19 crisis: Evidence from the Markov switching approach. *Finance Research Letters*, 37, 101775.
- Khattak, M. A., Ali, M., & Rizvi, S. A. R. (2021). Predicting the European stock market during COVID-19: A machine learning approach. *MethodsX*, 8, 101198.
- Li, W., Chien, F., Kamran, H. W., Aldeehani, T. M., Sadiq, M., Nguyen, V. C., & Taghizadeh-Hesary, F. (2022). The nexus between COVID-19 fear and stock market volatility. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 35(1), 1765-1785.
- Liu, J., Wan, Y., Qu, S., Qing, R., & Sriboonchitta, S. (2023). Dynamic Correlation between the Chinese and the US Financial Markets: From Global Financial Crisis to COVID-19 Pandemic. *Axioms*, 12(1), 14.
- Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (1988). Stock market prices do not follow random walks: Evidence from a simple specification test. *The review of financial studies*, 1(1), 41-66.

- Mandelbrot, B. B., & Wallis, J. R. (1969). Robustness of the rescaled range R/S in the measurement of noncyclic long run statistical dependence. *Water Resources Research*, 5(5), 967-988.
- Nofsinger, J. R. (2012). *The psychology of investing* (5th ed.). Pearson Education.
- Pardal, P., Dias, R., Šuleř, P., Teixeira, N., & Krulický, T. (2020). Integration in Central European capital markets in the context of the global COVID-19 pandemic. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 15(4), 627-650
- Rizvi, S. K. A., Yarovaya, L., Mirza, N., & Naqvi, B. (2022). The impact of COVID-19 on the valuations of non-financial European firms. *Heliyon*, 8(6), e09486.
- Seabold, S. & Perktold, J. (2010). *Statsmodels: Econometric and statistical modeling with Python*. Proceedings of the 9th Python in Science Conference, 13-18.
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). *Time series analysis and its applications: with R examples* (4th ed.). Springer
- Sahoo, M. (2021). COVID-19 impact on stock market: Evidence from the Indian stock market. *Journal of Public Affairs*, 21(4), e2621
- Uddin, M., Chowdhury, A., Anderson, K., & Chaudhuri, K. (2021). The effect of COVID–19 pandemic on global stock market volatility: can economic strength help to manage the uncertainty?. *Journal of Business Research*, 128, 31-44.
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., ... & van der Walt, S. J. (2020). SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature Methods*, 17(3), 261-272.
- WHO. (2022). A timeline of WHO's COVID-19 Response in the WHO European Region. Hentet fra: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2022-1772-41523-63024>
- Zhao, L., Li, W., Yang, C., Han, J., Su, Z., & Zou, Y. (2017). Multifractality and network analysis of phase transition. *PloS one*, 12(1), e0170467.
- Zhang, D., Hu, M., & Ji, Q. (2020). Financial markets under the global pandemic of COVID-19. *Finance research letters*, 36, 101528.

## Appendiks

### A1 Volatilitetsendringer (Holt – Winters)

**Tabell A1.1:** Beregnede relative endringer i volatilitet fra 2015-2019 til 2020-2021.

| Land      | Sektor            | Volatilitetsendring |
|-----------|-------------------|---------------------|
| Belgia    | Helse             | 819.60              |
| Belgia    | Forsyning         | 28.20               |
| Belgia    | Telekommunikasjon | 4.45                |
| Belgia    | Hovedindeks       | 2.31                |
| Belgia    | Industri          | 1.81                |
| Belgia    | Materiale         | -0.11               |
| Belgia    | Forbruker         | -0.59               |
| Bosnia    | Hovedindeks       | 1.12                |
| Bulgaria  | Hovedindeks       | 0.14                |
| Danmark   | Industri          | 17.66               |
| Danmark   | Olje              | 6.58                |
| Danmark   | Teknologi         | 5.61                |
| Danmark   | Helse             | 5.35                |
| Danmark   | Hovedindeks       | 3.74                |
| Danmark   | Forsyning         | 1.91                |
| Danmark   | Forbruker         | 1.57                |
| Danmark   | Telekommunikasjon | 1.54                |
| Estland   | Hovedindeks       | 0.23                |
| Finland   | Olje              | 73.35               |
| Finland   | Materiale         | 7.60                |
| Finland   | Forbruker         | 4.70                |
| Finland   | Forsyning         | 4.62                |
| Finland   | Finans            | 3.02                |
| Finland   | Teknologi         | 1.55                |
| Finland   | Industri          | 0.05                |
| Finland   | Hovedindeks       | -0.42               |
| Frankrike | Industri          | 4.62                |
| Frankrike | Teknologi         | 4.31                |
| Frankrike | Forbruker         | 3.05                |
| Frankrike | Hovedindeks       | 2.07                |
| Frankrike | Finans            | 1.92                |
| Frankrike | Helse             | 0.21                |
| Frankrike | Olje              | -0.94               |
| Hellas    | Forsyning         | 13.68               |
| Hellas    | Finans            | 8.82                |
| Hellas    | Industri          | 7.97                |

|            |                   |        |
|------------|-------------------|--------|
| Hellas     | Forbruker         | 6.21   |
| Hellas     | Olje              | 5.12   |
| Hellas     | Materiale         | 3.17   |
| Hellas     | Reise             | 1.23   |
| Hellas     | Telekommunikasjon | 0.86   |
| Hellas     | Teknologi         | 0.78   |
| Hellas     | Hovedindeks       | -0.12  |
| Irland     | Hovedindeks       | 5.22   |
| Island     | Hovedindeks       | 34.64  |
| Island     | Teknologi         | 21.44  |
| Island     | Industri          | 10.78  |
| Island     | Telekommunikasjon | 9.73   |
| Island     | Finans            | 5.12   |
| Italia     | Helse             | 420.41 |
| Italia     | Industri          | 18.64  |
| Italia     | Forbruker         | 9.84   |
| Italia     | Hovedindeks       | 7.64   |
| Italia     | Reise             | 4.81   |
| Italia     | Materiale         | 1.76   |
| Italia     | Telekommunikasjon | -0.90  |
| Kroatia    | Hovedindeks       | 8.60   |
| Kypros     | Reise             | 3.24   |
| Kypros     | Finans            | 1.95   |
| Kypros     | Hovedindeks       | -0.43  |
| Latvia     | Hovedindeks       | 1.47   |
| Litauen    | Hovedindeks       | 11.60  |
| Malta      | Hovedindeks       | 2.28   |
| Montenegro | Hovedindeks       | 0.30   |
| Nederland  | Teknologi         | 9.08   |
| Nederland  | Materiale         | 5.80   |
| Nederland  | Hovedindeks       | 2.72   |
| Nederland  | Helse             | 1.79   |
| Nederland  | Telekommunikasjon | 0.01   |
| Norge      | Helse             | 28.53  |
| Norge      | Finans            | 7.33   |
| Norge      | Teknologi         | 4.40   |
| Norge      | Telekommunikasjon | 3.43   |
| Norge      | Industri          | 2.97   |
| Norge      | Hovedindeks       | 2.25   |
| Norge      | Materiale         | 0.95   |
| Norge      | Olje              | -0.38  |
| Norge      | Forsyning         | -0.86  |

|               |                   |        |
|---------------|-------------------|--------|
| Polen         | Finans            | 99.99  |
| Polen         | Forbruker         | 5.76   |
| Polen         | Materiale         | 1.55   |
| Polen         | Olje              | 0.27   |
| Polen         | Hovedindeks       | -0.28  |
| Polen         | Forsyning         | -0.30  |
| Polen         | Telekommunikasjon | -0.57  |
| Polen         | Helse             | -0.75  |
| Polen         | Industri          | -0.88  |
| Portugal      | Telekommunikasjon | 738.15 |
| Portugal      | Finans            | 15.98  |
| Portugal      | Teknologi         | 6.25   |
| Portugal      | Industri          | 3.86   |
| Portugal      | Forbruker         | 1.43   |
| Romania       | Hovedindeks       | 15.52  |
| Russland      | Finans            | 45.40  |
| Russland      | Telekommunikasjon | 14.93  |
| Russland      | Hovedindeks       | 12.88  |
| Russland      | Forbruker         | 12.21  |
| Russland      | Olje              | 9.32   |
| Russland      | Materiale         | 8.08   |
| Russland      | Forsyning         | 6.66   |
| Russland      | Industri          | 5.53   |
| Serbia        | Hovedindeks       | 2.34   |
| Slovakia      | Hovedindeks       | 8.70   |
| Slovenia      | Hovedindeks       | 6.44   |
| Spania        | Hovedindeks       | 46.94  |
| Spania        | Materiale         | 12.32  |
| Spania        | Olje              | 10.37  |
| Spania        | Teknologi         | 8.35   |
| Spania        | Finans            | 3.21   |
| Spania        | Forsyning         | 0.72   |
| Storbritannia | Industri          | 330.50 |
| Storbritannia | Forbruker         | 10.24  |
| Storbritannia | Teknologi         | 3.52   |
| Storbritannia | Helse             | 1.99   |
| Storbritannia | Materiale         | 1.04   |
| Storbritannia | Finans            | 0.90   |
| Storbritannia | Telekommunikasjon | 0.47   |
| Storbritannia | Reise             | 0.09   |
| Storbritannia | Hovedindeks       | -0.85  |
| Sveits        | Hovedindeks       | 3.70   |
| Sverige       | Finans            | 60.32  |

|           |                   |       |
|-----------|-------------------|-------|
| Sverige   | Materiale         | 10.45 |
| Sverige   | Telekommunikasjon | 5.16  |
| Sverige   | Olje              | 1.66  |
| Sverige   | Hovedindeks       | 0.15  |
| Sverige   | Reise             | -0.41 |
| Sverige   | Helse             | -0.91 |
| Sverige   | Teknologi         | -0.95 |
| Tsjekkia  | Hovedindeks       | 0.86  |
| Tyskland  | Hovedindeks       | 1.48  |
| Tyskland  | Helse             | 1.25  |
| Tyskland  | Forbruker         | 1.24  |
| Tyskland  | Forsyning         | -0.18 |
| Tyskland  | Finans            | -0.48 |
| Ukraina   | Hovedindeks       | -0.85 |
| Ungarn    | Hovedindeks       | 1.88  |
| Østerrike | Forbruker         | 6.61  |
| Østerrike | Olje              | 3.94  |
| Østerrike | Hovedindeks       | 3.88  |
| Østerrike | Materiale         | 3.72  |
| Østerrike | Finans            | 3.02  |
| Østerrike | Industri          | 0.35  |
| Østerrike | Telekommunikasjon | -0.80 |

*Note: Oversikt over endringer i volatilitet mellom perioden før- og etter utbruddet av Covid-19-pandemien, for sektorer og land i Europa. Endringene er beregnet ved predikerte Holt-Winters-verdier.*

## A2 Hurst-eksponenter

**Tabell A2.1:** Beregnede Hurst-eksponenter for land og sektorer i Europa.

| Land          | Sektor            | Hurst-eksponent<br>2015-2019 | Hurst-eksponent<br>2020-2021 |
|---------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| Storbritannia | Hovedindeks       | 0.4857                       | 0.5848                       |
| Storbritannia | Helse             | 0.5010                       | 0.4909                       |
| Storbritannia | Industri          | 0.5460                       | 0.5556                       |
| Storbritannia | Forbruker         | 0.5986                       | 0.5151                       |
| Storbritannia | Teknologi         | 0.5027                       | 0.5173                       |
| Storbritannia | Finans            | 0.5399                       | 0.5220                       |
| Storbritannia | Olje              | 0.5147                       | 0.5147                       |
| Storbritannia | Materiale         | 0.5363                       | 0.5962                       |
| Storbritannia | Forsyning         | 0.4769                       |                              |
| Storbritannia | Telekommunikasjon | 0.5526                       | 0.5259                       |
| Storbritannia | Reise             | 0.4701                       | 0.5392                       |
| Tyskland      | Hovedindeks       | 0.4693                       | 0.6125                       |
| Tyskland      | Helse             | 0.4924                       | 0.5661                       |
| Tyskland      | Industri          | 0.5292                       |                              |
| Tyskland      | Forbruker         | 0.5306                       | 0.4973                       |
| Tyskland      | Teknologi         | 0.5174                       |                              |
| Tyskland      | Finans            | 0.5733                       | 0.5090                       |
| Tyskland      | Forsyning         | 0.5037                       | 0.4985                       |
| Tyskland      | Telekommunikasjon | 0.4320                       |                              |
| Frankrike     | Hovedindeks       | 0.4946                       | 0.6243                       |
| Frankrike     | Helse             | 0.4673                       | 0.5973                       |
| Frankrike     | Industri          | 0.5637                       | 0.5674                       |
| Frankrike     | Forbruker         | 0.5924                       | 0.6740                       |
| Frankrike     | Teknologi         | 0.5145                       | 0.6892                       |
| Frankrike     | Finans            | 0.5001                       | 0.6033                       |
| Frankrike     | Olje              | 0.4462                       |                              |
| Frankrike     | Materiale         | 0.5268                       | 0.5637                       |
| Frankrike     | Forsyning         | 0.4742                       |                              |
| Sveits        | Hovedindeks       | 0.4996                       | 0.6320                       |
| Nederland     | Hovedindeks       | 0.5229                       | 0.6895                       |
| Nederland     | Helse             | 0.4830                       | 0.5547                       |
| Nederland     | Industri          | 0.4545                       |                              |
| Nederland     | Forbruker         | 0.5332                       |                              |
| Nederland     | Teknologi         | 0.5945                       | 0.5969                       |
| Nederland     | Finans            | 0.4975                       |                              |

|           |                   |        |        |
|-----------|-------------------|--------|--------|
| Nederland | Olje              | 0.4717 |        |
| Nederland | Materiale         | 0.5460 | 0.6434 |
| Nederland | Telekommunikasjon | 0.5455 | 0.5195 |
| Spania    | Hovedindeks       | 0.4748 | 0.5616 |
| Spania    | Forbruker         | 0.4657 |        |
| Spania    | Teknologi         | 0.4287 | 0.5193 |
| Spania    | Finans            | 0.5183 | 0.5608 |
| Spania    | Olje              | 0.5026 | 0.6208 |
| Spania    | Materiale         | 0.4561 | 0.5471 |
| Spania    | Forsyning         | 0.5032 | 0.4837 |
| Danmark   | Hovedindeks       | 0.4956 | 0.6040 |
| Danmark   | Helse             | 0.4875 | 0.5781 |
| Danmark   | Industri          | 0.4838 | 0.7225 |
| Danmark   | Forbruker         | 0.5512 | 0.6263 |
| Danmark   | Teknologi         | 0.5890 | 0.5465 |
| Danmark   | Finans            | 0.5425 |        |
| Danmark   | Olje              | 0.4813 | 0.5052 |
| Danmark   | Forsyning         | 0.6257 | 0.5587 |
| Danmark   | Telekommunikasjon | 0.5217 | 0.5039 |
| Danmark   | Reise             | 0.5104 |        |
| Portugal  | Hovedindeks       | 0.4447 |        |
| Portugal  | Industri          | 0.4835 | 0.5951 |
| Portugal  | Forbruker         | 0.6034 | 0.5360 |
| Portugal  | Teknologi         | 0.5618 | 0.6617 |
| Portugal  | Finans            | 0.5173 | 0.5461 |
| Portugal  | Materiale         | 0.5991 |        |
| Portugal  | Forsyning         | 0.5624 |        |
| Portugal  | Telekommunikasjon | 0.5030 | 0.4851 |
| Polen     | Hovedindeks       | 0.4862 | 0.6355 |
| Polen     | Helse             | 0.3771 | 0.5153 |
| Polen     | Industri          | 0.5847 | 0.6787 |
| Polen     | Forbruker         | 0.5525 |        |
| Polen     | Teknologi         | 0.7312 |        |
| Polen     | Finans            | 0.4985 | 0.7093 |
| Polen     | Olje              | 0.5428 | 0.6179 |
| Polen     | Materiale         | 0.5478 | 0.5762 |
| Polen     | Forsyning         | 0.5413 | 0.5647 |
| Polen     | Telekommunikasjon | 0.5244 | 0.6151 |
| Belgia    | Hovedindeks       | 0.4449 | 0.5984 |
| Belgia    | Helse             | 0.5211 | 0.3479 |
| Belgia    | Industri          | 0.5243 | 0.6999 |



|           |                   |        |        |
|-----------|-------------------|--------|--------|
| Belgia    | Forbruker         | 0.5054 | 0.7212 |
| Belgia    | Teknologi         | 0.5276 |        |
| Belgia    | Finans            | 0.5325 |        |
| Belgia    | Materiale         | 0.5506 | 0.6450 |
| Belgia    | Forsyning         | 0.4637 | 0.5334 |
| Belgia    | Telekommunikasjon | 0.4835 | 0.4824 |
| Finland   | Hovedindeks       | 0.4851 | 0.6507 |
| Finland   | Helse             | 0.5800 |        |
| Finland   | Industri          | 0.4651 | 0.5620 |
| Finland   | Forbruker         | 0.4606 | 0.7143 |
| Finland   | Teknologi         | 0.4971 | 0.5479 |
| Finland   | Finans            | 0.6345 | 0.6605 |
| Finland   | Olje              | 0.6160 | 0.5631 |
| Finland   | Materiale         | 0.5481 | 0.5735 |
| Finland   | Forsyning         | 0.4979 | 0.6080 |
| Finland   | Telekommunikasjon | 0.5275 |        |
| Finland   | Reise             | 0.5245 | 0.5341 |
| Østerrike | Hovedindeks       | 0.5794 | 0.7115 |
| Østerrike | Helse             | 0.5146 |        |
| Østerrike | Industri          | 0.4958 | 0.6901 |
| Østerrike | Forbruker         | 0.4926 | 0.6544 |
| Østerrike | Finans            | 0.5580 | 0.6665 |
| Østerrike | Olje              | 0.5603 | 0.5968 |
| Østerrike | Materiale         | 0.5808 | 0.6872 |
| Østerrike | Telekommunikasjon | 0.5423 | 0.6104 |
| Italia    | Hovedindeks       | 0.4750 | 0.6160 |
| Italia    | Helse             | 0.6381 | 0.5645 |
| Italia    | Industri          | 0.5376 | 0.6406 |
| Italia    | Forbruker         | 0.5822 | 0.7299 |
| Italia    | Teknologi         | 0.5970 |        |
| Italia    | Finans            | 0.4931 |        |
| Italia    | Olje              | 0.4216 |        |
| Italia    | Materiale         | 0.4653 | 0.6511 |
| Italia    | Forsyning         | 0.5780 |        |
| Italia    | Telekommunikasjon | 0.4757 | 0.4778 |
| Italia    | Reise             | 0.5245 | 0.5341 |
| Russland  | Hovedindeks       | 0.6042 | 0.6849 |
| Russland  | Industri          | 0.4829 | 0.6352 |
| Russland  | Forbruker         | 0.4869 | 0.6152 |
| Russland  | Finans            | 0.5291 | 0.6953 |
| Russland  | Olje              | 0.6383 | 0.6202 |

|          |                   |        |        |
|----------|-------------------|--------|--------|
| Russland | Materiale         | 0.5701 | 0.6228 |
| Russland | Forsyning         | 0.5680 | 0.5039 |
| Russland | Telekommunikasjon | 0.4276 | 0.5597 |
| Norge    | Hovedindeks       | 0.5913 | 0.6948 |
| Norge    | Helse             | 0.5418 | 0.6426 |
| Norge    | Industri          | 0.5315 | 0.6949 |
| Norge    | Forbruker         | 0.4178 | 0.5590 |
| Norge    | Teknologi         | 0.4133 | 0.7927 |
| Norge    | Finans            | 0.2675 | 0.2379 |
| Norge    | Olje              | 0.5871 | 0.6665 |
| Norge    | Materiale         | 0.4846 | 0.7183 |
| Norge    | Forsyning         | 0.7017 | 0.5191 |
| Norge    | Telekommunikasjon | 0.5312 | 0.5877 |
| Tsjekkia | Hovedindeks       | 0.5114 | 0.7569 |
| Sverige  | Hovedindeks       | 0.4573 | 0.6442 |
| Sverige  | Industri          | 0.5629 |        |
| Sverige  | Teknologi         | 0.5315 | 0.8118 |
| Sverige  | Finans            | 0.4830 | 0.7216 |
| Sverige  | Olje              | 0.5447 | 0.5920 |
| Sverige  | Materiale         | 0.5457 | 0.6234 |
| Sverige  | Telekommunikasjon | 0.6800 | 0.4712 |
| Sverige  | Reise             | 0.4359 | 0.5977 |
| Irland   | Hovedindeks       | 0.4398 | 0.5906 |
| Irland   | Finans            | 0.5291 | 0.6161 |
| Romania  | Hovedindeks       | 0.5615 | 0.6869 |
| Hellas   | Hovedindeks       | 0.4897 | 0.5889 |
| Hellas   | Industri          | 0.5041 | 0.6740 |
| Hellas   | Forbruker         | 0.5479 | 0.4710 |
| Hellas   | Teknologi         | 0.5315 | 0.8119 |
| Hellas   | Finans            | 0.4278 | 0.5802 |
| Hellas   | Olje              | 0.5717 | 0.5562 |
| Hellas   | Materiale         | 0.6341 | 0.5962 |
| Hellas   | Forsyning         | 0.5359 | 0.5294 |
| Hellas   | Telekommunikasjon | 0.4957 | 0.5381 |
| Hellas   | Reise             | 0.4794 | 0.5983 |
| Kroatia  | Hovedindeks       | 0.5867 | 0.6494 |
| Slovenia | Hovedindeks       | 0.5526 | 0.7596 |
| Slovakia | Hovedindeks       | 0.4827 | 0.5085 |
| Bosnia   | Hovedindeks       | 0.5728 | 0.6730 |
| Bulgaria | Hovedindeks       | 0.6689 | 0.6984 |
| Kypros   | Hovedindeks       | 0.4772 | 0.6230 |

|            |                   |        |        |
|------------|-------------------|--------|--------|
| Kypros     | Finans            | 0.5828 | 0.5288 |
| Kypros     | Reise             | 0.5899 | 0.5331 |
| Estland    | Hovedindeks       | 0.6499 | 0.6891 |
| Litauen    | Hovedindeks       | 0.6464 | 0.7021 |
| Latvia     | Hovedindeks       | 0.6610 | 0.6185 |
| Ungarn     | Hovedindeks       | 0.6363 | 0.6563 |
| Malta      | Hovedindeks       | 0.5402 | 0.5378 |
| Montenegro | Hovedindeks       | 0.4730 | 0.4773 |
| Ukraina    | Hovedindeks       | 0.6327 | 0.4947 |
| Serbia     | Hovedindeks       | 0.5356 | 0.6379 |
| Island     | Hovedindeks       | 0.4819 | 0.7339 |
| Island     | Industri          | 0.6671 | 0.6020 |
| Island     | Teknologi         | 0.5953 | 0.7384 |
| Island     | Finans            | 0.5359 | 0.7980 |
| Island     | Telekommunikasjon | 0.5589 | 0.7389 |

*Note: Oversikt over beregnede Hurst-eksponenter for perioden før- og etter utbruddet av Covid-19-pandemien, fordelt på land og sektorer i Europa. Missing values er presentert ved tom celle.*

